

---

# **BIONURMIEN RAVINNETASEET**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö  
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Mustiala, 8.5.2013

Lauri Niskala



MUSTIALA  
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma  
Maatilatalouden suuntautumisvaihtoehto

---

<b>Tekijä</b>	Lauri Niskala	<b>Vuosi</b> 2013
<b>Työn nimi</b>	Bionurmien ravinnetaseet	

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia Maa- ja Elintarviketalouden Tutkimuskeskuksen järjestämässä Bionurmihankkeessa ravinnetaseiden vaihtelua ja nurmiviljelyn vaikutuksia ravinnetaseisiin. Työssäni perehdyin myös erilaisten nurmityyppien eroihin ja nurmien ravinnetaseiden vaikutukseen.

Kirjallisuus-osiossa perehdyin ravinteiden ja ravinnetaseiden mittauksiin sekä nurmen viljelyyn ja erilaisiin nurmilajeihin, käsitellen myös apilanurmien biologista typensidontaa. Tutkimusosiossa vertailin vuoden 2011 ja 2012 nurmisatoja neljältä eri paikkakunnalta. NPK-ravinteiden tulokset ovat Mustialan koekentiltä Tammelasta molemmilta vuosilta. Ravinnetaseiden määritykset määritettiin koeruutujen nurminäytteistä.

Tutkimustulosten perusteella voi sanoa, että heinänurmet ja monivuotiset apilanurmet tuottivat parhaimmat sadot; ensimmäisenä vuonna apilanurmet ja toisena vuonna heinänurmet. Vuonna 2012 kaikki nurmet tuottivat paremman sadon kuin vuonna 2011. Satotasojen perusteella heinänurmet soveltuvat peltobiomassatuotantoon. Mustialan koekentillä typpitaseet olivat ylijäämäisiä heinänurmillä, apilanurmilla alijäämäisiä. Fosfori ja kalium olivat kaikilla koejäsenillä alijäämäisiä. Ravinnetaseen syntyyn vaikutti maaperän runsas ravinnereservi; Typpitaseiden syntyyn vaikutti myös apilanurmien biologinen typensidonta. Hyvän nurmisadon myötä ravinteita poistui runsaasti, erityisesti fosforia ja kaliumia; Huomattavasti enemmän kuin lannoituksessa oli annettu.

**Avainsanat** nurmi, ravinnetase, peltobiomassa

**Sivut** 32 s.

MUSTIALA

Degree Programme in Agricultural and Rural Industries

Agriculture Option

---

**Author**

Lauri Niskala

**Year** 2013Subject of Bachelor's thesis: Nutrient balances of Biograsses

---

**ABSTRACT**

The purpose of this thesis is to examine grass growing and the variation of the nutrient balances in BIONURMI-project, organized by Agrifood Research Finland. In my work I examined crop yields of different grass types and the effects of grass farming on nutrient balances.

In the theoretical section of my thesis I studied nutrients and nutrient balances, as well as nutrient measurements of the ground, and the differences between different grass species, and the biological nitrogen fixation of the legume plants. In the research section, I compared the 2011 and 2012 grass yield in four different research locations. The NPK-nutrient results are from the Mustiala's experimental ground in Tammela during the years 2011 and 2012. Nutrient amounts were determined from grass samples that were taken from the experimental fields.

Based on the results the grass lawns and perennial clover leys produced the best yields; in the first year clover leys produced the highest yields and second year the grass leys were the best. In 2012, all the grasses produced a better crop yield than in 2011. Harvest levels of grass leys are most suitable for field biomass production. Mustiala's experimental fields in nitrogen balances were in surplus grass lawns, clover leys were deficit. Phosphorus and potassium were all on probation deficit. Nutrient balance of the soil was influenced by a rich amount of nutrients in the soil; Biological nitrogen fixation also affected in the amount of nitrogen balance. Large grass yields removed large amounts of nutrients from the soil, especially phosphorus and potassium; Much more than was given in the fertilization.

**Keywords** grass, nutrient balance, bioglass**Pages** 32 p.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	RAVINNETASEET .....	2
2.1	Ravinnetaseet .....	2
2.2	Ravinnetaseiden laskeminen .....	2
2.3	Ravinnetaseiden luokittelu .....	4
2.4	Ravinnetaseiden syntyyn vaikuttavia tekijöitä.....	5
2.4.1	Maan rakenne ja maanmuokkaus .....	5
2.4.2	Maanmuokkaus.....	5
2.4.3	Eroosion torjuminen .....	7
2.4.4	Nurmien viljelyn vaikutus ravinnetaseisiin .....	7
3	NPK-RAVINTEET .....	8
3.1	Typpi .....	8
3.1.1	Yleistietoa typestä .....	8
3.1.2	Typen kierto luonnossa.....	8
3.1.3	Typen huuhtoutuminen.....	9
3.2	Fosfori .....	10
3.2.1	Yleistietoa fosforista.....	10
3.2.2	Fosforin kierto luonnossa .....	10
3.2.3	Fosforin huuhtoutuminen .....	11
3.3	Kalium.....	11
3.3.1	Yleistietoa kaliumista .....	11
3.3.2	Kaliumin kierto luonnossa.....	11
4	NURMIEN VILJELY .....	12
4.1	Nurmen lannoitus .....	12
4.1.1	Nurmen typpilannoitus .....	12
4.1.2	Nurmen fosforilannoitus.....	12
4.1.3	Nurmen kaliumlannoitus .....	12
4.1.4	Karjanlannan käyttö nurmen lannoituksessa .....	13
4.2	Nurmen perustaminen .....	13
4.3	Nurmen kasvinsuojelu.....	14
4.3.1	Nurmen kasvitaudit ja niiden torjunta .....	14
4.3.2	Nurmen rikkakasvit ja niiden torjunta.....	15
4.4	Nurmen soveltuminen biokaasutuotantoon.....	15
4.4.1	Biometaanin tuotantoprosessi.....	15
4.4.2	Biokaasutuotanto Suomessa .....	15
4.4.3	Nurmen soveltuminen kasvibiomassaksi .....	16
4.4.4	Biokaasutuotantoon soveltuvat pellot ja nurmikasvit.....	16
5	NURMIKASVILAJIT .....	17
5.1	Palkokasvien biologinen typensidonta .....	17
5.2	Puna-apila.....	17
5.3	Muut palkokasvilajit.....	18
5.4	Timotei .....	18
5.5	Koiranheinä .....	19

5.6	Nadat .....	19
6	KENTTÄKOKEET .....	20
6.1	Taustaa kenttäkokeille.....	20
6.2	Kenttäkokeiden toteutus .....	20
6.3	Koekenttien lannoitus.....	21
7	TULOKSET .....	22
7.1	Kenttäkokeiden satotasot.....	22
7.2	Mustialan kenttäkokeiden satotasot .....	24
7.3	Lannoituksen vaikutus nurmisatoihin .....	25
7.4	Typpitaseiden hyödyntäminen heinänumella .....	26
7.5	Ravinnetaseet .....	28
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	30
9	LÄHTEET .....	31

## 1 JOHDANTO

Biotalous tarkoittaa uusiutuvien luonnonvarojen tuottamista ja jalostamista ihmisten käyttöön. Biotalous etsii ekologisempia vaihtoehtoja energian tuottamiseen fossiilisten polttoaineiden rinnalle. Euroopassa biotalous on keskittynyt biopolttoaineiden, kuten bioetanolin, biodieselin ja biokaasun valmistukseen. Tulevaisuuden kannalta keskeisimpiä kysymyksiä Suomen kannalta onkin se, että kuinka paljon halutaan olla riippuvaisia fossiilisten polttoaineiden tuotannosta. Eloperäisillä materiaaleilla tuotettu energia on ympäristöystävällistä, minkä vuoksi se parantaisi energiantuotannon omavaraisuutta ja loisi uusia työpaikkoja energian tuottamisessa.

Yksi kehittämisen kohteista on biometaanin valmistaminen kasvibiomassoista. Nurmet soveltuvat hyvin biokaasutuotannon raaka-aineeksi metaanintuoton kannalta. Tämän lisäksi Suomessa on paljon kasvituotantoa harjoittavia maatiloja, jotka voisivat tuottaa nurmisatoa biokaasutuotantoon. Esimerkiksi viherkesannot ja luonnonhoitopellot soveltuvat hyvin kasvibiomassaksi. Nurmibiomassojen tuotannolle on ominaista mädätteen syntyminen metaanintuotannon sivutuotteena. Määdäte soveltuu pellon lannoitukseen sellaisenaan ja näin ollen sadon mukana pellostä poistuneita ravinteita saadaan palautettua takaisin pellon ravinnekiertoon.

Opinnäytetyössäni käsittelen ravinnetaseiden syntyyn vaikuttavia tekijöitä sekä nurmiviljelyn vaikutuksia ravinnetaseisiin. Opinnäytetyöni liittyy MTT:n Bionurmihankkeeseen, missä tutkitaan nurmikasvien viljelyä ja soveltuvuutta biokaasutuotantoon. Tutkimustulokset ovat Bionurmihankkeen kenttäkokeiden satokausilta 2011 ja 2012. Vuonna 2010 koejäsenillä viljeltiin ainoastaan viljaa, samoin vuonna 2013. Tutkimuksen kenttäkokeissa viljeltiin erilaisia nurmityyppejä, kuten kaksivuotisia heinänurmia ja apilanurmia sekä yksivuotisia viherkesantoja. Tämän lisäksi yhdellä koejäsenellä tutkittiin yksipuolisen viljanviljelyn vaikutuksia. Kenttäkokeet sijaitsivat neljällä eri paikkakunnalla: Jokioisilla, Tammelassa, Inkoossa (Uusimaa), ja Virolahdessa (Kymenlaakso). Ravinnetaseet on mitattu nurmisadon kasvibiomassasta, minkä perusteella on määritetty vastaavat ravinnetaseet hehtaarin kokoisella alueella.

## 2 RAVINNETASEET

### 2.1 Ravinnetaseet

Ravinnetaseella tarkoitetaan laskentamenetelmää, jolla selviää maataloudessa käytettävien ravinteiden määrä. Ravinnetase olla voi olla joko positiivinen tai negatiivinen; Positiivinen ravinnetase ilmoittaa ravinteiden ylijäämästä ja negatiivinen ravinteiden vajeuksesta. Yleisimmin ravinnetase määritetään typelle ja fosforille.

On olemassa erityyppisiä ravinnetaseita, kuten peltotase, porttitase, lantatase ja karjantase. Peltotase on yleisin käytössä oleva laskentatapa. Peltotase saadaan vähentämällä peltoon lannoitettujen ravinteiden määrästä pellosto poistuvien ravinteiden määrä. Porttitase ilmoittaa taas vastaavasti maatalan ravinnevirrat yhtenä kokonaisuutena. Karjantase ilmoittaa yksittäisen naudan ottaman ja tuottaman ravinteiden määrän. Lantatase ilmoittaa ravinteiden määrän lannassa. Ravinnetaseesta riippuen käytössä voi olla erilaisia yksiköitä kuvaamaan ravinteiden määrää (esim. kg/ha, kg/tila, kg/eläinyksikkö) (Marttila 2008.)

Ravinnetaseiden laskeminen on yksi ympäristötuen edellyttämistä lisätoimenpiteistä tukikaudella 2007–2013. Lisätoimenpide koskee ainoastaan peltotaseen laskemista. Kesantopelloilta ja tuottamattomilta pelloilta peltotasetta ei tarvitse määrittää. Toimenpiteen valitessaan maanviljelijä sitoutuu mittaamaan typen ja fosforin peltotasetta vuosittain. Tämän lisäksi tilalle tehdään ravinnetaseiden toimenpidesuunnitelma; Suunnitelmassa kirjataan tavoite vuosittaisen ravinnetaseyli jäämän (Marttila 2008.)

Lannoituksen ohella ravinnetaseisiin vaikuttaa useita eri tekijöitä. Erilaiset maalajit sitovat itseensä eri tavalla ravinteita ja vettä itseensä. Maaperän orgaaninen aines lisää ravinteiden vapautumista peltoon ja happamoittaa maata. Tämän lisäksi ravinnetaseisiin vaikuttaa viljeltävän pellon pienilmasto, maan korkeusero, metsien läheisyys ja maan tiivistyminen. (Marttila 2008.)

### 2.2 Ravinnetaseiden laskeminen

Ravinnetaseiden laskemiseen on yksinkertainen laskukaava:

Ravinteiden lisäys – Ravinteiden poistuminen = Ravinnetase

Esimerkiksi yhden peltolohkon ravinnetase saadaan vähentämällä lannoitteen mukana tullut ravinteiden lisäys sadon mukana poistuneiden ravinteiden määrällä. Saden mukana poistuneiden ravinteiden arviointiin voidaan käyttää joko viljelykasvikohtaista satotaulukkoa tai vaihtoehtoisesti tehdä satoanalyysi. Esimerkiksi typen hävikki saadaan, kun määritetään sadon valkuaispitoisuus. (Marttila 2008.)

Ravinnetaseita mitattaessa voidaan laskea myös ravinteiden hyötysuhde:

Poistetut ravinteet / Lisätyt ravinteet x 100 % = hyötysuhde

Hyötysuhde kuvastaa sitä kuinka hyvin viljelykasvit pystyvät hyödyntämään maahan lisättyjä ravinteita. Eri kasvilajeilla ravinteiden hyötysuhde on erilainen, kuten ravinnetaseenkin. (Marttila 2008.)

Esimerkki peltotaseen laskemisesta

Ravinteita peltoon kertyy lannoitteiden, karjanlannan ja siementen mukana. Ravinteita poistuu pellostä sadon lisäksi mm. kasvin olkien ja naattien mukana (ymparisto.fi 2012)

Kevätvehnän kylvön yhteydessä siemeniä kylvetään peltoon 250 kg /ha. Lannoitteita peltoon laitetaan 460 kg /ha.

Vehnäpellon pinta-ala on 5 ha. Satoa pellolta tulee 3800 kg/ha. Sadon kuiva-ainepitoisuus on 86 prosenttia koko sadosta. Näin ollen pellostä poistuva kuiva-ainesato on 3268 kg (3800 kg x 0,86 % = 3268 kg).

		Ravinnepitoisuus %		Ravinteita kg/ha	
		Typpi	Fosfori	Typpi	Fosfori
Kylvö: Kevätvehnä Vinjett 250 kg/ha	+	2,14	0,45	5	1
Lannoitus: Kevätviljan Y 2 460 kg/ha	+	23	3	106	14
Kuiva-ainesato: Kevätvehnä 3 268 kg/ha	-	2,14	0,45	70	15
Peltotase kg/ha	=			41	0

Näin ollen typen peltotase on 41 kg/ha ja fosforin 0 kg/ha. Ravinnetaseen luokittelun perusteella typpitase on välttävä (31–49 kg/ha) ja fosforitase on hyvä eli alle 15 kg/ha. (ymparisto.fi 2012).

Ravinnetaseen määrittäminen nurmen kuiva-ainesadosta

Pellosta poistuvien ravinteiden määrittäminen onnistuu laskemalla se nurmen kuiva-ainesadosta. Tällöin tulee olla tiedossa nurmen satotaso, nurmen kuiva-ainepitoisuus ja kuiva-aineen ravinnetasemäärä. (Marttila 2008.)

Esimerkki: Heinänurmen satotaso on 3000 kg hehtaarilta. Heinän kuiva-ainepitoisuus on 83 prosenttia koko massasta:

$$0,83 \cdot 3000 \text{ kg/ha} = 2490 \text{ kg/ha}$$

Fosforin määrä on 0,30 prosenttia kuiva-aineen määrästä:

$$0,0030 \cdot 2490 \text{ kg/ha} = 7,5 \text{ kg/ha}$$

Näin ollen on saatu selville sadon mukana pellostä poistuva fosforin määrä. Tietoa voidaan hyödyntää ravinnetaseiden toimenpidesuunnitelmassa (Marttila 2008.)



### Ravinnetaseen suhdeluku

Ravinnetaseisiin liittyen on olemassa laskukaava, joka ilmaisee lannoituksen onnistumista:

$$\text{Ravinnetase} / \text{lannoitus} \times 100 = \text{suhdeluku (\%)}$$

Suhdelukua tarvitaan ravinnetaseiden toimenpidesuunnitelmaa tehtäessä. Useamman vuoden ajan kestävässä lannoituksen suunnittelussa suhdeluvun avulla voidaan päätellä seuraavan vuoden lannoituksen määrä: Esimerkiksi jos typen suhdeluku on kasvanut kahden satokauden aikana 20 prosenttia, tulee typpilannoitusta vähentää 10 kg/ha.

Ravinnetaseiden toimenpidesuunnitelmassa viljelijä sitoutuu tukikauden ajaksi (6 vuotta) tarkastelemaan peltotaseita ja suunnittelemaan lannoitusta sen mukaan. Toimenpidesuunnitelman toisena vuonna tarkastellaan ensimmäisen ja toisen vuoden ravinnetaseita. Neljäntenä vuonna tarkastellaan taas kolmannen ja neljännen vuoden ravinnetaseita. Peruslohkokohtaisiin muistiinpanoihin merkitään vuosittain typen ja fosforin peltotase (kg/ha). Tämän lisäksi ylös kirjataan typpi- ja fosforilannoituksen suhdeluku (%), sekä suhdelukujen muutos 1. ja 2. vuoden sitoumusvuoden välillä sekä 3. ja 4. vuoden välillä. Suhdelukujen muutosten vaikutukset kirjataan ylös 3. ja 5. sitoumusvuoden ajalta. Ravinnetaseet ja suhdeluvut voivat olla osa tilan lohkokirjanpitoa.

### 2.3 Ravinnetaseiden luokittelu

Typpitaseen ja fosforitaseen arvioinnissa voidaan käyttää apuna seuraavaa luokitusta. Taulukon tiedot soveltuvat niin viljojen, nurmien ja öljykasvien viljelyyn:

<b>Luokka</b>	<b>Typpitase (kg/ha)</b>	<b>Fosforitase (kg/ha)</b>
Hyvä	pienempi kuin 15	pienempi kuin -1
Tyydyttävä	pienempi kuin 31	pienempi kuin 3
Välttävä	31-49	3-10
Huononlainen tai huono	suurempi kuin 49	Suurempi kuin 10

(Lähde: ymparisto.fi)

## 2.4 Ravinnetaseiden syntyyn vaikuttavia tekijöitä

### 2.4.1 Maan rakenne ja maanmuokkaus

Ravinteiden huuhtoutumisen kannalta maan rakenteen tulee olla hyvässä kunnossa. Hyvärakenteinen maa koostuu yhteen liittyneistä primäärihiukkasista, jotka muodostavat yhteen liittyneenä mururakenteita. Mururakenteet muodostavat edelleen yhteen liittyneenä massiivisen rakenteen. Mururakenteiden syntyyn vaikuttavaa suuresti pellon maalaji; se miten maahiukkaset kiinnittyvät toisiinsa maaperän kastumisen ja kuivumisen seurauksena. Myös pellon eloperäinen aktiivisuus vaikuttaa maahiukkasten kiinnittymiseen: Pellon pieneliöiden ja juurien erittämät lima-aineet saavat hiukkaset kiinnittymään yhteen. Biologisen toiminnan kautta syntyneet murut ovat kestävämpiä verrattuna mekaanisen toiminnan kautta syntyneisiin muruihin. (Alakukku & Pietola 2002.)

Eloperäinen aines lisää lisäksi murujen hydrofobisuutta eli murut sietävät paremmin veden vaikutusta. Maatuneella humuksella on pitkäaikaisia vaikutuksia maaperässä, erityisesti orgaanisten ja mineraaliyhdisteiden välisenä sitojana. Maaperän eloperäistä toimintaa voi parantaa lannoittamalla pelto karjanlannalla tai jättämällä peltoon kasvijätettä. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Nurmien viljelyllä on voimakas vaikutus maan rakenteeseen. Nurmet tuovat peltoon eloperäistä ainesta ja parantavat maan rakennetta juuriston avulla. Peltoon syntyvä juurimassa voi olla kaksi kertaa suurempi nurmilla kuin viljoilla: Nurmikasvin hajottua juurien kasvattamat juurikäytävät jäävät maaperään. Tämän lisäksi monivuotisia nurmia ei muokata joka vuosi, joten tämäkin tekijä parantaa maan rakennetta. (Suomen Nurmijhdistys 2012)

Maahiukkasten väliin jäävät alueet muodostavat huokosia, joka toimivat pellossa kulkukanavina ainevirroille. Suomalaisen luokituksen mukaan huokokset jaetaan pieniin, keskikokoisiin ja makrohuokosiin. Makrohuokosia syntyy peltoon mm. juurien kasvun ja lierokäytävien seurauksena. Maanmuokkauksessa peltoon syntyy uusia makrohuokosia, jotka toimivat ilmanavina pellossa sijaitseville kaasuille. Tämän lisäksi makrohuokokset toimivat pellossa eliöiden (kuten lierot) kulkukäytävänä. Ravinnevirtojen kannalta tärkeässä osassa ovat erityisesti makrohuokokset ja keskikokoiset huokokset, sillä ne pidättävät itseensä vettä. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Ilma vaihtuu hyvän rakenteen omaavassa maaperässä. Tällöin tapahtuu maaperässä ravinteiden mineralisoitumista. Huonon rakenteen omaavassa maaperässä tapahtuu taas denitrifikaatio eli tyypeä vapautuu maaperästä ilmakehään. (Källander 1993.)

### 2.4.2 Maanmuokkaus

Ravinteiden huuhtoutumisen kannalta maan rakenteen tulee olla hyvässä kunnossa. Hyvärakenteinen maa koostuu yhteen liittyneistä primäärihiukkasista, jotka muodostavat yhteen liittyneenä mururakenteita. Mururakenteet muodostavat edelleen yhteen liittyneenä massiivisen rakenteen. Mururakenteiden syntyyn vaikuttavaa suuresti pellon maalaji; se miten maahiukkaset kiinnittyvät toisiinsa maaperän kastumisen ja kuivumisen

seurauksena. Myös pellon eloperäinen aktiivisuus vaikuttaa maahiukkasten kiinnittymiseen: Pellon pieneliöiden ja juurien erittämät lima-aineet saavat hiukkaset kiinnittymään yhteen. Biologisen toiminnan kautta syntyneet murut ovat kestävämpiä verrattuna mekaanisen toiminnan kautta syntyneisiin muruihin. (Alakukku & Pietola 2002.)

Eloperäinen aines lisää lisäksi murujen hydrofobisuutta eli murut sietävät paremmin veden vaikutusta. Maatuneella humuksella on pitkäaikaisia vaikutuksia maaperässä, erityisesti orgaanisten ja mineraaliyhdisteiden välisenä sitojana. Maaperän eloperäistä toimintaa voi parantaa lannoittamalla pelto karjanlannalla tai jättämällä peltoon kasvijätettä. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Nurmien viljelyllä on voimakas vaikutus maan rakenteeseen. Nurmet tuovat peltoon eloperäistä ainesta ja parantavat maan rakennetta juuriston avulla. Peltoon syntyvä juurimassa voi olla kaksi kertaa suurempi nurmilla kuin viljoilla: Nurmikasvin hajottua juurien kasvattamat juurikäytävät jäävät maaperään. Tämän lisäksi monivuotisia nurmia ei muokata joka vuosi, joten tämäkin tekijä parantaa maan rakennetta. (Suomen Nurmijhdistys 2012)

Maahiukkasten väliin jäävät alueet muodostavat huokosia, joka toimivat pellossa kulkukanavina ainevirroille. Suomalaisen luokituksen mukaan huokokset jaetaan pieniin, keskikokoisiin ja makrohuokosiin. Makrohuokosia syntyy peltoon mm. juurien kasvun ja lierokäytävien seurauksena. Maanmuokkauksessa peltoon syntyy uusia makrohuokosia, jotka toimivat ilmanavina pellossa sijaitseville kaasuille. Tämän lisäksi makrohuokokset toimivat pellossa eliöiden (kuten lierot) kulkukäytävänä. Ravinnevirtojen kannalta tärkeässä osassa ovat erityisesti makrohuokokset ja keskikokoiset huokokset, sillä ne pidättävät itseensä vettä. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Ilma vaihtuu hyvän rakenteen omaavassa maaperässä. Tällöin tapahtuu maaperässä ravinteiden mineralisoitumista. Huonon rakenteen omaavassa maaperässä tapahtuu taas denitrifikaatio eli tyypeä vapautuu maaperästä ilmakehään. (Källander 1993.)

Hyvän rakenteen omaava maaperä vähentää vuosittain tapahtuvaa eroosiota ja ravinteiden huuhtoutumista ympäristöön. Huuhtoutumisen vähentämiseksi tulee peltoon valita oikea maanmuokkaustekniikka; Maanmuokkaustapaa valittaessa tulee huomioida viljely-ympäristö: Pellon maalaji ja viljelty kasvilaji vaikuttavat suuresti siihen, miten pelto käyttäytyy eri muokkaustekniikkaa käytettäessä. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Maanmuokkaus luo peltoon lisää uusia makrohiukkasia, mutta samaan aikaan tuhoaa jo valmiiksi maassa olevia rakenteita. Tämän lisäksi maa tiivistyy ja maata peittävä kasvusto tuhoutuu. Liian voimakas maanmuokkaus (esim. kyntö) tuhoaa maan mururakennetta ja saa aikaan pellon liettymiseen sateella. Tästä syystä kevennetty muokkaus kannattaa, sillä pellon mururakenne ei hajoa ja pellon eloperäinen toiminta paranee. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Maanmuokkauksessa tulee huomioida työkoneen aiheuttama kuormitus peltoon: Liian raskas työkone aiheuttaa maan tiivistymistä, minkä seurauksena maanmuokkaus ei hyödytä peltoa millään tavalla. Ylimääräistä ajoa pellolla on tästä syystä vältettävä. Syvemmistä kerroksista tiivistyneitä peltoja on kaikkein hankalin korjata; Jankkurointi ja syväkyntö saattavat auttaa asiaan, mutta ei täydellä varmuudella. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

### 2.4.3 Eroosion torjuminen

Eroosiolla on suuri merkitys ravinteiden huuhtoutumisen kannalta. Kevennetyllä muokkauksella tai suorakylvöllä maanviljelijä voi parantaa maan rakennetta ja veden sitoutumista maaperään. Kasvipeitteinen pelto sitoo itseensä myös ravinteita. Kalkitsemisella voidaan nostaa pellon pH:ta ja parantaa ravinteiden imeytymistä maaperään. Vesistöjen reunavyöhykkeillä sijaitseville pelloille voi jättää erillisen suojakaistan tai suojavaoikeuden, mikä hidastaa ravinteiden kulkeutumista vesistöihin. Suomen Maatalouden ympäristöohjelmassa suojakaistan leveydeksi on määritetty 3 metriä ja suojavaoikeuden leveydeksi 15 metriä. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Ravinteiden ottamisen kannalta pellon pH tulee olla kunnossa: Happamissa olosuhteissa ( $\text{pH} < 5$ ) kivennäismaat alkavat kerätä kasveille haitallisia alumiini-kationeita ( $\text{Al}^{3+}$ ). Ihanteellisin pH kasviravinteiden kannalta on 6,0 – 6,5 välillä. Kalkitsemisen avulla pellon pH saadaan nousemaan, mikä lisää peltoon kalsiumsuoloja, jotka hajoavat kemiallisesti kalsiumkarbonaattien muotoon. Myös pellon ojituksen tulee olla kunnossa mururakenteen kannalta. Esimerkiksi savimaahan muodostuu sopivissa kosteusoloissa maahiukkasten suhteen prismamainen rakenne. Myös kastelierojen esiintyminen on runsaampaa hyvin ojitetussa pellossa. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

### 2.4.4 Nurmien viljelyn vaikutus ravinnetaseisiin

Nurmipeltojen typen ja kaliumin ravinnetaseet ovat tavallista enemmän koholla verrattuna esimerkiksi viljojen peltotaseisiin. Toisaalta nurmisadon mukana ravinteita poistuu enemmän pellostakin kuin viljasadon mukana: Tämä johtuu siitä, että nurmisadosta kerätään 2-3 satoa vuodessa, kun taas viljasta ainoastaan yksi. Keskimääräinen typpitase on nurmilohkoilla 75 kg/ha ja viljalohkoilla 60 kg/ha. Nurmien viljely saattaa aiheuttaa tilapäisiä kohoumia pellon ravinnetaseissa, mutta pääsääntöisesti nurmet sitovat kasvaessaan ravinteita itseensä. (Marttila 2005.)

Fosforitase on kaikilla viljelykasveilla keskimäärin 22–23 kg/ha, joten hajonta ei ole niin suuri kuin typpitaseissa. Kuitenkin on huomioitava, että ravintaseiden hyötysuhde on suurempi nurmikasveilla kun viljalla: Nurmikasvit pystyivät hyödyntämään 65 prosenttia ravinteista ja viljat ainoastaan 39 prosenttia. (Marttila 2005.)

Nurmilohkoilla kaliumtaseella on taipumus jäädä alijäämäiseksi lannoituksesta huolimatta. Nurmet sitovat kaliumia itseensä suurina määriä, mikä poistuu sadon myötä. Kalium ei myöskään ole altis huuhtoutumaan, kuten typpi ja fosfori. Tästä syystä kaliumtaseita ei tarvitse mitata ympäristötuen lisätoimenpiteenä. (Marttila 2005.)

### 3 NPK-RAVINTEET

#### 3.1 Typpi

##### 3.1.1 Yleistietoa typestä

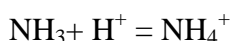
Typpi on yksi keskeisimmistä kasvien makroravinteista. Typeä kasvi tarvitsee lukuisissa biokemiallisissa ja fysikaalisissa prosesseissa, kuten proteiinien muodostamisessa. Typeä kasvi tarvitsee myös lehtivihreän muodostamisessa. Kasvin kuiva-aineessa typeä on keskimäärin 2-4 prosenttia. Typpi toimii yhteisvaikutuksena muiden kasviravinteiden kanssa; Mikäli kasvilla on puutetta muista ravinteista, ei myöskään typen hyödyntäminen onnistu täydellisesti. Typpi kiertää aktiivisesti luonnossa. Luonnossa typeä esiintyy kaasumaisena yhdisteenä, orgaanisina yhdisteinä sekä epäorgaanisina yhdisteinä eli mineraaleina; erityisesti mikrobien reaktiot vaikuttavat typen esiintymismuotoihin. Peräti 99,8 prosenttia maailman typpivaroista sijaitsee ilmakehän N<sub>2</sub>-kaasumuodossa. (farmit.net 2012)

Typellä on kasvun kannalta tärkeä rooli. Typen puute aiheuttaa kasvissa hidastunutta kasvua sekä kloroosia eli värimuunnoksia. (Harmoinen & Peltonen 2009.)

##### 3.1.2 Typen kierto luonnossa

On olemassa neljä erilaista typen kiertoon liittyviä reaktioita: Ammonifikaatio, nitrifikaatio, biologinen typensidonta, sekä typen poistuminen maasta. Kasvi voi ottaa itselleen typeä kahdessa eri muodossa: Ammoniumtypen (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) tai nitraattitypen (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) muodossa. Ammonifikaatiossa (typen mineralisoituminen) maaperän mikrobit hajottavat eloperäisen aineksen typeä NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-muotoon. Reaktiota kutsutaan typen mineralisoinniksi. (Harmoinen & Peltonen 2009.)

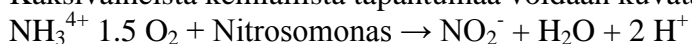
Ammoniumtyppi voi syntyä ammoniakista (NH<sub>3</sub>) yhden H<sup>+</sup>-ionin liittyessä yhdisteeseen:



Ammonium-ionit ovat yleensä negatiivisten maahiukkasten pinnalle sitoutuneena. Ammoniumtypeä on kuitenkin kasvien saatavilla useimmiten vähän.

Nitrifikaatiossa ammoniumtyppi hajoaa Nitromonas-bakteerien toimesta ensin nitriittitypeksi, (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), minkä jälkeen Nitrobacter-bakteerit muuttavat nitriitin nitraattimuotoon (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Tapahtumasarjaa kutsutaan nitrifikaatioksi. Karjanlannan mukana annettu typpi on usein nitraattitypen muodossa. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Kaksivaiheista kemiallista tapahtumaa voidaan kuvata seuraavasti:



Kasvukauden aikana peltokasvit pystyvät hyödyntämään suurimman osan nitraattityyppistä. Nitraattityppi on ammoniumtyyppiä alttiimpi huuhtoutumaan vesistöön. Leudot talvet ja lumien sulaminen aiheuttavat huuhtoutumisessa eniten ongelmia. (Marttila 2005.)

Tyyppiä poistuu pellostä sadon lisäksi myös kasvin hengityksessä: Kasvin käyttämä nitraattityppi hajoaa typpioksideiksi (NO, N<sub>2</sub>O), jotka poistuvat ilmakehään. Tapahtumasarjaa kutsutaan denitrifikaatioksi. Tyyppiä poistuu pellostä lisäksi myös ilmakehään haihtuneen ammoniakkin muodossa sekä valumavesien mukana vesistöihin. Suomessa keskimääräinen typpilaskeuma on 1 kg viljeltyä peltohehtaaria kohti (Harmoinen & Peltonen 2009.)

Nitraattityppi liikkuu helpommin vedessä kuin ammoniumtyppi, ja tästä johtuen se on paremmin kasvin juurten saatavilla. Toisaalta ammoniumtyppi on paremmin kasvien käytettävissä. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Väkilannoitteen muodossa annetusta tyypestä kasvit pystyvät hyödyntämään tilanteesta riippuen 40–70 prosenttia. Karjanlannasta saadun typen hyödyntämissuhde voi olla huonoimmillaan jopa 15 prosenttia ja hyvissä olosuhteissa 70 prosenttia. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

### 3.1.3 Typen huuhtoutuminen

Ihminen on maataloutta harjoittamalla lisännyt reaktiivisen typen määrää luonnossa. Useissa maissa intensiivinen typen käyttö on johtanut pintavesien rehevöitymiseen ja pohjavesien pilaantumiseen. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Lannoituksen lisäksi typen huuhtoutumiseen vaikuttaa maaperän ominaisuudet, typen reaktiot maaperässä, pellon sijainti valuma-alueella, viljelty kasvillisuus ja maan käyttö; Esimerkiksi oikealla maanmuokkaustavalla ja toimivalla salaojituksella maanviljelijä pystyy vähentämään ravinteiden ylikuormitusta merkittävästi. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Suomessa pintavesien typpikuorma on 144 000 tonnia vuodessa. Yli 50 prosenttia tästä on kuitenkin luonnonhuuhtoumaa. Ihmisen toiminnan aiheuttama hajakuormituksen osuus on 32 prosenttia: Maatalouden osuus tästä hajakuormituksesta on 85 prosenttia ja metsätalouden 9 prosenttia. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Suurin osa ravinteiden valunnasta tapahtuu syyssateiden ja lumien sulamisen yhteydessä; tällöin vesistöön huuhtoutuu sadonkorjuun yhteydessä peltoon jäänyt kasviaines. Kasvukauden aikana taas sääolot vaikuttavat ravinteiden jäämiseen peltoon. Liian pitkä kuiva tai kostea kausi aiheuttaa sen, että kasvusto ei kehity kunnolla, eikä sitä kautta pääse hyödyntämään lannoituksessa annettuja ravinteita (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Toimiva vesitalous on tärkeässä roolissa ravinnehuuhtoumien kannalta: Kun pellon vesitalous on kunnossa, pellon kosteus on sopiva ja peltokasvit pystyvät hyödyntämään ravinteita parhaimmalla mahdollisella tavalla (Paasonen-Kivekäs 2009.)

## 3.2 Fosfori

### 3.2.1 Yleistietoa fosforista

Fosfori on toiseksi tärkein kasviravinne. Fosforia kasvi tarvitsee energian siirrossa. Luonnossa fosfori esiintyy sekä mineraalina ja orgaaniseen ainekseen sitoutuneena. Mineraalifosforin tärkein lähde on apatiitti  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ . Fosfori voi ottaa kasvissa useita eri ioni-muotoja. Tästä johtuen fosfori muodostaa eri yhdisteitä mm. hiilen, vedyn, hapen ja typen kanssa. Fosforin puute hidastaa kasvin aineenvaihduntaa ja sitä kautta hidastaa kasvua. Epäorgaanisen fosforin otto maaperästä on parhaimmillaan pH:n ollessa 6,5-7. Lannoitteen mukana annettu fosfori voi lisätä maaperässä saatavilla olevan fosforin määrää. (Thompson & Troeh 2005).

Fosfori on typen ohella tärkeimpiä makroravinteita. Fosforia kasvi tarvitsee energia-aineenvaihdunnassa: Adenosiinitrifosfaatin (ATP) hajotessa kasvi saa energiaa kasvuun ja kehitykseen. Hajoamistuotteena syntyy adenosiinidifosfaattia (ADP) Fosfori voi liikua kasvissa sekä orgaanisessa että epäorgaanisessa muodossa. (farmit.net 2012)

Kasvi tarvitsee runsaasti fosforia. Fosforia kuluu erityisesti energianvaihtoreaktioissa (mm. adenosiinitrifosfaatti ATP). Tämän lisäksi fosfori esiintyy useissa biokemiallisissa reaktioissa. Orgaanisen fosforin osuus eloperäisissä maissa on 50 prosenttia ja kivennäismaissa 25 prosenttia. (Hakkola&Levoranta 1998.)

### 3.2.2 Fosforin kierto luonnossa

Kasvit pystyvät ottamaan fosforia itselleen ortofosfaatin ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) muodossa. Lannoitteen mukana annettu fosfori on juuri tässä muodossa. Kuitenkin vain pieni osa maaperän fosforista on kasveille saatavilla muodossa. Noin 70 prosenttia maan fosforista on kivennäisaineksen muodossa. Tavalliseen tapaan lannoitetun pellon kohdalla tämä tarkoittaa 2000 kg fosforimäärää hehtaarilla. (Ravinteet kasvituotannossa).

Maan kivennäisfosfori on usein apatiittifosforin  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH}, \text{F})_2$  muodossa, mistä se liukenee raudan ja alumiinin hydroksien pinnalle. (Harmoinen & Peltonen 2009.)

Eloperäiseen ainekseen sitoutunutta fosforia on 30 prosenttia. Kivennäispitoisilla pelloilla fosforia on sitoutuneina 300–500 kg per hehtaari. Eloperäisen fosforin muuttumisesta ortofosfaatin muotoon kutsutaan mineraalisaatioksi ja päinvastaista reaktiota kutsutaan immobilisaatioksi. (Harmoinen & Peltonen 2009.)

Fosfori voidaan luokitella biosaatavuuden eli hajoamiskyvyn mukaan kolmeen eri luokkaan: aktiiviseen, labiiliin ja stabiiliin. Aktiivinen fosfori on kasveille käyttökelpoisessa muodossa ja stabiili biologisesti käyttökelvoton ja heikosti hajoavin muoto. Suurimmat fosforivarat ovat juuri stabiilissa muodossa: Aktiivisen ja stabiilin fosforin määrää voidaan kuvata suhdeluvulla 1:5000 (Paasonen-Kivekäs 2009.)

Noin 90 prosenttia maaperän fosforista on ympäristölle epäorgaanisessa eli vaikealiukoisessa mineraalifosfaatin muodossa, mikä on kiinnittynyt esimerkiksi raudan, alumiinin tai kalsiumoksidin muotoon kiinnittyneenä. Orgaaninen fosfori on taas paremmin ”kiinni” maaperässä. Orgaanisen fosforin liukoisuuteen vaikuttaa kuitenkin maanesteen määrä: Konsentraation ollessa suuri, eloperäinen fosfori on kiinni maaperässä ja kun maanestettä on vähän, on fosfori altis liukenemiselle. Vesistöihin fosfori voi kulkeutua

sekä liukoisessa muodossa että eroosioaineksen mukana. Fosfori on kasviravinteena heikosti liikkuva; Tästä johtuen pellon maaperän tulisi olla juurien kasvun kannalta hyvä, jotta peltokasvi pääsee hyödyntämään hyvin pellossa hajallaan olevia fosforivaroja: Tähän auttaa mm. pellon hyvä pieneliötoiminta. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

### 3.2.3 Fosforin huuhtoutuminen

Fosfori sitoutuu herkästi maaperään ja huuhtoutuessaan se sitoutuu vesistön biomassaan (kuten esimerkiksi levään). Maatalouden osuus on 60 prosenttia pintavesiin huuhtoutuvista fosforimääristä. Eroosio vaikuttaa merkittävästi fosforin huuhtoutumismäärään: Runsaasti muokatut maat saavat partikkelimuotoisen fosforin huuhtoutumaan maaperästä. Typpi ja fosfori käyttäytyvät eri lailla maaperässä: Typpi on hyvin altis huuhtoutumiselle, siinä missä fosfori pidättäytyy maaperään herkästi. Fosfori valuu alapäin maaperässä todella hitaasti ja tästä syystä fosforin esiintyminen maaperässä on todella harvinaista. Fosforikuormitus näkyykin vesistöissä pintavalunnan seurauksena. (Paasonen-Kivekäs 2009.)

## 3.3 Kalium

### 3.3.1 Yleistietoa kaliumista

Kalium esiintyy luonnossa positiivisesti varautuneena  $K^+$ -ionina. Kalium kiertää luonnossa epäorgaanisessa muodossa, toisin kuten typpi ja fosfori. Kaliumia kasvi tarvitsee tärkeimmissä aineenvaihdunnan tehtävissä. Tämä tarkoittaa sitä, että kasvi käyttää kaliumia samassa muodossa kuin se on otettu maaperästä, eli  $K^+$ -ionina. Kalium vapautuu luontoon myös samassa muodossa, joten se on tästä johtuen huuhtoutumisaltis. Kaliumin puutostila aiheuttaa kasvissa heikkoa kasvua, korren heikkoutta sekä harmaita laikkuja lehdistä. (Harmoinen & Peltonen 2009.)

Kaliumia kasvisolut tarvitsevat vesitalouden ylläpitämiseen. Kalium osallistuu myös hiilihydraattien kuljettamiseen. Kasville on tyypillistä kaliumin liiallinen ottaminen ”varastoon”, vaikka tarvetta olisi vähemmälle määrälle. (Jones 2012.)

### 3.3.2 Kaliumin kierto luonnossa

Lannoitteen mukana maahan lisätty kalium on usein kaliumkloridin (KCl) muodossa. Muita vaihtoehtoja ovat kaliumsulfaatti ( $K_2SO_4$ ), sekä kaliumnitraatti ( $KNO_3$ ). Maaperässä  $K^+$ -ioneita löytyy sitoutuneena negatiivisesti varautuneiden maahiukkasten ympärille. Maahiukkaseen kiinnittyneet ”kilpailevat” muiden kationien kanssa: Kun toinen kationi onnistuu syrjäyttämään  $K^+$ -ionin, niin kalium irtoaa maahiukkaseen pinnasta ja liukenee maanesteeseen kasveille otolliseen muotoon. (Læg Reid ym. 1999.)

Kasvi tarvitsee kaliumia jatkuvasti. Pienetkin katkokset kaliumin saannissa voivat aiheuttaa merkittäviä sadon alennuksia. Kasvi tarvitsee kaliumia fotosynteesissä ja entsyymien aktivoinnissa. Rapautuneet ja orgaaniset maat sisältävät kaikista vähiten kaliumia. Tyypillistä kaliumille on runsas poistuminen pellostä sadon yhteydessä. Kaliumin huuhtoutuminen on vähäistä tyypeen ja fosforiin verrattuna, minkä takia kalium ei muodosta samanlaista ympäristöriskiä kuin typpi ja fosfori (Heinonen & ym 1992.)



## 4 NURMIEN VILJELY

### 4.1 Nurmen lannoitus

#### 4.1.1 Nurmen typpilannoitus

Kivennäismaiden nurmilannoitus tulee olla kolmen niiton nurmissa 300–350 kg/ha ja kahden niiton nurmissa 200 kg/ha. Kahden niiton nurmet ovatkin ravinnehuuhtoumien kannalta parempi ratkaisu. Eloperäisissä maissa typpilannoitusta voidaan vähentää, koska typpeä vapautuu kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Apilanurmen lannoituksessa tulee huomioida nurmen apilapitoisuuden määrä: Apilapitoisuuden ollessa 50 prosenttia kuiva-aineesta lisätyypeä voidaan lannoittaa 50 kg/ha/vuosi, yli 60 prosentin apilanurmissa 30 kg/ha/vuosi. Kivennäismaiden nurmet pystyvät hyödyntämään typpilannoituksen parhaiten. Monivuotisilla nurmilla typen hyödyntäminen vähenee nurmen vanhetessa, ja nurmen typpitase voi kasvaa. Vanhemmat nurmet vapauttavat ympäristöön myös typpioksiduulia (N<sub>2</sub>O). (Suomen Nurmijhdistys 2012.)

#### 4.1.2 Nurmen fosforilannoitus

Nurmisadon mukana maaperästä poistuu fosforia 15–30 kg/ha/vuosi. Nurmen ottama fosfori on sidottu typen ottoon. (Harmoinen & Peltonen 2010.)

Nurmen perustamisen yhteydessä fosforia kannattaa lannoittaa suurempi annos varastoon, noin 50 kg/ha. Toisena keväänä fosforia lannoitetaan korkeintaan 20 kg/ha. Fosforin huuhtoutumisen kannalta on tärkeää suosia pintalevitystä vähäsateisena aikana. (Hakkola & Levoranta 1998.)

Maan pintaan levitetty fosfori on altis huuhtoutumaan ympäristöön, joten fosforin sijoituslannoitus perustamisen yhteydessä kannattaa (Harmoinen & Peltonen 2010.)

#### 4.1.3 Nurmen kaliumlannoitus

Kaliumia kasvi tarvitsee mm. vesitalouden ylläpitämisessä, fotosynteesissä ja proteiini-synteesissä. Kalium notkistaa kasvavia soluja ja parantaa solun kylmänkestävyyttä. Kaliumia esiintyy muista kasviravinteista poiketen kationimuodossa. Osa kaliumin tehtävistä on puutostilassa korvattavissa natriumilla. Säilörehuasteella olevan nurmen kaliumpitoisuus on 2,4 prosenttia. (Harmoinen & Peltonen 2010.)

Nurmet kuluttavat kaliumia runsaasti. Nurmisadon mukana kaliumia poistuu 150–250 kg/ha. Kasvin ottama kaliumin määrä on riippuvainen saatavilla olevan typen määrästä: Oikea kalium-typpi-suhde on 0,85-1. Kaliumin lannoitus tulee suhteuttaa maassa olevan reservikaliumin määrään. Matalan reservikaliumin mailla lannoitusta kannattaa lisätä nurmen vanhetessa 20–30 kg/ha. Korkean reservikaliumin mailla kaliumlannoitusta voidaan selkeästi vähentää ravinnehuuhtoumien välttämiseksi. Kalkitseminen kannattaa korkean reservikaliumin maissa (Harmoinen & Peltonen 2010.)

Kaliumin lannoitusmäärä on sidoksissa muihin kasveihin: Mikäli nurmessa on liikaa nitraattityppeä, voi kaliumin tarve lisääntyä kasvissa. Fosforin puute voi taas aiheuttaa

juurten heikkoa kasvua, ja sitä kautta vaikeuttaa kaliumin saantia maaperästä. Kalium saattaa syrjäyttää muita ravinteita, kuten kalsiumia ja magnesiumia. Kaliumin määrä vähenee yleensä monivuotisella nurmella, joten on suositeltavaa että sitä lisätään 3. nurmivuonna 20 kg/ha. Kaliumlannoituksessa tulee suosia syyslannoitusta, mm. ravinteiden oton ja talvehtimisen kannalta. (Hakkola & Levoranta 1998.)

### 4.1.4 Karjanlannan käyttö nurmen lannoituksessa

Lanta sisältää ravinteita sekä orgaanisessa että liukoisessa muodossa. Orgaanisen aineksen ravinteet hajoavat liukoiseen muotoon maan eloperäisen toiminnan seurauksena. Esimerkiksi orgaaninen typpi hajoaa ammoniumtypeksi. Valmiiksi liukoinen typpi voi olla taas joko ammonium- tai nitraattimuodossa, mikä on jo sellaisenaan kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Lannoituksessa annettu fosfori on usein epäorgaanisessa muodossa. Fosforin käyttökelpoisuus riippuu pellon luontaisen fosforin määrästä: Mitä enemmän fosforia on maaperässä valmiina kemiallisesti sitoutuneena, sitä enemmän lannoitteen fosforia on liukoisessa muodossa kasvien käytettävissä. Lannan mukana annettu kalium on lähes aina vesiliukoisessa muodossa ja kasvien käytettävissä. Lannan käytöllä on pitkäaikaisia vaikutuksia maaperään. Lannan käyttö lisää maan eloperäistä toimintaa ja pelto pystyy hyödyntämään lisättyjä ravinteita entistä paremmin, koska pellon pieneliöt saavat lannasta itselleen ravintoa. Parhaiten eloperäistä toimintaa parantaa kuivikelanta ja kompostoitu lanta. (Alakukku L. & Alasuutari S. 2009.)

Lannan ravinteet usein poikkeavat kivennäislannoitteiden ravinteiden määrästä. NPK-ravinteiden määrä selvittää lanta-analyysin avulla. Tällöin saadaan selville optimaalinen lannan määrä lannoituksessa, mikä auttaa ravinnehuuhtoumien välttämässä. Lannan levityksessä suurin ongelma on typpi: Levitetystä lannasta kasvit saavat itselleen tarpeeksi fosforia ja kaliumia, mutta typen määrä jää vajavaiseksi. Mikäli lannan määrää lisätään, fosforin ja kaliumin huuhtoumariski kasvaa. (Alakukku L. & Alasuutari S. 2009.)

Lietelantaa voidaan levittää kasvavalle nurmelle. Useimmiten lietelantaa levitetään säilörehusadon korjuun jälkeen. Typen haihtumisen kannalta hyvä tapa on lannan sijoittaminen maaperään. Tällöin ammoniakkia ( $\text{NH}_3$ ) ei pääse haihtumaan ilmakehään, vaan se pelkistyy ammoniumtyppi-muotoon. Lietelannan sijoittamisessa typen hyväksikäyttö paranee, minkä seurauksena nurmen valkuaispitoisuus nousee.

Oikea ajankohta tulee huomioida lannanlevityksessä: Nurmi hyödyntää parhaiten lannoituksen ravinteita, kun lanta levitetään peltoon lähellä ravinteiden oton ajankohtaa. Tällöin nurmet pystyvät hyödyntämään suurimman osan annetuista ravinteista. Pintalevitystä on syytä välttää huuhtoumariskin takia. (Alakukku L. & Alasuutari S. 2009.)

## 4.2 Nurmen perustaminen

Nurmea perustettaessa on hoidettava kuntoon pellon vesitalous, kalkitus ja maan ravinnepitoisuudet. Hyvän vesitalouden nurmi kestää kuivuutta hyvin muodostuneen juuristonsa avulla. Hyvin muotoiltu pelto talvehtii hyvin ja kestää mm. jääpoltetta.

Maalajista riippuen pellon optimaalinen pH on 6,0–6,5. Kalkitusaineen valinnassa on hyvä huomioida myös pellon magnesiumin (Mg) tarve; Dolomiittikalkki on hyvä valinta, kun magnesiumia on alle 150 mg/l. (Suomen Nurmijhdistys 2012.)

Rikkakasvien torjunta on hyvä hoitaa kuntoon ennen nurmen perustamista: Juolavehnä on esimerkiksi vaikeasti torjuttava kasvi perustamisvaiheen jälkeen. Parhaiten torjunta onnistuu glyfosaattiruiskutuksella tai mekaanisesti muokkaamalla. Muokkaamista kestäättömiä rikkakasveja ovat myös hierakka, nokkonen ja voikukka. (Suomen Nurmiyhdistys 2012.)

Nurmi voidaan perustaa kahdella tavalla: suojakasvin kanssa tai ilman. Yleisesti suojakasvina käytetään viljaa, mutta siihen soveltuu myös rypsi tai rapsi. Suojaviljan puinti tulee hoitaa tarpeeksi ajoissa, jotta nurmi ehtii kasvamaan vielä puinnin jälkeenkin. (Suomen Nurmiyhdistys 2012.)

### 4.3 Nurmen kasvinsuojelu

#### 4.3.1 Nurmen kasvitaudit ja niiden torjunta

Puna-apilan yleisin kasvitauti on apilamätä. Apilamätä syntyy peltoon kosteissa olosuhteissa, kuten esimerkiksi peltolohkoilla, missä pintavesi ei pääse virtaamaan pois. Apilamädän torjumiseen kannattaa käyttää kemiallisen kasvinsuojelun lisäksi kasvivuoroteltua; Esimerkiksi 1-2 viljavuotta nurmien viljelyn välissä. Apilamädän tunnistaa parhaiten harmahtavasta homekasvustosta kasvin pinnalla. Apilamädän pahkat viihtyvät kosteissa olosuhteissa: Apilamädän ehkäisemiseksi kannattaa palkokasvien kanssa viljellä heinäkasjeja. Tämän lisäksi kylvetty nurmi tulisi jättää ilmavaksi. (Mäki-Valkama 2008.)

Lumihome (*Microdochiumnivale* Syn. *Fusariumnivale*) on kasvitauti, joka leviää nurmella ja syysviljoilla erityisesti routaantumattomassa maassa. Lumihome näkyy keväällä punertavina laikkuina. Lumihome saastuttaa kasvia itiöiden ja sienirihmaston avulla. Lumihome viihtyy kuolleessa kasvijätteessä, mutta se voi levitä myös maaperän kautta. Timotei ja niittynurmikka ovat parhaiten lumihometta kestäviä heinälajeja, huonoiten kestäää taas englanninraiheinä. Lumihometta voi torjua vaihtamalla viljeltäviä kasvilajeja ja välttämällä liiallista typpilannoitusta. Torjunta-ainetta lumihomeeseen ei ole. (Suomen Nurmiyhdistys 2012.)

Mustapahkulasieni (*Typhula ishikariensis*) on kasvitauti, joka leviää samoissa olosuhteissa kuin lumihome (erityisesti silloin kun talvi on pitkä ja roudaton). Mustapahkulasienen tunnistaa ruskeista rihmastopahkoista, jotka vaihtavat väriä myöhemmin mustaksi. Mustapahkulasienen ei ole torjunta-ainetta, joten sen leviämistä täytyy estää pitämällä oraat matalakasvuisena ennen talvehtimistä. (Suomen Nurmiyhdistys 2012.)

Heinäkasjeja eniten haittavat lehtilaikkutaudit. Lehtilaikkutaudin tunnistaa ruskeista tai harmahtavista laikuista kasvin pinnalla. Lehtilaikkutauti leviää myös kasvin siemeniin. Kaikkein eniten lehtilaikkutautia esiintyy koiranheinällä, raiheinällä ja nurminadalla. Laikkutautien torjuntaan auttaa nurmisiementen peittäys ja kemiallinen torjunta (esimerkiksi fenpropimorfin ja propikonatsolin yhdistelmä). Muita kasvitauteja heinillä ovat ruosteet ja heinänhärmä (Suomen Nurmiyhdistys 2012.)

#### 4.3.2 Nurmen rikkakasvit ja niiden torjunta

Ennen nurmen perustamista tulee pellolta hävittää juolavehänä sekä muut juuririkkakasvit, koska niiden torjuminen kasvukauden aikana on hankalaa. Rikkakasvien torjuminen on tärkeää, sillä suurina määrinä rikkakasvit huonontavat sadon laatua. Suojaviljaan perustetun apilanurmen torjunnassa toimii Basagran SG. Basagranin vaikuttava aine on bentatsoni. Mikäli viljelyksessä on pääkasvina puna-apilaa, voidaan korvaavana valmisteena käyttää valmisteen MCPA-seosta. Basagran SG soveltuu apilanurmen kasvinsuojeluun myös satovuonna. Kasvinsuojeluruiskutuksen voi suorittaa joko edeltävänä syksynä tai aikaisin keväällä. Juolavehää voidaan torjua kemiallisesti esimerkiksi Agiltai Fusilade Max-valmisteilla. Heinänurmilla rikkakasvien torjuntaa soveltuu Basagranin lisäksi florasulami (Primus) sekä fluroksipyyri (Starane 180). Leveälehtisten rikkakasvien torjuntaan kannattaa käyttää Ariane S-torjunta-ainetta. (Mäki-Valkama 2008.)

#### 4.4 Nurmen soveltuminen biokaasutuotantoon

##### 4.4.1 Biometaanin tuotantoprosessi

Biokaasun tuotantoprosessissa mädätys tapahtuu anaerobisissa eli hapettomissa olosuhteissa. Luonnossa hiilivetyjen hajoamista biokaasuksi tapahtuu jatkuvasti, esimerkiksi vesistöjen pohjakerroksissa ja eläinten suolistoissa. Bakteerien hajottaessa biomassaa syntyy hiilidioksidia ( $\text{CO}_2$ ) ja metaania ( $\text{CH}_4$ ). Biokaasun metaanipitoisuus on tavallisissa olosuhteissa 40–70 prosenttia. Sivutuotteena syntyy myös mädätettä, jota voidaan käyttää mm. lannoitteena. Peltobiomassojen lisäksi biokaasua voidaan tuottaa useista erilaisista eloperäisistä materiaaleista, kuten esimerkiksi biojätteestä, teurastamojätteestä sekä jätevesilietteestä. (Heikkinen 2012).

Ensimmäiseksi biokaasuntuotannossa biomassasta puhdistetaan epäpuhtaudet. Tämän jälkeen raaka-aine murskataan hienoksi ja sekoitetaan. Seoksesta tulee homogeeninen ja se laimennetaan sopivaan kuiva-ainepitoisuuteen. Seos lämmitetään sopivaan lämpötilaan. Biokaasun tuotantoprosessi voi olla joko mesofiilinen tai termofiilinen: Mesofiilisessä prosessissa kasvibiomassa kuumennetaan 35 C lämpötilaan ja termofiilisessä 55 C lämpötilaan. Tämän lisäksi biokaasureaktori voi toimia panostoimisena tai jatkuvatoimisena: Panostoimisessa reaktorissa biomateriaalia syötetään reaktoriin tietty erä, kun taas jatkuvatoimisessa raaka-ainetta voidaan syöttää koko ajan. Mädätysreaktion tuloksena vapautuva biometaani kerätään talteen. Sivutuotteena syntyvää mädätettä voidaan taas käyttää peltojen lannoitteena. Biometaanista erotetaan hiilidioksidi ja rikkivedyt, jotta saadaan aikaan mahdollisimman puhdasta metaanikaasua. (Kaivosoja & Kump. 2011)

##### 4.4.2 Biokaasutuotanto Suomessa

Suomessa oli vuonna 2011 käytössä kolme erityyppistä biokaasulaitosta: maatilakohtaisia biokaasulaitoksia 10 paikkakunnalla, jätevedenpuhdistamon yhteydessä olevia laitoksia 16 eri paikkakunnalla sekä yhdyskuntajätettä käsitteleviä biokaasulaitoksia 8 eri paikkakunnalla. Vuonna 2011 biokaasua tuotettiin näillä laitoksilla yhteensä 43,6 miljoonaa kuutiometriä ( $\text{m}^3$ ). Tämän lisäksi biokaasua kerättiin talteen 39 eri kaatopaikalla toimivalta reaktorilta 102 miljoonaa  $\text{m}^3$ . Maatilalaitoksilla tuotettiin biokaasua arviolta 767 000  $\text{m}^3$  vuonna 2011, mistä hyödynnettiin 762 000  $\text{m}^3$ . Tämän lisäksi suunnitteilla

ja rakennusvaiheessa on 14 uutta maatilan biokaasureaktoria (Huttunen & Kuittinen 2011.)

Suosituin energianlähde maatilan biokaasulaitoksilla on karjanlanta tai sianlanta. Usean maatilan yhteiskäytössä oleva reaktori ottaa syötettä vastaan usealta eri maatilalta, toimien yhteislantalana. Sivutuotteena syntyvä liete hyödynnetään pellolla lannoitteena. Käsitellyn lietteen etuna on hajuhaittojen väheneminen. Maatilalla tuotettu energia menee omaan käyttöön joko lämpönä tai sähköinä. (Latvala 2009)

Sivutuotteena syntyvä käsittelyjäännös voidaan joko palauttaa peltoon tai jälkikäsitellä joko kompostoimalla, polttamalla tai kuivaamalla mekaanisesti. Tämä lisää mädätteen säilyvyyttä ja parantaa materiaalin soveltuvuutta lannoitteeksi (Latvala 2009)

### 4.4.3 Nurmen soveltuminen kasvibiomassaksi

Kasvibiomassat soveltuvat hyvin biokaasutuotannon raaka-aineeksi, koska ne korjataan aineksen ollessa vihermassamuodossa. Erityisesti säilörehunurmet tuottavat hyvin metaania. Tämän lisäksi säilörehu voidaan varastoida pitkäksi aikaa odottamaan varsinaista tuotantoprosessia. (Luoma 2006.)

Biokaasutuotantoon suunnatun nurmen viljely ei poikkea merkittävästi säilörehuksi tarkoitetun nurmen viljelemisestä. Nurmibiomassan tuotannossa tulee kuitenkin huomioda, että biokaasun tuotantoprosessissa syntyvä mädätysjäännös voidaan sellaisenaan käyttää nurmipellon lannoitteena. Mädätysjäännöksen käsittely on kuitenkin mahdollista, mikäli halutaan jalostaa biokaasumädätettä paremmin säilyvään muotoon. Kiinteä aines sisältää enemmän fosforia ja nestemäinen jäännös enemmän typpeä ja kaliumia. (Mäenpää 2010.)

### 4.4.4 Biokaasutuotantoon soveltuvat pellot ja nurmikasvit

Bioenergian kannalta potentiaalista nurmenviljelypinta-alaa Suomessa on yli 160 000 ha. Tällaisia peltoja ovat esimerkiksi HVP-nurmet (hoidettu viljelemätön pelto), viherkesannot sekä suojavyöhykkeiden nurmet. Tällaisten nurmien sato soveltuisi hyvin biokaasutuotantoon tai poltettavaksi energianlähteeksi. Tuotannossa tulee huomioda, että luonnonhoitopeltoja ei saa lannoittaa nykyisen lainsäädännön mukaan. Näin ollen kannattaa suosia palkokasveja, kuten esimerkiksi vuohenhernettä nurmilajia valittaessa. (Niemeläinen 2010).

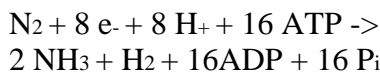
Nurmiseosta valittaessa kannattaa suosia mahdollisimman satoisia lajikkeita. Sadon lisäksi tulee huomioda erityyppisten nurmien tuottama metaanimäärä. Metaanin tuotoksen kannalta säilörehunurmet soveltuvat tällaiseen viljelyyn hyvin. Heinänurmet ja ruokohelpi tuottavat metaania kaikista parhaiten, metaanintuotos voi olla jopa 370–380 litraa metaanikaasua satokiloa kohti. Hehtaarilla viljeltynä tuotos olisi 2000–3000 m<sup>3</sup>. Puhtaalla apilanurmella metaanintuotos on noin 280–300 litraa metaania satokiloa kohti. (Luoranen 2011.)

## 5 NURMIKASVILAJIT

### 5.1 Palkokasvien biologinen typensidonta

Palkokasvit saavat itselleen typpeä erityisten symbioosissa elävien symbioosibakteerien avulla. (*Rhizobium* ja *Rhizomonas*-bakteerit). Bakteerit luovuttavat ilmakehästä sitomaansa typpeä palkokasville ja vastineeksi ne saavat muita ravinteita itselleen. Tietyt bakteerit muodostavat symbioosissa erillisiä juurinyströitä palkokasvin kanssa; Apiloiden kanssa nystyröitä muodostaa *Rhizobium leguminosarum* ja hernekasveilla *Rhizobium leguminosarum*-bakteerit. Sinimailasella erikoistunut typensitobakteeri on *Sinorhizobium meliloti*. Juurinysträt mahdollistavat bakteereille anaerobiset olosuhteet, missä typensidonta voi tapahtua. Aerobisissa olosuhteissa happi tuhoaisi nitrogeenaasientsyymiä, mitä tarvitaan typenmuodostuksessa.

Typensidonta tapahtuu seuraavan kemiallisen kaavan kautta:



Katalyyttinä kemiallisessa reaktiossa toimii nitrogeenaasientsyymi. Nitrogeenaasireaktiossa syntyy lopputuotteena ammoniakki ( $\text{NH}_3$ ), mutta myös vetykaasua ( $\text{H}_2$ ). (Nurmitieto).

Viherlannoitus on menetelmä, jossa palkokasvien keräämä typpi jätetään peltoon seuraavaa satokautta varten. Juuriston lisäksi maanpäälliset osat jätetään maaperään vihermassaksi. Vihermassan hajoamisnopeuteen vaikuttaa pellon maalaji, kosteus ja lämpötila. Maanmuokkaus nopeuttaa vihermassan hajoamista. Typen keräämisen lisäksi palkokasvit irrottavat ravinteita maaperästä kasveille käyttökelpoiseen muotoon, kuten esimerkiksi epäorgaanista fosforia. Palkokasvien juuristo muokkaa tehokkaasti maata syvemmistä kerroksista ja parantaa maan rakennetta. Parhaiten maan rakennetta parantaa timotein ja puna-apilan sekoitus. (Källander 1993.)

### 5.2 Puna-apila

Puna-apila on tärkeä erityisesti nurmen luomutuotannossa typensidontakykynsä ansiosta. Puna-apila sopii hyvin säilörehunurmiin, joten se soveltuu tämän takia hyvin myös bionurmituotantoon. Puna-apila muodostaa hyvän seoksen timotein kanssa. Puna-apila viihtyy hyvin kivennäispitoisella maaperällä. Viljeltävä pelto ei myöskään saisi olla liian märkä, joten pellon ojituksen tulee olla kunnossa. (Hakkola & Levoranta 1998.)

Puna-apila kykenee sitomaan maahan typpeä 40–100 kg N/ha/vuosi. Typensitomista edesauttaa maan oikea pH (5,7–5,9). Tämän lisäksi hivenravinteiden taso tulee olla hyvä. Nurmen typpilannoitus tulee mitoittaa apilapitoisuuden mukaan; esimerkiksi jos apilapitoisuus on 30 prosenttia, tulee typpeä lannoittaa keväällä 30–60N-kg. Apilapitoisuus nurmessa hidastaa rehuarvon alenemista. Tästä johtuen nurmisato kannattaa korjata myöhemmin kuin heinävaltaiset nurmet. (Hakkola & Levoranta 1998.)

Noin 20 prosenttia Suomen nurmenviljelyalasta on apilanurmia. Puna-apila sopii hyvin viljeltäväksi heinänurmiin kanssa. Puna-apila vaatii kasvaakseen korkean pH:n. Parhaiten kasvu onnistuu pH:n ollessa 6,4–6,8. Puna-apila kärsii herkästi myös fosforin puutteesta, joten lannoituksen tulee olla kunnossa. (Hakkola & Levoranta 1998.)

Puna-apilan tärkeimpiä lajikeominaisuuksia ovat satoisuus, talvenkestävyys, ja jälkikasvukyky. Parhaimpia lajikkeita Etelä-Suomessa ovat Saija Barte, Ilte ja Betty. Talvenkestävyyden kannalta paras lajike on Betty. (Nurkka 2009.)

### 5.3 Muut palkokasvilajit

Alsikeapila tuottaa kivennäismailla tehdyissä lajikekokeissa 90 prosenttisen sadon verrattuna puna-apilan satoon. Alsikeapila kuitenkin kestää paremmin kuivuutta ja vaativia kasvuolosuhteita. Alsikeapilaa viljelläänkin usein seoksena puna-apilan ja heinien kanssa. (Källander 1993.)

Valkoopila (*Trifolium repens*) on puna-apilan ohella toinen typensitojakasvi, joka soveltuu viljeltäväksi timotein kanssa. Valkoopila on hyvä esikasvi esimerkiksi viljoille. (vaihtoehtoisesti timotei-nurminata-valkoopila). Valkoopila selviää talvituhoista paremmin kuin puna-apila, vaikka sato jää hyvissäkin olosuhteissa puna-apilaa pienemmäksi. Valkoopila kuitenkin tuottaa täyden sadon jo ensimmäisenä vuonna. (Källander 1993.)

Sinimailanen (*Medicago sativa*) soveltuu viljeltäväksi rehu- ja viherlannoituskasviksi. Kestävän juuriston avulla kasvi kestää hyvin kuivuutta. Sinimailanen kylvetään yleensä heinien kanssa peltoon. Hyvän sadon saavuttamiseksi maaperän tulee olla multava ja pH tulee olla korkea. Typensidontakyky on sinimailasella hyvä, mistä johtuen sato on proteiinipitoista. Täyden sadon sinimailanen tuottaa toisena vuonna. Lajilla saattaa ilmetä ongelmia talvehtimisen kanssa. Hyvissä olosuhteissa nurmi säilyy 3-5 vuotta. Satoa voidaan kerätä kolme kertaa kasvukauden aikana. (Källander 1993.)

Vuohenherne (*Galega orientalis*) on monivuotinen palkokasvi, mitä viljellään pääasiassa rehuksi. Vuohenherne viihtyy keveillä maalajeilla. Laji on hyvin kestävä ja vanhetessaan kasvattaa tehokkaasti satoa. Vuohenherne soveltuu viljeltäväksi timotein kanssa, mutta muita kasveja tulisi välttää nurmiseoksessa erilaisen kasvurytmin takia. (Källander 1993.)

Keltamaite (*Lotus corniculatus*) on luonnonvarainen palkokasvi, joka viihtyy vaativissakin kasvuolosuhteissa, kuten kylmyydessä ja kuivuudessa. Laji soveltuu viljeltäväksi kaikkialla Suomessa. Keltamaite tuottaa kuitenkin pienen sadon verrattuna muihin palkokasveihin. (Källander 1993.)

### 5.4 Timotei

Timotei (*Phleum pratense*) on kaikkialla Suomessa yleisin viljelty nurmiheinäkasvi. Timotei on koko Suomessa kahden niiton kasvi. Timotei tuottaa täyden sadon jo ensimmäisenä vuonna. Laji on hyvin talvenkestävä; ainoastaan Pohjois-Suomessa saattaa esiintyä pohjanpahkasientä. Hyviä nurmilajeja seoksessa timotein kanssa ovat esim. nurminata, ruokonata sekä puna-apila. (Kangas&kump. 2012.)

Timotei kestää pellon happamuutta hyvin, mutta on herkkä kuivuudelle. Timoteilla on hyvä jälkikasvu ja se soveltuu hyvin säilörehunurmituotantoon. Viljelyä varten on olemassa 20 eri lajiketta, jotka soveltuvat viljeltäväksi joko Pohjois- tai Etelä-Suomessa: Etelä-Suomen lajikkeilla on parempi niiton jälkeinen kasvu, mutta ne eivät ole talven-

kestäviä. Osaa lajikkeista voidaan viljellä kaikkialla Suomessa. (Harmoinen&Peltonen 2010.)

Satoisimpia lajikkeita ovat mm Grindstad, Lidar, Switch, Nuuti ja Rigel. (Kangas&kump. 2012.)

### 5.5 Koiranheinä

Koiranheinällä (*Dactylis glomerata*) on savi- ja hiesumailla viihtyvä heinälaji. Koiranheinän hyviä ominaisuuksia ovat hyvä jälkikasvu ja poudankestävyys. Talvehtimisen yhteydessä laji saattaa kärsiä jääpoltteesta. Koiranheinän kasvu on nopeampaa kuin timoteilla ja nurminadalla, joten nurmiseoksessa sitä tulee olla eniten. (Hakkola& Levoranta 1998.)Koiranheinä kestää hyvin kuivuutta, mutta on talvituhoille altis. Laji tuottaa hyvän sadon myös myöhempinä satokausina. Koiranheinä soveltuu viljeltäväksi myös puhtaana kasvustona. Tällöin laji tuottaa runsaan sadon. Koiranheinälle soveltuvia viljelyvyöhykkeitä ovat I-III. Suomessa viljeltäviä lajikkeita ovat Haka ja Apelsvoll. (Kangas&kump. 2012.)

### 5.6 Nadat

Natojen heimo (*Festuca*) soveltuu hyvin laidun- ja säilörehunurmien viljelyksiin. Nurminadat ovat timoteitä maittavimpia. Nataa viljellään tällä hetkellä kolmea eri lajia: Nurminata (*Festuca pratensis*), Ruokonata (*Festuca arundinacea*) sekä rainata (*Festulium*) (Kangas &kump. 2012.)

Nurminataa voidaan viljellä kaikkialla Suomessa ja laji talvehtii hyvin. Lajista korjataan 2-3 satoa kasvukaudessa. Seoksessa nurminata viihtyy hyvin viljeltynä timotein kanssa. Nurminadalla on hyvä jälkikasvukyky. (Kangas& kump. 2012.)

Ruokonata tuottaa nurminataa suuremman sadon toisena ja kolmantena satovuonna. Kokonaissadon määrä perustuu lajin jälkikasvukykyyn. Laji kestää hyvin kuivuutta. Ruokonataa suositellaan viljeltäväksi timotein kanssa. Ruokonataan perustuva nurmi kannattaa niittää kolme kertaa kesässä. Mikäli viimeinen niitto jää liian myöhään syksyyn, talvituhoja voi esiintyä. (Harmoinen & Peltonen 2010.)

Rainata on uusin viljelyssä oleva natalaji. Rainata on saatu risteyttämällä ruokonata ja raiheinä. Geneettisen perimän vuoksi eri lajikkeet voivat poiketa merkittävästi toisistaan. Laji tuottaa hyvän sadon ja sietää hyvin vaikeitakin olosuhteita. Rainata parantaa sadontuottoa toisessa ja kolmannessa sadossa. Pohjois-Suomessa viljelyllä rainadalla saattaa esiintyä talvituhoja. (Harmoinen & Peltonen 2010.)

Natojen satoisimpia lajikkeita ovat, Kora, Swaj ja Karolina (ruokonata) Hykor, Felina (rainata), Valtteri, Klaara, Inkeri-nurminata. (Kangas & kump. 2012.)



## 6 KENTTÄKOKEET

### 6.1 Taustaa kenttäkokeille

Nurmikokeiden kenttäkokeet ovat osa Bionurmihanketta. Hankkeen tarkoitus on selvittää nurmituotannon mahdollisuuksia biopolttoaineiden raaka-aineena. Yhtenä osaluokana tutkitaan nurmituotannon ravinnevirtoja ja ravinteiden käyttökelpoisuutta. Bionurmihanketta hallinnoi Maatalouden Elintarvike- ja Tutkimuskeskus.

Kenttäkokeiden satotasojen tulokset ovat kaikilta neljältä koekentältä. Ravinnetaseiden tulokset ovat ainoastaan Mustialasta vuosilta 2011 ja 2012.

### 6.2 Kenttäkokeiden toteutus

Bionurmihankkeen kenttäkokeet kestävät useamman satokauden. Viljelyssä on mukana yksivuotisten ja monivuotisten nurmien lisäksi kevätiljaa ja syysviljaa viidellä eri koejäsenellä. Kenttäkokeiden perustaminen aloitettiin vuonna 2010 viljalla. Vuosina 2011 ja 2012 kolmella koejäsenellä viljeltiin nurmikasveja ja kahta viljakasvia. Vuonna 2013 tutkitaan nurmiviljelyn jälkivaikutuksia, joten koejäsenillä viljellään ainoastaan viljaa.

Taulukko 1. Koejäsenten viljelysuunnitelma 2010-2013

Koejäsen	2010	2011	2012	2013
I	Sjvilja	Heinä	Heinä	Vilja
II	Sjvilja	Apila	Apila	Vilja
III	Vilja	Vilja	Vilja	Vilja
IV	Sjvilja	Vihkes	Vilja	Vilja
V	Vilja	Sjvilja	Vihkes	Vilja

Koejäsenillä tutkitaan eri kasvilajien viljelyn vaikutuksia. Koejäsenellä 1 viljellään 2-vuotisia heinänurmia, jäsenellä 2 apilanurmia. Koejäsenellä 3 viljellään yksinomaan viljaa, koska tällä halutaan selvittää yksipuolisen viljanviljelyn vaikutuksia. 4. ja 5. koejäsenellä viljellään 1-vuotista apilanurmea viherkesantona. Koejäsenet 1-5 toteutetaan neljällä eri paikkakunnalla: Jokioinen, Tammela, Virolahti ja Inkoo. Paikalliset maatalousoppilaitokset auttavat koalueiden perustamisessa ja hoitamisessa. Viiden koejäsenen lisäksi Jokioisilla on 6. ja 7. koejäsen, missä kasvatetaan 1-vuotisia heinänurmia. Nämä puuttuvat muilta paikkakunnilta. Koejäsenistä on olemassa useita eri kerranteita, eli sama viljelykasvia viljellään useamman koeruodon verran. Näin saadaan luotettavaa tutkimustietoa yhdestä viljelykasvista. Koejäsenet on merkitty roomalaisin numeroin (I, II, III...) ja saman koejäsenen kerranteet luvuilla 1-4.

Koejäsenten nurmiseokset sisältävät vakiomäärän nurmisiemeniä. Koejäsen 1 sisältää timoteita 15 kg /ha ja nurminataa 10 kg/ha. Koejäsen 2 sisältää timoteita 10, ruokonataa

10 ja puna-apilan siementä 5 kg/ha. Koejäsenet 4 ja 5 timoteitä 5 kg/ha ja puna-apilaa 5 kg/ha. Koejäsenet 6 ja 7 sisältävät rainataa (20) ja puna-apilaa (5 kg/ha).

Vuonna 2012 perustamistöitä oli vähemmän, koska 2 koejäsentä olivat kaksivuotisia nurmia. Jokioisilla 1-vuotisten nurmien perustaminen suoritettiin 25.5.2012, niitto Viro-lahdella 19.6.2012, niitto Inkoossa 3.7.2012. Näin saadaan luotettavaa tutkimustietoa yhdestä viljelykasvista. 8.8.2012. Kasvukauden päätteeksi koalueet kynnettiin. Kasvinsuojeluaineita ei kenttäkokeissa käytetty lainkaan, koska se vääristäisi tutkimustuloksia.

Niiton yhteydessä punnittiin niitetyn koeruudun nurmisato. Koeruudun pinta-alan perusteella saatiin määritettyä vastaava nurmisato hehtaarin kokoisella alueella. Jokaisesta koeruudusta kerättiin erikseen 500 gramman nurminäyte. Nurminäytteestä punnittiin eri kasvilajit, määritettiin kuiva-aineen paino sekä analysoitiin ravinteiden määrä. Näin saadaan selville sadon mukana poistuvien ravinteiden määrä.

### 6.3 Koekenttien lannoitus

Koekenttien lannoitus suoritettiin kaksi kertaa kasvukauden aikana: keväällä kasvukauden alussa sekä ensimmäisen niiton yhteydessä. Kasvukauden alkaessa käytettiin YaraMila Pellon Y-4 lannoitetta ja niiton yhteydessä YaraBela Suomensalpietaria.

Keväällä 2011 lannoitettaessa lannoitemäärä oli 100 typpikiloa hehtaaria kohti, paitsi apilanurmilla, oilla määrä oli 40 typpikiloa. Lannoituksen ajankohta oli Jokioisilla ja Mustialassa 5.5., Harjussa 25.5. ja Inkoossa 26.5. Pellon Y-4 sisälsi fosforia 10 prosenttia typen määrästä eli 10 kiloa ja kiloa hehtaaria kohti. Ensimmäisen niiton lannoitukset sisälsivät typpeä 100 kiloa, ja apilanurmilla 25 kiloa. Niiton ajankohta oli kaikilla koekentillä kesäkuun loppupuoliskolla. Fosforia eivät lannoitukset sisältäneet lainkaan.

Vuonna 2012 koekenttiä lannoitettiin toukokuun alussa 3-8.5 koekentästä riippuen. Lannoitteen tyyppi ja lannoitusmäärät olivat samat kuin edellisellä vuonna, eli 100/40 typpikiloa hehtaaria kohti. Niiton yhteydessä lannoitetta annettiin 100 typpikiloa ja apilanurmilla 20 typpikiloa. Huomioitavaa kuitenkin oli, että Harjulla koeruutujen lannoituksessa tapahtui virhe, heinänurmet saivat 20 typpikiloa ja apilanurmet 100 kiloa.

Taulukko 3. Koekenttielannoitustasot Mustialassa

Koejäsen	niitto	N-lan- lanoi.	P-lan- lanoi.	K-lan- lanoi.
I	21.6.2011	100	10	60
II	21.6.2011	40	4	24
IV	21.6.2011	40	4	24
I	12.8.2011	100	0	3,70
II	12.8.2011	25	0	0,93
IV	12.8.2011	25	0	0,93
I	28.6.2012	100	10	60
II	28.6.2012	40	4	24
IV	28.6.2012	40	4	24
I	28.8.2012	100	0	3,70
II	28.8.2012	20	0	0,74
IV	28.8.2012	20	0	0,74

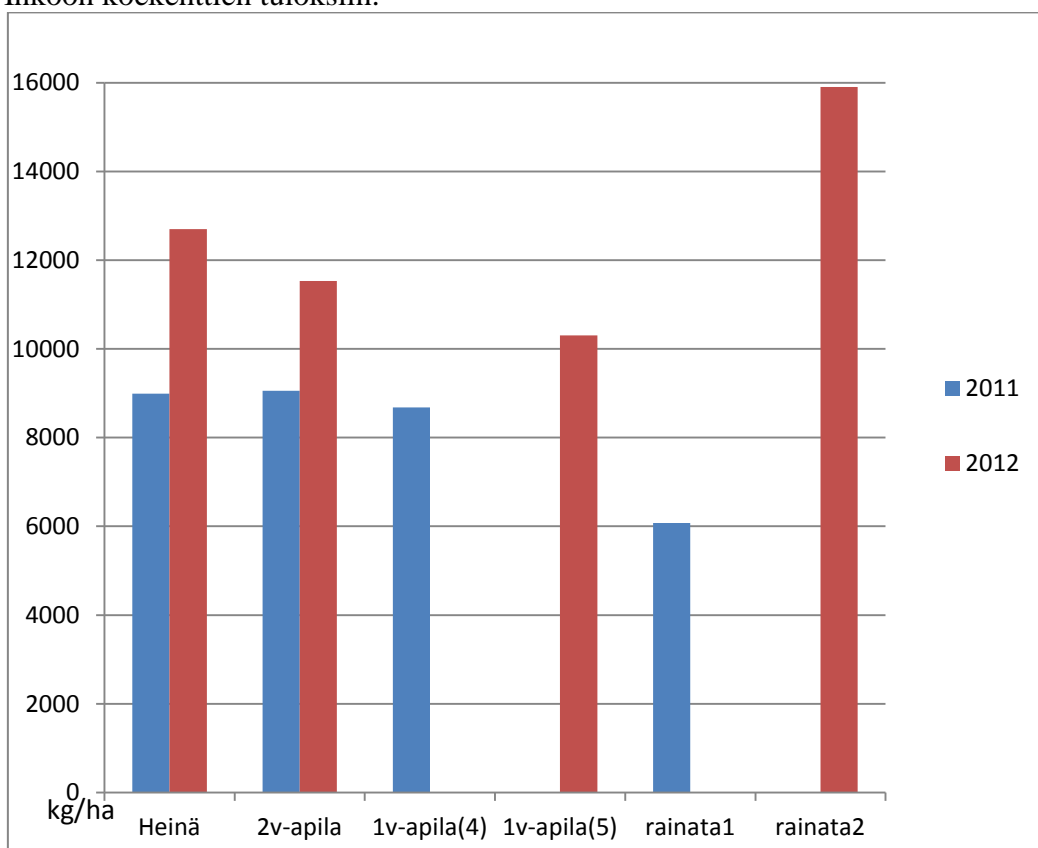
## 7 TULOKSET

### 7.1 Kenttäkokeiden satotasot

Ensimmäisessä kuviossa on määritetty nurmien keskimääräinen satotaso siten, että saman koejäsenen nurmilohkoista on laskettu neljän kerranteen keskiarvo, minkä yksikkö on kg/ha. Koeruutujen pinta-ala on 15 m<sup>2</sup> (1,5 metrin leveys ja 10 metrin pituus).

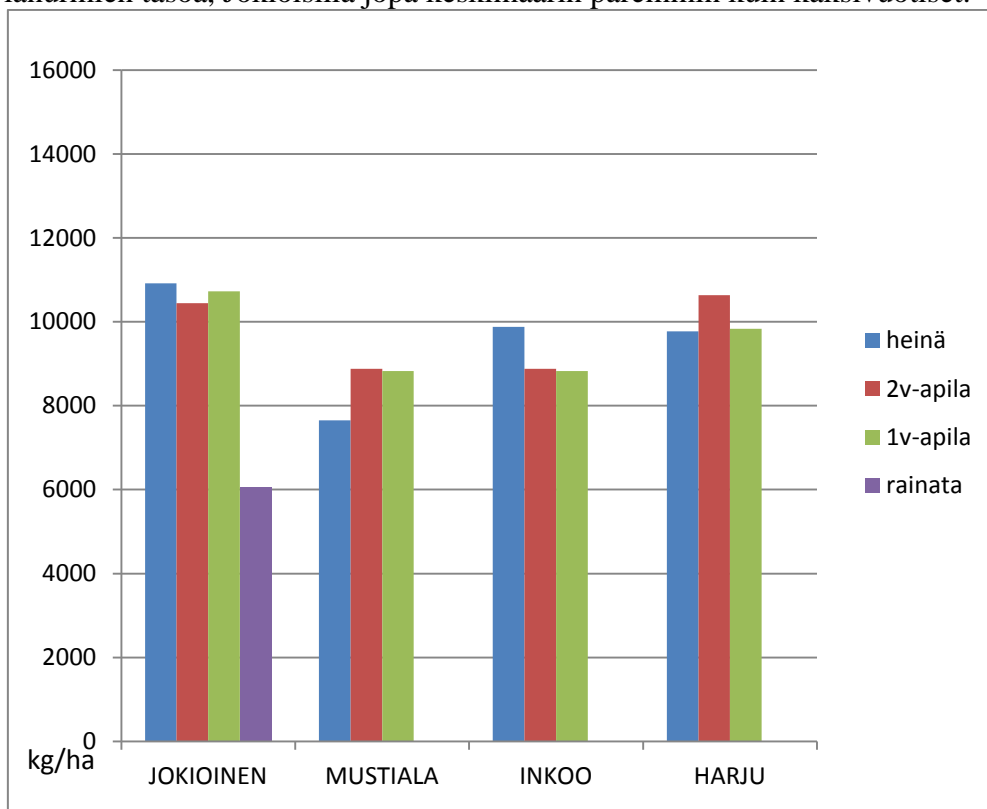
Verrattaessa kahden vuoden satomääriä, voidaan todeta, että selvästi suuremmat sadot tulivat vuonna 2012. Tähän vaikuttavina tekijöinä olivat sateiden määrä vuonna 2012. Lisäksi tulee huomioida, että heinänurmet tuottavat toisena vuonna paremman sadon. Eniten satotasoa nostivat heinänurmet (8000 kg/ha määrästä yli 12 000:een kg/ha) usealla eri paikkakunnalla.

Poikkeuksellisen hyvän sadon tuotti Jokioisten rainata vuonna 2012 (koejäsen 7). Rainataa viljeltiin ainoastaan Jokioisilla, joten tuloksia ei voitu verrata Mustialan, Harjun ja Inkoon koekenttien tuloksiin.



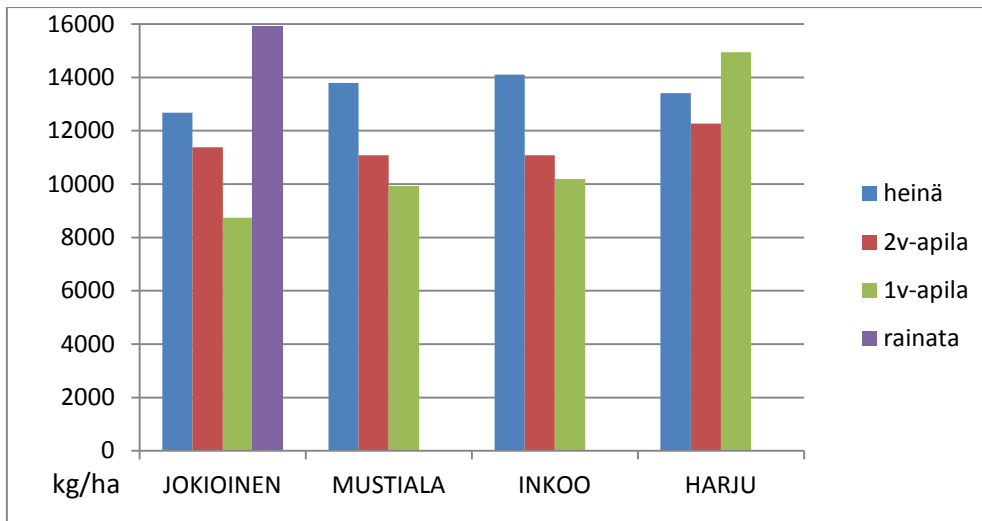
Kuvio 1. Nurmien satotaso keskimäärin vuosina 2011 ja 2012 (kaikki alueet)

Vuoden 2011 satokautena Jokioinen ja Harju tuottivat keskimäärin parhaimmat sadot, reilusti yli 9000 kg/ha. Poikkeuksena Jokioisten koejäsen 6, joka tuotti ainoastaan 6075kg/ha sadon. Heinänurmet tuottivat parhaimmat sadot Jokioisilla ja Inkoossa, 4-kerranteen apilanurmet tuottivat taas parhaimmat sadot Mustialassa ja Harjussa. Lisäksi tulee huomioida, että 1-vuotiset apilanurmet olivat hyvin lähellä kaksivuotisten apilanurmien tasoa, Jokioisilla jopa keskimäärin paremmin kuin kaksivuotiset.



Kuvio 2. Nurmien satotaso vuonna 2011 kg/ha

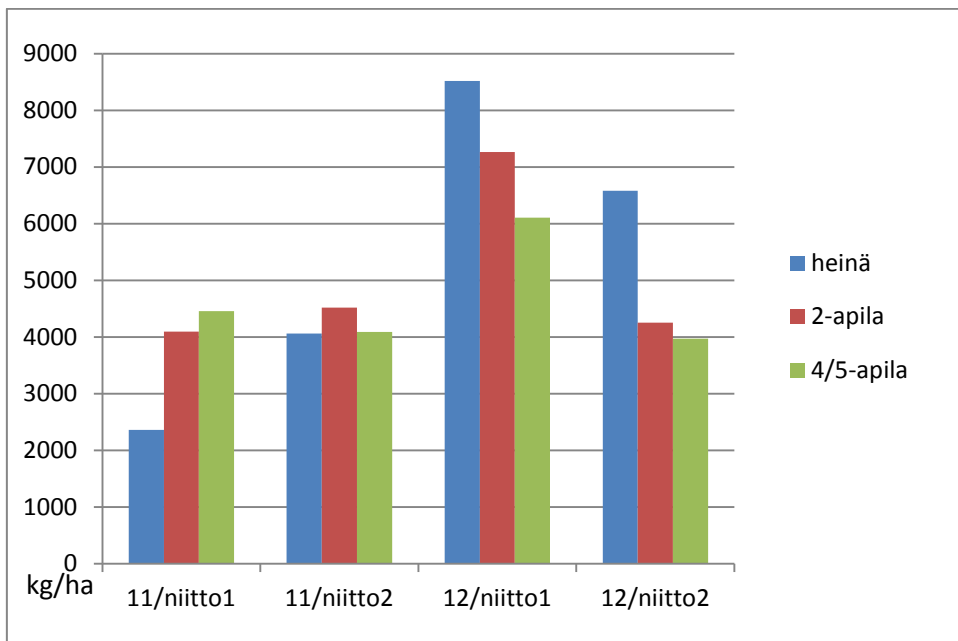
Vuonna 2012 yksivuotisten ja monivuotisten nurmien erot ovat huomattavasti suuremmat. Toisena vuonna monivuotiset nurmet onnistuivat nostamaan satotasoa 11 000 kg/ha asti. Eniten satoa tuottivat heinänurmet (kaikissa paikkakunnissa yli 12 000 kg/ha.) Harjun kenttäkokeiden lannoituksessa tapahtui virhe: koejäsen 1 sai liian vähän lannoitusta ja koejäsenet 2 ja 5 saivat liikaa. Tämä näkyy selvästi koeruutujen satotasoissa; 1-vuotisen apilan satotaso nousi 14 946 kg/ha. Koejäsen 7 eli rainata tuotti poikkeuksellisen hyvän sadon, peräti 15 905 kg/ha. Pääsääntöisesti kaikkien koejäsenten nurmet nostivat satotasoaan. Tähän vaikuttavana tekijänä oli satokauden 2011 kuivuus koko Suomen alueella.



Kuvio 3. Nurmien satotaso vuonna 2012 kg/ha

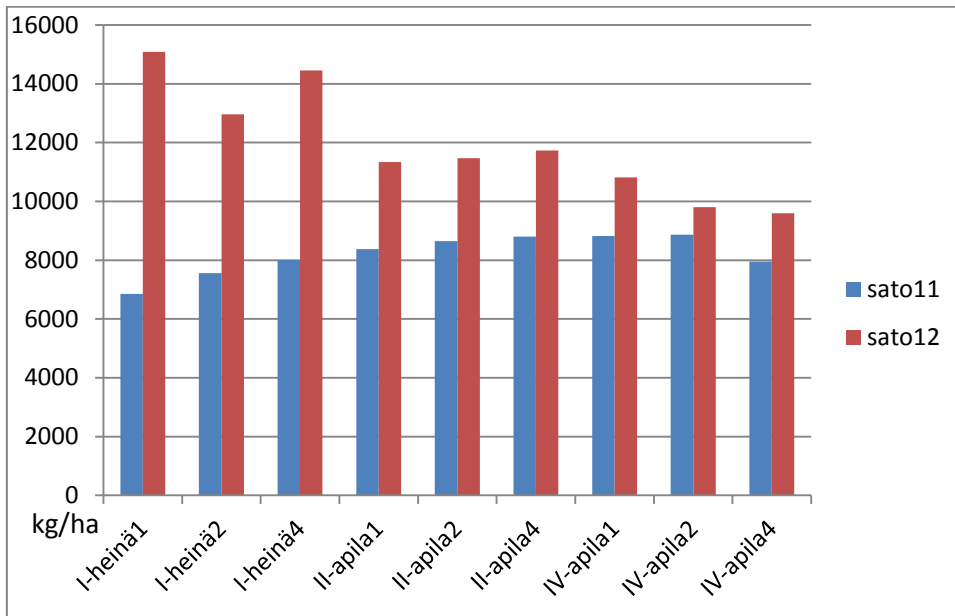
## 7.2 Mustialan kenttäkokeiden satotasot

Mustialan kenttäkokeissa parhaiten pärjäivät 1 koejäsenen heinänurmet. Parhain tulos tuli vuonna 2012 1. niiton heinänurmissa, 9350 kg/ha, huonoin sato vuonna 2011, 1343 kg/ha. Heinänurmet ja apilaturmet onnistuivat nostamaan satotasoaan parhaiten, 1-vuotiset nurmet tuottivat satoa vähemmän.



Kuvio 4. Mustialan koejäsenet vuosina 2011 ja 2012 (kg/ha keskiarvo).

Kuviossa 5 näkyy hyvin koekenttien kokonaissadot, eli ensimmäisen ja toisen niiton sadot laskettuna yhteen. Vuonna 2011 yksivuotiset apilanurmet (koejäsenet II ja IV) tuottivat parhaimmat sadot (7900–8800 kg/ha). 2012 heinänurmet tuottivat kaikista eniten 12900–15000 kg/ha. Satotasojen vaihtelu eri vuosina näkyy myös hyvin diagrammissa; vuonna 2012 kaikki tuottivat alle 10000 kg/ha ja vuonna 2012 lähempänä 15 000 kg/ha.



Kuvio 5. Nurmisatojen yhteismäärät (1. ja 2. niitto) (kg/ha.)

### 7.3 Lannoituksen vaikutus nurmisatoihin

Pääosin ravinnetaseet olivat alijäämäisiä kaikissa satotuloksissa. Kaliumin ja fosforin alijäämä oli yhteydessä satotasoihin; mitä suurempi sato, sitä enemmän sadon mukana poistuu ravinteita. Typpitaseilla ei ollut niin suurta yhteyttä sadon määrään kuin fosforilla ja kaliumilla; fosforin ja kaliumin alijäämä korreloi aina sadon suuruuden kanssa, typpitaseen kanssa ei ole samanlaista yhteyttä. Nurmet ottivat ravinteita runsaasti, mikä merkitsee että nurmet hyödynsivät lannoituksen lisäksi maaperän ravinnevarastoa.

Ohessa on kuvattuna lannoituksen määriä ja satotasoja keskenään. Huomioitavaa on, että heinänurmet menestyivät huonoiten vuonna 2011 ja parhaiten vuonna 2012, vaikka heinänurmille annettiin tyypeä lannoitteen muodossa kaikkein eniten, kaksi kertaa 100 kg satokauden aikana. Kesä 2012 oli sateisempi, mikä vaikutti lannoitetun tyyden liukenevuuteen pellossa. Apilanurmia lannoitettiin vähemmän, sillä ne hyödynsivät tyyden sidontaa.

Taulukko 4. Lannoitukset ja satotasot vertailussa.

vuosi	kerranne	N	P	K	sato kg/ha
2011	Heinä1	200	10	63,7037	6850,083
2011	Heinä2	200	10	63,7037	7557,773
2011	IV-apila4	65	4	24,92593	7950,922
2011	I-apila4	200	10	63,7037	8009,6
2011	II-apila1	65	4	24,92593	8375,117
2011	II-apila2	65	4	24,92593	8650,328
2011	II-apila4	65	4	24,92593	8804,253
2011	IV-apila1	65	4	24,92593	8828,195
2011	IV-apila2	65	4	24,92593	8866,825
2012	V-apila4	60	4	24,74074	9595,949
2012	V-apila2	60	4	24,74074	9803,062
2012	V-apila1	60	4	24,74074	10811,39
2012	II-apila1	60	4	24,74074	11340,53
2012	II-apila2	60	4	24,74074	11474,49
2012	II-apila4	60	4	24,74074	11730,92
2012	Heinä2	200	10	63,7037	12964,37
2012	Heinä4	200	10	63,7037	14452,55
2012	Heinä1	200	10	63,7037	15090,15

#### 7.4 Typpitaseiden hyödyntäminen heinäurmella

Heinäurmien typpilannoituksen onnistumista kuvastaa parhaiten hyötysuhde. Laskukaava on esitetty edellä jakamalla typen poistuma typpilannoituksen määrällä ja kertomalla lopputulos sadalla. Hyötysuhteen ollessa alle 100 prosenttia, typpeä poistuu vähemmän kuin sitä on lannoituksessa annettu. Hyötysuhteen ollessa yli 100 prosenttia, nurmi ottaa enemmän ravinteita kuin on lannoituksessa annettu. Typen hyötysuhde oli alhaisimmillaan vuoden 2011 ensimmäisessä niitossa. Toisessa niitossa tulokset olivat huomattavasti paremmat. Parhaimmat tulokset tulivat kuitenkin vuonna 2012 ensimmäisessä niitossa. Typen hyötysuhteella oli kohtalainen merkitys heinäurmien sadon kannalta. Apilanurmien lannoituksen hyötysuhteella ei ollut niin suurta merkitystä sadon kannalta. Suuren osan tyyppistä apila sitoi ilmakehästä tai käytti maaperän typpireserviä.

Taulukko 5. Typpilannoituksen hyötysuhdeprosentti heinänurmilla

Kerranne	Koejäsen	niitto	Sato	hyötysuhde
1	I-heinä	21.6.2011	1343,417	34,794
2	I-heinä	21.6.2011	2144,3	65,62
4	I-heinä	21.6.2011	2580	82,30
1	I-heinä	12.8.2011	5506,667	99,12
2	I-heinä	12.8.2011	5413,473	142,92
4	I-heinä	12.8.2011	5429,6	174,29
1	I-heinä	28.6.2012	9350,112	115,00
2	I-heinä	28.6.2012	7721,191	109,64
5	I-heinä	28.6.2012	9310	219,72
1	I-heinä	28.8.2012	5740,037	66,01
2	I-heinä	28.8.2012	5243,174	60,82
5	I-heinä	28.8.2012	5142,547	117,25

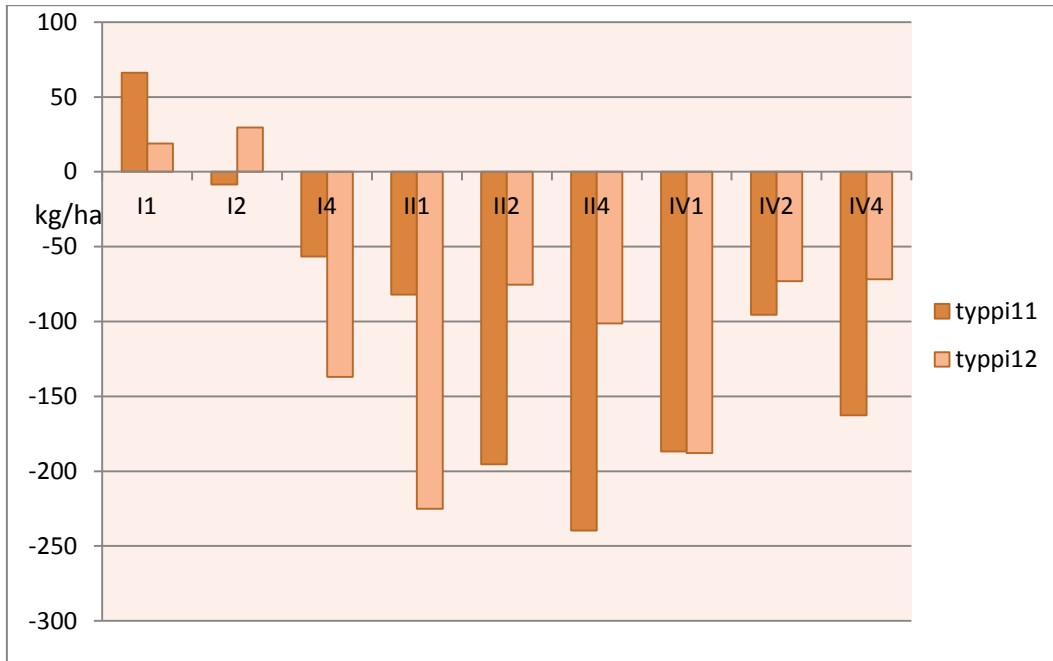
Taulukko 6. Kenttäkokeiden satotasot listattuna fosforitaseen mukaan (typpi ja kalium mukana).

vuosi	kerranne	sato	N	P	K
2011	I1	6850,08	66,0855	-6,33818	-189,304
2011	I2	7557,77	-8,53128	-11,6644	-191,812
2011	I4	8009,6	-56,5922	-12,078	-201,738
2011	II1	8375,12	-82,0123	-15,906	-241,218
2011	IV4	7950,92	-162,774	-17,3518	-219,664
2011	IV2	8866,83	-95,4399	-17,648	-270,169
2011	II2	8650,33	-195,474	-18,479	-260,883
2011	IV1	8828,2	-186,87	-19,1897	-265,388
2011	II4	8804,25	-239,696	-19,7915	-278,751
2012	IV2	9803,06	-72,9857	-20,8779	-269,275
2012	IV1	10811,4	-187,878	-21,9073	-307,427
2012	IV4	9595,95	-71,7931	-23,425	-320,783
2012	II4	11730,9	-101,319	-23,5618	-325,619
2012	I2	12964,4	29,5383	-23,9476	-348,926
2012	II2	11474,5	-75,3232	-24,41	-367,437
2012	I2	15090,1	18,9832	-27,1348	-409,481
2012	III1	11340,5	-225,161	-27,3749	-371,471
2012	I4	14452,5	-136,966	-28,4899	-405,685



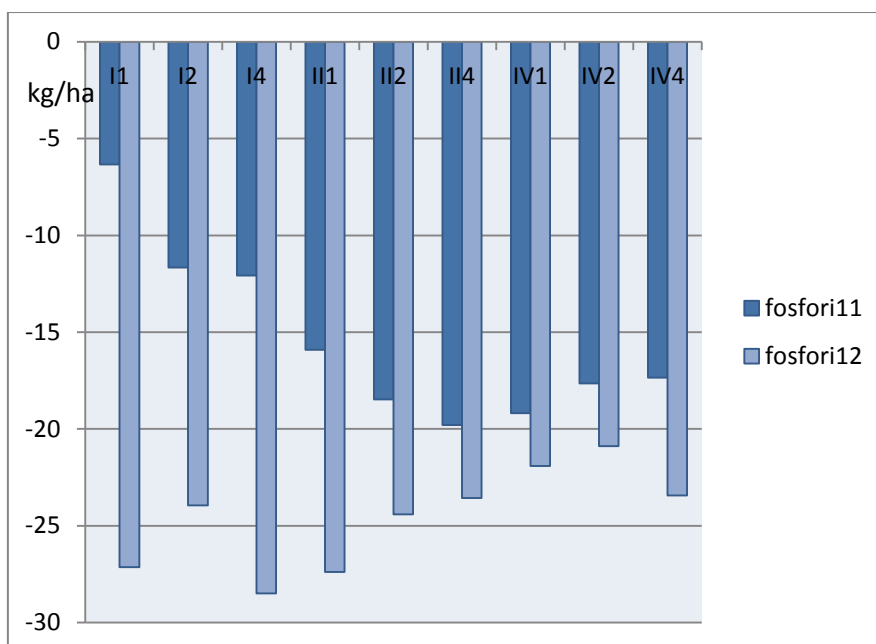
7.5 Ravinnetaseet

Typpitaseista syntyi ylijäämää ainoastaan heinänurmen 1 ja 2 kerranneissa molempina satovuosina. Muuten tulokset olivat alijäämäisiä. Monivuotiset apilanurmet tuottivat eniten alijäämää; II-4 kerranne vuonna 2011 (-239,695 kg/ha), ja II-1 kerranne vuonna 2012 (-225,16 kg/ha.) Myös 1-vuotisten apilanurmet olivat alijäämäisiä; vuoden 2011 IV1-kerranne kg/ha ja 2012 V1-kerranne -186 kg/ha. Tuloksissa näkyy hyvin heinänurmi- ja apilanurmi-ero. II- ja IV-koejäsenen apilanurmet sitoivat typpeä hyvin molempina satokausina, eri kerranteet hieman eri tavalla. Tähän vaikutti eniten biologinen typensidonta.



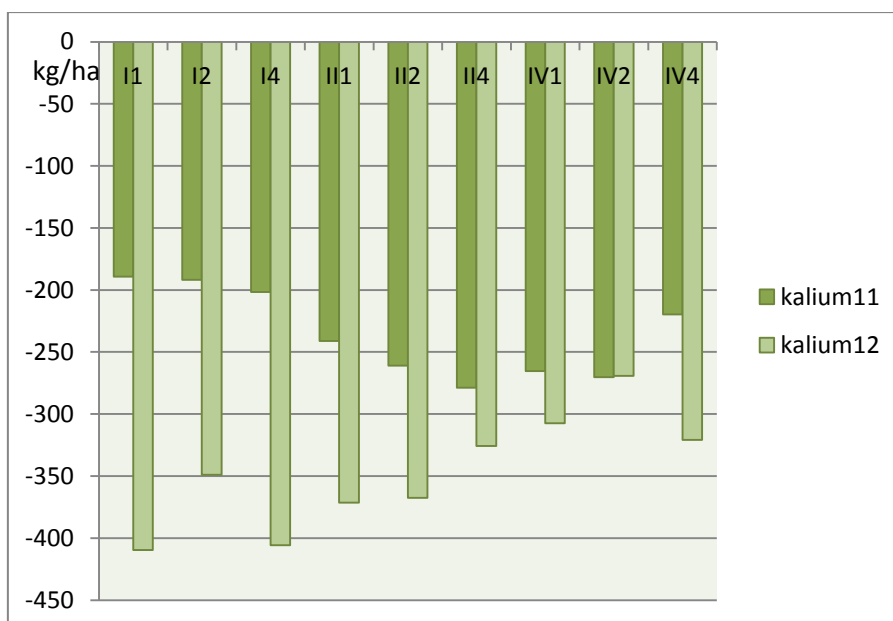
Kuvio 6. Typen ravinnetaseet 2011 ja 2012 (kg/ha).

Fosforitaseet olivat kaikissa koekentissä alijäämäisiä. Erot eri nurmityyppien välillä eivät olleet kovin suuria, toisin kuin typpitaseissa. Alijäämä oli kaikissa koejäsenissä suurempi kaikissa kerranneissa vuonna 2012. Kesä oli sateinen, mikä vaikutti ravinteiden liukenemiseen maassa. Vuonna 2011 suurimmat alijäämät olivat monivuotisissa ja yksivuotisissa apilanurmissa (II4-kerranteessa -19,79 kg/ha ja IV1-kerranteessa -19,18 kg/ha.). Vuonna 2012 alijäämää oli eniten heinänurmissa ja monivuotisissa apilanurmissa. (I4-kerranteessa -28,48 kg/ha ja II1-kerranteessa -27,37 kg/ha. Vuoden 2012 fosforitaseissa oli vähemmän hajontaa eri nurmityyppien välillä. Näin ollen ravinteita oli paremmin kasvien saatavilla.



Kuvio 7. Fosforin ravinnetaseet 2011 ja 2012 (kg/ha).

Myös kaliumtaseet olivat fosforin tapaan kaikki alijäämäisiä. Nurmikasveille tyypillistä on kaliumravinteiden runsas otto kasvua varten. Parhaimmillaan kaliumtaseen alijäämä oli -409 kg/ha. Kaliumtaseen tulokset myötäilivät myös aika paljon fosforitaseen kanssa, eli nurmet sitoivat fosforia ja kaliumia samassa suhteessa, vaikka määrä oli fosforilla ja kaliumilla eri luokkaa. Vuonna 2011 kalium alijäämä oli eniten II ja IV-vertausten apilanurmilla: (II4- kerranteella -278 kg/ha IV1-kerranteella -265 kg/ha). Heinänurmilla alijäämä oli vähiten vuonna 2011 (-180 - -200 kg/ha). Vuonna 2012 kaliumin alijäämä oli heinänurmilla kaikkein suurin (-350–409 kg/ha). Tämän jälkeen suurimmat alijäämät olivat monivuotisilla nurmilla (-300–370 kg/ha).



Kuvio 8. Kaliumin ravinnetaseet 2011 ja 2012 (kg/ha)

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vuoden 2011 ja 2012 satotasoissa oli huomattavia eroja. 2012 oli kasveille tarjolla paremmat kasvuolosuhteet mm. sateiden ansiosta. Sateet saivat lannoitteet liukenemaan paremmin peltoon. Toisaalta myös nurmilla on tapana tuottaa parempi sato toisena viljelyvuonna. Runsaalla tyellä lannoitetut heinänurmet menestyivät vuonna 2011 huonoiten ja vuonna 2012 parhaiten, apilanurmilla satotasoilla ei ollut niin suurta vaihtelua eri vuosien välillä, mikä viittaa siihen, että apilanurmet tulevat hyvin toimeen kuivissa olosuhteissa.

Eri nurmikasvit hyödynsivät lannoitteiden ravinteita tehokkaasti, koska suurin osa ravinnetaseista oli alijäämäisiä. Alijäämäiset ravinnetaseet viittaavat siihen, että lannoitteiden lisäksi maaperässä oli ravinnereserviä. Ainoastaan heinänurmillä oli typpitaseen ylijäämää molempina vuosina, mikä tarkoittaa että lannoitteen tyyppiä jäi hyödyntämättä. Apilanurmet sitoivat tyyppiä runsaasti, mikä näkyy hyvin alijäämäisissä taseissa. Typpitaseen alijäämä oli suurimmassa osassa tuloksista 50–200 kilogramman välillä, mikä on lähellä apilanurmien biologisen typensidonnan määrää.

Parhaiten fosforia ja kaliumia hyödyntäneet nurmet tuottivat myös parhaimmat sadot. Nurmet ottivat fosforia ja kaliumia samassa suhteessa, vaikka määrissä oli eroja. Maaperässä oli kaliumin reserviä runsaasti, mikä näkyi myös kaliumtaseiden alijäämässä, koska kaliumia annettiin lannoitteen mukana vähän. Fosforia annettiin lannoituksessa runsaasti, vaikka sitä poistui sadon mukana huomattavasti vähemmän kuin kaliumia. Kuitenkin fosforin ja kaliumin hyödyntäminen oli tehokasta kaikilla nurmityypeillä. Mikäli koekenttien viljelyt olisivat kestäneet useamman vuoden ajan, olisivat nurmet tuottaneet heikompia satoja fosforin ja kaliumin puutteen takia, koska maan ravinnereservit pienenevät jokaisen nurmisadon myötä.

Sopivissa olosuhteissa heinänurmet tuottavat runsaan sadon, mikä tarkoittaa että ne soveltuvat hyvin biokaasutuotannon raaka-aineeksi, kun ottaa huomioon heinänurmien potentiaalinen tuottaa metaanikaasua 380 litraa satokiloa kohti. Toisaalta, jos halutaan viljellä nurmia pienemmillä lannoitteiden määrillä, kannattaa käyttää typensitojia mukana viljeltävässä nurmiseoksessa. Apilanurmet soveltuvat ehkä paremmin biomassatuotantoon pienemmän lannoituksen takia, koska tällöin viljely on taloudellisesti kannattavampaa ja tyyppiä huuhtoutuu ympäristöön vähemmän.

Mielenkiintoista olisi ollut seurata myös maanäytteistä otettujen ravinnepitoisuuksien vaihtelua eri vuosina. Tällöin olisi voitu määrittää tarkasti maaperän ravinnereservin, lannoituksen ja typensidonnan osuus. Myös ravinteiden huuhtoutumista olisi voitu arvioida. Tuloksista käy kuitenkin ilmi lannoituksen ja ravinteiden poistuman pohjalta määritetty ravinnetase. Vuoden 2013 aikana Bionurmihankkeessa tullaan selvittämään nurmen viljelyn jälkivaikutuksia. Koekentillä viljellään yksinomaan viljaa, jotta saadaan selville nurmiviljelyn vaikutukset kasvilajin vaihtuessa. Syksyllä otettavista maanäytteistä selviää lopullinen ravinnetase ja eri nurmien vaikutukset maaperän ravinteisiin.

## 9 LÄHTEET

- Alakukku, L & Pietola, L. 2002. Maan rakenteen hoito. ProAgria Maa-seutukeskusten Liiton julkaisuja nro 98. Otavan kirjapaino Oy, Keuruu
- Alakukku L. & Alasuutari S. 2009. Lannan käsittely ja käyttö. ProAgria Keskustenliitto, Vantaa.
- Bøckman, O. C, Lægreid, M. Kaarstad, O. 1999. Agriculture, Fertilizers & The Environment. United Kindom: CABI Publishing.
- Harmoinen T. & Peltonen J. 2009. Ravinteet kasviuotannossa. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- Harmoinen T. & Peltonen S. 2010. Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna. Kariston Kirjapaino Oy.
- Hakkola H. & Levoranta I. 1998. Nurmenviljely. Helsinki: Maaseutukeskusten liitto.
- Heinonen R.&kump. 1992. Maa, viljely ja ympäristö. Porvoo: WSOY
- Jones, J Benton. 2012. Plant Nutrition and Soil Fertility Manual. United States: CRC Press.
- Kangas A.&kump. 2012. Peltokasvilajikkeet 2012. ProAgria Keskusten Liitto. Vantaa.
- Kaivosoja L., Kivikko J. & Peltola A: 2011. Kanta-Hämeen monipuolisista luonnonvaroista lähienergiaa. Hämeenlinna. Hämeen Ammattikorkeakoulu.
- Källander, I. 1993. Luonnonmukainen viljely. Helsinki: Gummerrus.
- Luoma, H. 2006. Maatilyrityksen bioenergian tuotanto. ProAgria Maa-seutukeskusten liitto. Vantaa.
- Marttila, J. 2008. Ravinnetaseet – Ympäristötuen lisätoimenpide lannoituksen ja sadon ravinnemäärien seurantaan. Viitattu 22.9.2012.
- Mäki-Valkama T. 2008. Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Nurkka, J. 2009. Typensitojakasvien viljely tavanomaisessa nurmituotannossa. Laurea-ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Paasonen-Kivekäs, M. 2009. Maan vesi- ja ravinnetalous: ojitus, kastelu ja ympäristö. Helsinki: Salaojayhdistys.

Thompson L. & Troeh F. 2005 .Soils and Soil Fertility. Sixth edition. United Kingdom. Blackwell Publishing.

Sähköiset lähteet:

Heikkinen, M. 2012. Maatilan biokaasulaitokseen tarvittavat luvat. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 4.1.2013.

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/43804/HeikkinenMika.pdf?sequence=1>

Huttunen M. & Kuittinen V.2011 Suomen Biokaasulaitosrekisteri n:o 15. Viitattu 8.2.2013

<http://www.biokaasuyhdistys.net/media/Biokaasulaitosrekisteri2011.pdf>

Latvala M. 2009. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Viitattu 10.2.2013

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=106756&lan=FI>

Luoranen M.2011. Biokaasun valmistus kasvibiomassasta laboratoriomittakaavan biokaasureaktorilla. Viitattu 18.1.2013

<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26981/insinorityo.pdf?sequence=1>

Marttila, J. 2005. Ravinnetaseet maatalouden vesistökuormituksen arviointikeinona. Helsingin yliopisto. Pro gradu.

<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/479/ravinnet.pdf?sequence=1>

Mäenpää M. 2010. Kasvibiomassojen tuottamien biokaasulaitokselle. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu. 3.1.2013

<https://publications.theseus.fi/handle/10024/13309>

Niemeläinen, O. 2010. Arvio mahdollisista nurmibiomassan lähteistä bioenergian raaka-aineeksi Suomessa. Viitattu 18.1.2013

<http://www.smts.fi/jul2010/esite2010/093.pdf>

Suomen Nurmeyhdistys – Nurmitieto-julkaisujen sisällysluettelo. Viitattu 21.9.2012

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmeyhdistys/Nurmitieto/sisallysluettelo>

Ravinnetaseiden laskeminen ja seuranta. 2009. Uudenmaan ympäristökeskus. Viitattu 23.9.2012

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=21421&lan=fi#a0>

Typen merkitys kasvissa. 2012. farmit.net Viitattu 15.10.2012

<http://www.farmit.net/kasvinviljely/lannoitus/ravinteiden-merkitys-ja-otto/typpi>





