

VOIKUKAN VAIKUTUS SÄILÖREHUN SÄILÖNTÄLAATUUN JA REHUARVOIHIN

Terhi Rahkonen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2011

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Luonnonvara- ja ympäristöala





Tekijä(t) RAHKONEN, Terhi	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 12.04.2011
	Sivumäärä 55	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi VOIKUKAN VAIKUTUS SÄILÖREHUN SÄILÖNTÄLAATUUN JA REHUARVOIHIN		
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) ANTTONEN, Erkki		
Toimeksiantaja(t) MTT Maaninka / Karjatilän kannattava peltoviljely-hanke (KARPE), Elina Juutinen		
Tiivistelmä <p>Voikukka on yleinen rikkakasvi etenkin vanhoilla nurmilla. Voikukka tuottaa paljon massaa, ja se levittäytyy nopeasti nurmen aukkopaikkoihin vieden valoa, kosteutta ja ravinteita nurmikasveilta. Rikkakasvien vaikutuksista säilörehun laatuun on varsin ristiriitaisia tuloksia. Työn tavoitteena oli selvittää kirjallisuuden ja minisiilokokeen perusteella voikukan vaikutuksia nurmisäilörehun säilöntälaatuun, kemialliseen koostumukseen ja rehuarvoihin. Tuloksia verrattiin lypsylehmien hyvän nurmisäilörehun laatu- ja ruokintasuosituksiin.</p> <p>Opinnäytetyössä esitellään säilörehun säilönnän periaatteet, säilörehun laatutekijöitä, käymisessä tapahtuvia hävikkejä ja kasvien puskurikykyä. Lypsylehmien ruokinnassa seurataan tarkasti säilörehun ruokinnallista laatua ja kivennäispitoisuutta, koska ruokinta vaikuttaa lypsylehmän terveyteen ja tuotantoon.</p> <p>Opinnäytetyössä esitellään KARPE-hankkeen MTT Maaningalla järjestetyn timotei-voikukaminisiilokokeen tulokset. Minisiilokokeessa tutkittiin kuinka eri voikukkapitoisuudet (0 %, 25 %, 50 %, 75 % ja 100 %) vaikuttavat timoteisäilörehun säilönnälliseen laatuun, kemialliseen koostumukseen ja rehuarvoihin. Timotein ja voikukan raaka-ainenäytteet sekä siilojen säilörehut analysoitiin 90 päivän säilönnän jälkeen. Voikukkaa sisältävillä säilörehuilla on hyvä käymislaatu kirjallisuuden ja minisiilokokeen tuloksien perusteella. Voikukan määrän lisääntyessä säilörehun D-arvo pienenee hiukan. Voikukan kivennäispitoisuudet ovat korkeampia kuin nurmikasveilla ja etenkin sen kaliumin ja kalsiumin määrät lisääntyvät voikukan määrän lisääntyessä. Lisäksi säilörehun korjuuta haittaa voikukan hitaampi kuivuminen. Jos voikukkapitoisen säilörehun esikuivatusaikaa ei lisätä, kuiva-ainepitoisuus jää matalaksi ja puristenesteen määrä lisääntyy. Suuria haittoja ei kuitenkaan 25 % tai jopa 50 % voikukkaa sisältävässä säilörehussa välttämättä ole, mutta lypsylehmien kivennäisruokinnan täytyy olla kunnossa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) voikukat, Taraxacum spp., timotei, Phleum pratense, nurmiheinät, säilörehu, rehunsäilöntä, puskurikyky, käyminen, säilöntähävikki, rehuarvo, kivennäisaineet		
Muut tiedot		



Author(s) RAHKONEN, Terhi	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 12.04.2011
	Pages 55	Language Finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until	Permission for web publication <input checked="" type="checkbox"/>
Title THE EFFECTS OF THE DANDELION ON THE QUALITY AND FEED VALUES OF THE SILAGE		
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries		
Tutor(s) ANTTONEN, Erkki		
Assigned by MTT Maaninka / Profitable Field Management on Cattle Farms-project (KARPE), Elina Juutinen		
Abstract <p>Dandelion is a common weed, especially in the old swards. Dandelion produces lots of mass and it can easily spread to the gaps of the sward taking the light, moisture and nutrients from the grasses. There are conflicting research results regarding the effects of the weeds on silage quality. The aim of the thesis is to find out how dandelion affects the fermentation quality, the chemical composition and the feed values of the silage by using literature and the results of a mini silo experiment. The results are compared to the references of the good quality silage and the feeding recommendations of the dairy cattle.</p> <p>The main features of the silage fermentation and quality, the fermentation losses and the buffering capacity of the plants are presented in this study. In the feeding strategy of the dairy cattle the quality, the feed values and the mineral composition of the silage are strictly controlled because they have an impact on the welfare and production efficiency.</p> <p>The results of the timothy and dandelion mini silo experiment, which was arranged in MTT Maaninka by KARPE-project, are presented in the thesis. The aim of the mini silo experiment was to find out how different amounts of dandelion (0 %, 25 %, 50 %, 75 % and 100 %) affect the fermentation quality, the chemical composition and the feed values of the timothy silage. The samples of the raw materials of the plants and the silage samples from the silos were analyzed after 90 days of preservation. The silages with dandelion had a good fermentation quality according to other studies and the results from the mini silo experiment. The increasing amount of dandelion in silos slightly decreases the D-value of the silage. The mineral composition of the dandelion is higher than in grasses. Especially the amount of potassium and calcium in the silage increases with the amount of dandelion. Dandelion dries slower than grasses and causes harm to grass harvesting. The forage which contains dandelion requires a longer pre-wilting time to prevent a lower dry matter content and a higher effluent volume of the silage. It seems that the silages with 25 % or 50 % of dandelion do not cause any problems in the forage. In the feeding strategy of the dairy cattle special attention needs to be paid to the composition of mineral nutrients.</p>		
Keywords dandelions, Taraxacum spp., timothy, Phleum pratense, grasses, silage, fermentation, forage preservation, buffering capacity, fermentation loss, feed value, mineral nutrients		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	VOIKUKKA PELLOLLA JA RUOKINTAPÖYDÄLLÄ.....	5
2	NURMI ON NAUTOJEN RUOKINNAN PERUSTA	6
2.1	Nauta- ja nurmialamäärät Suomessa	6
2.2	Nautojen rehuarvojärjestelmä	7
2.3	Lypsylehmien laatuvaatimukset säilörehun kemialliselle koostumukselle .	7
2.4	Hyvän säilörehun säilönnällinen laatu	8
3	KIVENNÄISET JA NIIDEN RUOKINTASUOSITUKSET LYPSYLEHMILLÄ.....	9
3.1	Rehujen kivennäiset.....	9
3.2	Lypsylehmien kivennäisruokinta	10
3.3	Magnesiumin ja muiden kivennäisten ruokintasuositukset	12
4	KIVENNÄISTASAPAINO JA HALVAANTUMISRISKI	13
4.1	Poikimahalvauksien hoitomäärät	13
4.2	Poikimahalvaus	13
4.3	Hypomagnesemia	14
4.4	Laidunhalvaus ja sen ennaltaehkäisy.....	14
5	SÄILÖREHUN SÄILÖNTÄ	15
5.1	Säilöntämenetelmät	15
5.2	Säilörehun säilöntäprosessi.....	15
5.3	Säilönnän aerobinen vaihe.....	15
5.4	Säilönnän anaerobinen vaihe	16
5.5	Säilörehusiilon vakiintunut vaihe ja siilon avaaminen.....	17
6	SÄILÖREHUN SÄILÖNTÄ PERUSTUU HAPPAMUUTEEN	17
6.1	Säilörehun happamuus	17
6.2	Happojen ja emästen kemia lyhyesti.....	17
6.3	Kasvien puskurikyky.....	19

		2
7	SÄILÖREHUHÄVIKIT	20
	7.1 Kuiva-aine- ja energiahävikki.....	20
	7.2 Säilörehun puristeneste	21
8	VOIKUKKA RIKKAKASVINA.....	22
	8.1 Taraxacum ssp.	22
	8.2 Voikukka nautojen ruokinnassa	24
	8.3 Voikukan kivennäispitoisuus	25
	8.4 Voikukasta tehtyjä säilörehututkimuksia.....	26
	8.5 Vaikuttaako voikukka maidon laatuun?.....	29
9	VOIKUKKAPITOISEN SÄILÖREHUN MINISIILOKOE	30
	9.1 Koejärjestelyt.....	30
	9.2 Kasvinäytteet	31
	9.3 Minisiilojen täyttö.....	31
	9.4 Kaasu- ja puristenestemittaukset.....	32
	9.5 Minisiilojen avaaminen	34
	9.6 Rehuanalyysit	35
10	MINISIILOKOKEEN TULOKSET	36
	10.1 Tulosten analysointimenetelmät.....	36
	10.2 Voikukan ja timotein raaka-ainenäytteet	36
	10.3 Voikukan vaikutus säilörehun kemialliseen koostumukseen ja rehuarvoihin	38
	10.4 Voikukan vaikutus säilörehun laatutekijöihin	39
	10.5 Kaasu- ja puristenestemittausten tulokset	40
	10.6 Timotein ja voikukan säilöntähävikit	41
11	TULOSTEN TARKASTELU	42
	11.1 Tulosten kriittinen tarkastelu	42
	11.2 Säilörehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot.....	43

	3
11.3 Voikukkaa sisältävässä säilörehussa on hyvä käymislaatu	45
11.4 Kosteaa voikukkaa lisää puristenesteen määrää	47
12 POHDINTA	48
LÄHTEET	53

KUVIOT

KUVIO 1. Lypsylehmien kivennäisruokintasuosituksista näkee magnesiumin ruokintasuositukset eri ruokintakausille	12
KUVIO 2. Kaasujen mittaus minisiiloista injektioruiskun avulla.	33
KUVIO 3. Punnitsemisen jälkeen minisiilojen säilörehut tyhjennettiin tiiviisiin muovipusseihin ja näytteet pakastettiin.....	35

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Yhteenveto säilörehun rehuarvoista, kemiallisesta koostumuksen ja käymisen laatutekijöistä.....	9
TAULUKKO 2. Kasvien puskurikapasiteetteja, mekv/kg ka	19
TAULUKKO 3. Puristenesteiden sisältämiä kivennäismääriä.....	22
TAULUKKO 4. Kotoisten nurmirehujen ja eri voikukkakokeiden kivennäispitoisuuksia	26
TAULUKKO 5. Siilojen tuorepainot 16.6.2010	32
TAULUKKO 6. Minisiilojen loppupainot 90 säilöntäpäivän jälkeen ja hävikkien määrät grammoina.....	34
TAULUKKO 7. Timotein ja voikukan raaka-ainenäytteiden tulokset	37
TAULUKKO 8. Voikukan vaikutus timoteisäilörehun rehuarvoihin, kemialliseen koostumukseen ja säilönnälliseen laatuun.	39
TAULUKKO 9. Voikukan vaikutus minisiiloissa syntyneisiin kaasu- ja puristenestemääriin koejäsenittäin.	40
TAULUKKO 10. Säilönnän aikana tapahtunut hävikki timotei- ja voikukasäilörehun rehuarvoissa.....	41
TAULUKKO 11. Timotein ja voikukan kuiva-ainehävikit.....	42

TAULUKKO 12. Säilörehujen, jotka sisältävä 0 - 50 % voikukkaa, kemiallisen koostumuksen ja rehuarvojen vertailu Alasuutarin ja muiden (2010, 85) asettamiin tavoitearvoihin.....	43
TAULUKKO 13. Voikukkaa (0–50 %) sisältävien säilörehujen vertailu normaalin säilörehun kivennäispitoisuuksiin ja nautojen hivenainesuositukseen.	45
TAULUKKO 14. Voikukkaa (0–50 %) sisältävän säilörehun vertailu Artturi-verkkopalvelun hyvän säilörehun tunnuslukuihin.....	46
TAULUKKO 15. Minisiiloista syntyneet puristenestemäärät muutettuna 600 kg pyöröpaalin kokoluokkaan.	48

1 VOIKUKKA PELLOLLA JA RUOKINTAPÖYDÄLLÄ

Voikukka on yleinen monivuotinen rikkakasvi säilörehunurmipelloilla. Nurmipelloilla syväjuurinen voikukka varastaa nurmikasveilta vettä ja ravinteita sekä kasvitilaa ja valoa levittäytymällä nurmikasvuston aukko- ja aukkopaikkoihin. Pellolta rikkakasvit päätyvät säilörehunkorjuukaluston kautta siiloihin, ja sieltä ne jaetaan ruokintalaitteilla navetan ruokintapöydälle. Kesällä 2006 Pelto tuottamaan -hankkeen hanketiloista oli nurmen ensimmäisessä niitossa voikukan osuus 36 % näytteiden rikkakasvimäärästä ja toisessa niitossa voikukan osuus oli noussut 69 % (julkaisematon).

Rikkakasveja sisältävän säilörehun laatu vaihtelee ja vaikuttaa eläinten tuotantoon ja terveyteen. Tasaisesta rehusilpusta eläin ei voi valikoida mitään se syö. Vaikka voikukka on varsin ravinnerikas kasvi, sillä on erilainen kivennäisisältö kuin nurmikasveilla. Voikukka sisältää enemmän kalsiumia, kaliumia ja magnesiumia kuin timotei. Voikukka sisältää liikaa kaliumia suhteessa kalsiumin ja magnesiumin yhteismäärään. Ruokinnassa magnesiumin puute aiheuttaa kalsiumylimäärän, jonka takia lehmän elimistössä kalsiumin irrotus luustosta vähenee. Lehmän poikimisen jälkeen sen kalsiumtarve kasvaa nopeasti maidon tuotannon alkaessa eikä eläimen elimistö ehdi reagoida tähän muutokseen tarpeeksi nopeasti. Jos ummessaolokaudella lehmä saa kaliumia suhteessa enemmän kuin magnesiumia, voi poikimahalvausriski kasvaa. Liika kalium estää pötsissä magnesiumin imeytymisen lehmän elimistöön ja voi johtaa hypomagnesemiaan.

Nyt pelätään, että nurmiviljelyn lisääntyessä myös voikukkapeltojen määrä lisääntyy. Voikukan määrän kehittymisestä nurmiviljelyssä ei tiettävästi ole tehty tutkimuksia Suomessa. Voikukan uskotaan lisäävän nurmen sato- ja laatutappioita ja sen väitettään heikentävän säilörehun säilyvyyttä ja aiheuttavan makuvirheitä maitoon. Voikukan ja muidenkin rikkakasvien vaikutuksista säilörehun säilönnälliseen laatuun on tutkittu yllättävän vähän. Suomessa ei ole tehty säilörehukokeita, jotka olisivat sisältäneet voikukkaa. Ulkomailta on jonkin verran tehty säilöntä- ja korjuuajakokeita, joissa voikukka on ollut mukana. Näiden tutkimustuloksien vertailu on kuitenkin hankalaa, koska korjattujen säilörehujen nurmikasvit eivät ole samoja kuin Suomessa ja lisäksi koejärjestelyiden välillä on paljon eroja.

Työn tilaajana oli KARPE eli Karjatilan kannattava peltoviljely -hanke, jonka tavoitteena on nurmi- ja säilörehutuotannon kehittäminen pohjoissavolaisilla ja –pohjalaisilla tiloilla. Yksi keskeisimmistä hankeaiheista on nurmien rikkakasvitorjunta, johon kuuluu rikkakasvien haittavaikutuksien arviointi säilörehussa. Työn tavoitteena oli selvittää aiempien tutkimuksien pohjalta miten voikukka vaikuttaa säilörehun säilymislaatuun, kemialliseen koostumukseen ja rehuarvoihin.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käydään läpi lypsylehmien ruokinnan ja kivennäisruokinnan pääperiaatteita ja kivennäisruokintaa sekä esitellään poikimahalvauksen riskitekijöitä. Säilörehun säilönnän periaatteiden tunteminen on tärkeää, jotta minisiilokokeen tuloksia voidaan tarkastella ja analysoida. Lisäksi työssä esitellään millainen voikukka on rikkakasvina ja sen vaikutuksia nurmi- ja rehutuantoon. Työssä esitellään myös muita merkittäviä nurmitutkimuksia, joissa voikukka on ollut mukana. Tutkimusosiossa käsitellään KARPE-hankkeen MTT Maaningalla järjestetyn timotei-voikukka-minisiilokokeen koejärjestelyt ja sen tulokset. Lopuksi pohditaan tuloksien pohjalta, miten voikukka vaikuttaa säilörehun säilönnälliseen ja ruokinnalliseen laatuun sekä voikukan torjunnan tarpeellisuutta. Nautojen ruokinnan osalta työ on rajattu lypsylehmiin, joilla kaliumrikas ruokinta lisää riskiä sairastua poikimahalvaukseen. Nurmisäilörehujen säilöntäprosessia käydään läpi AIV-happosäilönnän pohjalta, joka on yleisin säilöntämenetelmä Suomessa.

2 NURMI ON NAUTOJEN RUOKINNAN PERUSTA

2.1 Nauta- ja nurmialamäärät Suomessa

Suomessa oli vuonna 2009 noin 290 000 lypsylehmää (Tike 2010a), joiden ruokinta perustuu nurmirehuihin. Lypsylehmien lisäksi nurmella ruokitetaan alle kahden vuoden ikäisiä nautoja, vasikoita ja hiehoja, joista kasvatetaan uusia lypsylehmiä ja lihakarjaa. Nautoja oli Suomessa vuonna 2009 yhteensä yli 918 000 kappaletta (Tike 2010a).

Nurmialan määrä on noussut noin 3 % vuodesta 2009 vuoteen 2010. Vuonna 2010 alle viiden vuoden ikäisiä nurmia oli viljelyksessä noin 659 300 hehtaaria, joka on 28,8 % koko Suomen viljelyalasta. Nurmiin on laskettu mukaan kuivaheinän, säilörehun, tuorerehun, laitumien ja siemenheinän tuotantoalat. Kuivaheinän ja säilörehun

viljely on hieman lisääntynyt, kun muiden nurmien tuotantoalat ovat vähentyneet. Vuonna 2010 säilörehua viljeltiin noin 451 700 hehtaaria, joka on 19,7 % koko viljelyalasta. (Tike 2010b.)

2.2 Nautojen rehuarvojärjestelmä

Lypsylehmä tarvitsee energiaa ylläpitoon ja tuotantoon. Ylläpitoenergiaan kuuluvat kaikki eläimelle välttämättömät elimistön toiminnot kuten hengittäminen, sydämen toiminta, verenkierto, lämmönsäätely ja aineenvaihdunta. Tuotantoon kuluvan energian määrään vaikuttavat lehmän koko ja tuotostaso. Lisäksi lehmä kuluttaa energiaa myös liikkumiseen, märehymiseen ja tiineenä sikiön kasvuun. (Lypsylehmän ruokinta 2006, 33; Alasuutari, Manni & Rautala 2010, 42.)

Suomessa nautojen rehuarvojärjestelmässä energian mittaaminen perustuu muuntokelpoiseen energiaan (ME), jonka yksikkö on megajoule (MJ). Rehun sisältämää energiamäärä rehussa kuvataan yksiköllä MJ/kg kuiva-ainetta. Valkuaisarvot perustuvat OIV-PVT-järjestelmän. OIV eli ohutsuolessa imeytyvä valkuainen kuvaa rehun sisältämää valkuaismäärää, joka imeytyy ohutsuoletta eläimen käyttöön. PVT eli pötsin valkuaisarvo kuvaa pötsissä hajoavan valkuaisen riittävyyttä ja pötsin valkuaisenergia-suhdetta. (Alasuutari ym. 2010, 52—54.)

2.3 Lypsylehmien laatuvaatimukset säilörehun kemialliselle koostumukselle

Ruokinnassa käytettävät rehut voidaan jakaa karkea- ja väkirehuihin. Karkearehut ovat tärkeitä ruokinnassa, koska ne sisältävät kuitua, jota lehmän pötsi tarvitsee toimiakseen oikein. Pötsin mikrobit tarvitsevat kuitua energian tuotantoon. Lypsylehmän tulisi saada noin puolet energiastaan säilörehusta. Siksi nurmisäilörehun hyvä ruokinnallinen arvo on tärkeä osa ruokintaa. Ruokintasuunnitelman pohjana on säilörehuanalyysi ja koko ruokinta perustuu käytössä olevien rehujen todellisiin analyysituloksiin. Rehujen vertailussa tulisi aina käyttää kuiva-aineesta laskettuja arvoja. (Alasuutari ym. 2010, 61, 52.)

Rehun sulavuus kuvaa sitä, kuinka paljon ravintoaineita eläin voi saada käyttöönsä rehusta. D-arvo tarkoittaa sulavan orgaanisen aineen määrää rehun kuiva-aineesta ja

sen yksikkö on g/kg ka. Korkeatuottoisella lypsylehmällä rehun täytyy olla mahdollisimman sulavaa ja syöntimäärän suuri. Hyvin sulavan säilörehun D-arvo on välillä 680—700 g/kg ka. D-arvo on rehun tärkein laadun mittari, joka riippuu kasvien kehitysteestä, joka puolestaan määrää korjuuajankohdan. Säilörehun ravitsemukselliseen laatuun vaikuttavat korjatun kasvimassan koostumus ja rehussa tapahtuneet säilöntäprosessit. D-arvosta lasketaan rehun energia-arvo (ME), jonka tavoite on 10,9—11,2 MJ/kg ka. OIV- ja PVT-arvon laskentaan käytetään D-arvon lisäksi raakavalkuaispitoisuutta. Raakavalkuais määrän tavoite on 140—170 g/kg ka ja siihen vaikuttavat typpilannoitus, kasvuston korjuuajankohta ja kasvilaji. OIV-arvon tavoite on 71—88 g/kg ka ja PVT-arvon 14—46 g/kg ka. Syönti-indeksiä käytetään vapaassa ruokinnassa kuvaamaan rehun tuotantoarvoa ja syöntipotentiaalia. Se lasketaan rehun käymisasteesta, laadusta ja sulavuudesta. (Alasuutari ym. 2010, 53, 85—86.)

Kasvit sisältävät sulavia ja sulamattomia kuituja (NDF), sulavaa solunsisällyksainetta ja tuhkaa. Ruokinnassa on tärkeää huomioida, että eläimet saavat myös riittävästi kuitua. Kokonaiskuidun määrän tavoite on 500—600 g/kg ka. NDF-kuidun osuus koko rehuannoksen kuiva-aineesta tulisi olla vähintään 35 %, josta 25 % tulisi olla nurmirehuista. Kuitupitoiset rehut ovat täyttäviä ja voivat vähentää eläimen syöntiä ja energiansaannin kautta maitotuotosta. (Alasuutari ym. 2010, 81—82, 85—86.)

2.4 Hyvän säilörehun säilönnällinen laatu

Lypsylehmille halutaan syöttää mahdollisimman hyvälaatuista säilörehua. Hyvälaatuista säilörehua saadaan ilmatiiviistä siilosta, jossa maitohappokäyminen on onnistunut ja rehun pH on laskenut säilönnän aikana riittävän alas. Nurmirehua syövän eläimen vaatimuksien lisäksi on tärkeä huomioida rehun soveltuvuus tilan ruokintajärjestelmiin ja käytäntöihin. (Alasuutari ym. 2010, 67.)

Rehun kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa rehun säilönnän onnistumiseen. Liian kosteassa rehussa virhekäymisriski on suurempi ja liian kuivassa rehussa homehtumis- ja lämpenemisriski on korkeampi kuin esimerkiksi esikuivatulla säilörehulla, jonka kuiva-ainepitoisuus on 250—350 g/kg. (Alasuutari ym. 2010, 84—85.)

Säilörehuanalyysistä saadaan tietoon rehun käymislaatu, koostumus ja rehuarvot (ks. taulukko 1). Rehun pH:n tulee olla alle 4,5. Säilörehun pähäpöjät ovat maito- ja muurahaishappo, joista maitohappo on maitohappobakteerien käymistuote ja muurahaishappo tulee säilörehuun säilöntäaineesta. Näiden happojen sopiva yhteismäärä rehussa on 35—80 g/kg ka. Rehun maittavuutta ja valkuaisarvoa vähentävät liian suuri maito-, muurahaishappo-, etikka- ja voihiappojen määrä. Haihtuvien rasvahappojen eli etikka- ja voihiappomäärän tulisi olla alle 20 g/kg ka. Rehun virheikäymisessä syntyneitä ammoniakkia kuvaa ammoniakkiluku. Virheikäymisessä rehun valkuainen hajoaa ja syntyy ammoniakkia, mikä vähentää rehun laatua ja sitä kautta eläimen syöntiä ja tuotosta. Ammoniakkiluvun tulisi olla alle 70 g/kg N. Rehun valkuaisen laatua kuvaa myös liukoisen tyypin määrä, jonka tulisi olla alle 500 g/kg N. Säilörehussa oleva sokerin määrä kuvaa säilönnän voimakkuutta, liian matala sokerimäärä voi viitata rehussa tapahtuneeseen virheikäymiseen. Rehun sopiva sokerimäärä on 50—150 g/kg ka. Säilörehuanalyysissä säilörehulle annetaan laatuarvosana, joka lasketaan rehun kuiva-ainepitoisuudesta, pH:sta, ammoniakkipitoisuudesta ja haihtuvista rasvahapoista. Laatuarvosana (4—10) kuvaa säilönnän onnistumista. (Alasuutari ym. 2010, 84—85.) Säilörehun säilöntää käsitellään lisää luvussa 5.

TAULUKKO 1. Yhteenveto säilörehun rehuarvoista, kemiallisesta koostumuksesta ja käymisen laatueroista

<i>Rehuarvot</i>	<i>Kem. koostumus</i>	<i>Käymislaatu</i>
Muuntokelpoinen energia, ME (ent. ry-arvo)	Kuiva-ainepitoisuus	pH
OIV-arvo	Raakavalkuainen	Ammoniakkiluku
PVT-arvo	NDF, kuitu	Liukoinen tyyppi
Syönti-indeksi	D-arvo	Maito- ja muurahaishappo
ME-indeksi	Kivennäiset ja hivenaineet	Haihtuvat rasvahapot, VFA
		Sokeripitoisuus

3 KIVENNÄISET JA NIIDEN RUOKINTASUOSITUKSET LYPSYLEHMILLÄ

3.1 Rehujen kivennäiset

Rehun elottomaan eli epäorgaaniseen osaan kuuluu tuhka, joka koostuu makrokivennäisistä ja mikrokivennäisistä eli hivenaineista. Kivennäisiä ovat kalsium (Ca), fos-

fori (P), kalium (K), magnesium (Mg), natrium (Na), kloori (Cl) ja rikki (S), joista kalsium, fosfori, natrium ja magnesium ovat tärkeimmät nautojen ruokinnassa. Hivenaineita ovat rauta (Fe), kupari (Cu), sinkki (Zn), jodi (I), koboltti (Co), seleeni (Se), molybdeeni (Mo), fluori (F) ja mangaani (Mn), joita lehmä tarvitsee suhteessa vähemmän kuin kivennäisaineita. (Lypsylehmän ruokinta 2006, 40, 42; Alasuutari ym. 2010, 55—56.)

3.2 Lypsylehmien kivennäisruokinta

Lypsylehmien ruokinta suunnitellaan ruokintasuosituksien ja käytössä olevien rehujen pohjalta. Koska kotoisten karkearehujen sisältämät kivennäispitoisuudet vaihtelevat paljon eri tilojen ja alueiden välillä, kannattaa kotoisten rehujen kivennäispitoisuudet analysoida ennen ruokintaa. Syötettävän rehun koostumus on tunnettava, jotta voidaan suunnitella kivennäisruokinta oikein. Nautojen ruokinnassa tärkeimmät kivennäiset ovat kalsium, fosfori, natrium ja magnesium, joiden saanti pyritään optimoimaan. Kationi-anioni-tasapainoa (KAT) on yhteydessä poikimahalvaukseen ja sen laskennassa huomioidaan myös kalium. Eläinten lääkintä ja hoito –käsikirja eläintenhoitajille (2009, 87) mukaan oikea kivennäistasapaino on tärkein tekijä poikimahalvauksen ennaltaehkäisyssä. Tärkeimpiä seurattavia kivennäistasapainosuhteita ovat kalsiumin ja fosforin (Ca:P) sekä natriumin ja kaliumin (Na:K) suhteet. Yleensä hivenaineista tulee ongelma vain silloin, kun niistä on puutetta. (Lypsylehmän ruokinta 2006, 40, 62.)

Kalsium ja fosfori

Kalsium on määrällisesti suurin kivennäinen, jota lehmä tarvitsee. Se on päätekijä maidon tuotannossa. Jos eläin ei saa riittävästi kalsiumia, se luonnostaan pienentää tuotosta. Ternimaito sisältää paljon kalsiumia ja poikimisen jälkeen lehmän kalsiumin tarve nousee, kun maidontuotanto lähtee nousuun. Kalsium toimii hermoimpulssien välittämisessä, lihaksistossa, solukalvoilla ja aineenvaihdunnassa. Liika kalsium voi heikentää muiden kivennäisten imeytymistä. (Lypsylehmän ruokinta 2006, 42—43.)

Fosfori on toiseksi tärkein kivennäisaine ja sitä on eniten naudän luustossa. Fosforin puute vähentää rehun syömistä ja alentaa maidontuotosta. Elimistössä fosfori toimii valkuaisainesynteesissä, energian siirrossa ja varastoinnissa, kudostenesteiden os-

moottisen paineen ja happoemästasapainon säätelyssä. (Lypsylehmän ruokinta 2006, 42—43.)

Kalsiumin ja fosforin suhde on tärkeä rehustuksessa, jotta molemmat kivennäiset saadaan hyödynnettyä ja aineenvaihdunta toimimaan. Keskimäärin sopiva Ca:P –suhde on 1,5:1. (Lypsylehmän ruokinta 2006, 43.) Gillespien (1995, 751) mukaan sopiva kalsium-fosfori –suhde lypsylehmien ruokinnassa liikkuu välillä 1,2:1 ja 2:1. Näiden kivennäisten suhde voi olla sama ummessaolokaudella, mutta annosmäärät ovat pienempiä. (Gillespie 1995, 758.) Jos ummessaoloaikana kalsiumia annetaan liikaa, voi kalsiumin aineenvaihdunta heikentyä ja johtaa poikimahalvaukseen. (Lypsylehmän ruokinta 2006, 43.)

Natrium, kalium ja magnesium

Natriumilla on tärkeä rooli elimistön osmoottisen paineen, happoemästasapainon ja vesiaineenvaihdunnan säätelyssä. Natriumin puute on kivennäispuutoksista kaikkein yleisin ja sitä voi lisätä liian suuri kaliumin saanti. Tuotoskaudella natriumin puute voi heikentää lehmän tuotosta, ruokahalua, valkuaisen ja energian hyväksikäyttöä sekä hedelmällisyyttä. Kalium toimii elimistössä kudosten ja kudostenesteiden osmoottisen paineen ja solukalvojen läpäisevyyden säätelyssä. Suositukset kaliumin ja natriumin suhteelle vaihtelevat välillä 6:1 ja 20:1. Yleensä yli 20-kertainen kaliumin saanti aiheuttaa ongelmia natriumin käyttöön. Kaliumin määrä voi helposti nousta korkealle esikuivatussa säilörehussa, koska kalium ei poistu puristenesteen mukana. Silloin kaliumin saanti voi olla jopa kolmin- tai nelinkertainen lehmän tarpeeseen nähden. Natriumia voi helposti lisätä ruokintaan ruokasuolana. (Lypsylehmän ruokinta 2006, 42—43, 62.)

Lehmä tarvitsee jatkuvasti magnesiumia ja sitä poistuu elimistöstä maidon, ulosteen, virtsan ja syljen mukana. Lehmän elimistön magnesiumista on 70 % luustossa ja loput pehmytkudoksissa. Magnesiumista 90 % imeytyy eläimen elimistöön pötsistä kalsiumin kanssa. Magnesiumin imeytymistä häiritsee pötsin korkea ammoniakkimäärä ja kalium, joten liika kalium ei ole hyväksi ruokinnassa. Kalium estää magnesiumin imeytymistä muuttamalla soluseinämän potentiaalia. (Pyörälä & Tiihonen 2005, 1—2; Lypsylehmän ruokinta 2006, 56—57.)

3.3 Magnesiumin ja muiden kivennäisten ruokintasuositukset

MTT:n ylläpitämällä Rehutaulukot-sivustolla

(<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot>) löytyvät tuoreimmat rehutaulukot ja kotieläimien ruokintasuositukset. Lypsylehmien kivennäisruokintasuositukset (n.d.) on annettu lypsylehmän tuotoksen mukaan (ks. kuvio 1). Magnesiumin ruokintasuositukset ovat pienempiä sisäruokinta- kuin laidunkaudelle. Laidunruokintakaudelle suositellaan magnesiumia annettavaksi noin kolmannes enemmän kuin sisäruokintakaudella (ks. kuvio 1). Laidunhalvauksen estämiseksi voi magnesiumin määrää nostaa normaalista laidunruokintakauden määrästä 20–30 g/päivä ensimmäisille laidunviikoille. Pyörälä ja Tiuhonen (2005, 4) neuvovat aloittamaan tehostetun magnesiumruokinnan jo 2–4 viikkoa ennen laidunnuksen aloitusta ja jatkamaan magnesiumkivennäisen antamista laidunkauden aikana. Tauriaisen ja Sipilän (2006, 2) mukaan magnesiumtäydennystä tarvitaan sisäruokintakaudella silloin, kun rehun kuiva-aineesta yli 30 grammaa on kaliumia.

Suosituksia laadittu lehmälle, jonka elopaino on 550 kg.

Tuotos kg	Kalsium	Fosfori	Mg sisär.	Mg laidun 3)	Natrium	Kalium
			g/pv			
0	40 1)	21 2)	14	18	12	68
10	48	28	16	21	17	80
20	76	48	23	30	24	95
30	104	67	29	39	31	109
40	132	87	36	47	38	123
50	160	106	43	56	45	138
60	188	126	49	65	52	152

1) Tiineille hiehoille 10 % lisää 8. ja 9. tiineyskuukauden aikana

2) Vastaa 9. tiineyskuukauden tarvetta

3) Laidunhalvauksen estämiseksi voidaan 3-4 ensimmäisen laidunviikon aikana antaa ylimääräinen Mg-lisä (20-30 g/pv)

Muokattu lähteestä: Lypsylehmien kivennäisruokinta n.d.

KUVIO 1. Lypsylehmien kivennäisruokintasuosituksista näkee magnesiumin ruokintasuositukset eri ruokintakausille.

Magnesiumin puute voi aiheuttaa laidunkouristuksen. Magnesiumin imeytymistä heikentää eniten kalium. (Lypsylehmän ruokinta 2006, 58). Lehmä tarvitsee päivässä 2 g magnesiumia. Liian korkea K/(Ca+Mg)-suhde aiheuttaa ongelmia magnesiumin imeytymisessä. Kaliumin suhde kalsiumin ja magnesiumin yhteismäärän ei tule olla yli 2,2. Rehussa kaliumia ei tule olla yli 22 g kuiva-ainekiloa kohti. (Pyörälä & Tiipponen 2005, 1–2.)

4 KIVENNÄISTASAPAINO JA HALVAANTUMISRISKI

4.1 Poikimahalvauksien hoitomäärät

Vuonna 2009 terveystarkkailutilojen lehmistä 4,10 % oli hoidettu poikimahalvauksen takia. Poikimahalvaushoitojen osuus oli 7,74 % kaikista tiloilla tehdyistä hoidoista. (Faba 2009b.) Hoitomäärät vaihtelevat jonkin verran sekä lehmän tuotosvaiheen että ProAgria keskuksien mukaan. Poikimahalvauksien määrä on hieman vähentynyt vuodesta 2008 (Faba 2009a). Faban Internet-sivuilta löytyy myös muiden aineenvaihduntasairauksien kuten hypomagnesemian ja laidunhalvauksien hoitomäärät roduittain.

4.2 Poikimahalvaus

Poikimahalvaus eli navettatetania on sairaus, jonka aiheuttaa häiriö kalsiumin aineenvaihdunnassa. Lehmä voi sairastua siihen vuorokauden sisällä poikimisesta tai korkeintaan muutaman päivän päästä. Jos veren kalsiumtaso laskee niin alas, että lehmän lihasten toiminta lamaantuu, se voi lopettaa syömisen eikä myöhemmin pääse ylös. (Lypsylehmän ruokinta 2006, 109). Oikarisen (2002) mukaan poikimahalvauksen sairastuneen lehmän tuotoskausi jää heikommaksi kuin terveellä lehmällä ja riski sairastua muihin tauteihin kasvaa. Hyväkuntoinen lehmä välttyy parhaiten poikimahalvaukselta.

Poikimahalvauksen ennaltaehkäisy

Rehun kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudella on merkitystä poikimahalvauksen ennaltaehkäisyssä. Lypsylehmän ummessaolokaudella magnesiumin puute ja kalsiumin ylimäärä rehussa lisäävät sairastumisriskiä. (Oikarinen 2002.) Myös Eläinten lääkintä ja hoito -käsikirja eläintenhoitajille (2009, 86) mukaan runsas kalsiumin,

fosforin ja kaliumin saanti ummessaolokaudella altistavat poikimahalvaukselle. Oikarisen (2002) mukaan hypomagnesemiasta eli magnesiumin puutteesta kärsivän lehmän kyky irrottaa kalsiumia luustosta on huonompi kuin lehmällä, jonka magnesiumtase on normaali. Rehusta saatu runsas kalsiumin määrä hidastaa kalsiumin irrotusta luustosta. Tätä mekanismia tarvitaan poikimisen jälkeen, kun lehmän kalsiumintarve kasvaa maidon tuotannon noustessa. (Oikarinen 2002.) Lehmän maidon kalsiumpitoisuus on vakio (Eläinten lääkintä ja hoito -käsikirja eläintenhoitajille 2009, 86). Lisäksi rehun korkea kaliumpitoisuus vähentää magnesiumin imeytyminen pötsistä ja sen hyväksikäyttöä. Suomalaisella, runsaasti säilörehua sisältävällä rehustuksella, on vaikea toteuttaa matala kaliumista ja kalsiumista ruokintaa. Pihatoissa tulisi ummessaolevat ja tunnutettavat lehmät erotella lypsävien lehmien joukosta. (Oikarinen 2002; Eläinten lääkintä ja hoito –käsikirja eläintenhoitajille 2009, 86.)

4.3 Hypomagnesemia

Hypomagnesemiaa eli magnesiumin puutetta tavataan sekä itsenäisenä sairautena että poikimahalvauksen ja indigestion yhteydessä. Navetta- ja laidunhalvaus johtuvat hypomagnesemiasta, joka voi esiintyä joko kliinisenä tai subkliinisenä muotona. Subkliinisesti hypomagnesemiaa sairastava lehmä sairastuu vasta, kun se pääsee laitumelle. Laiduntetaniaa ilmenee eniten laidunkauden ensimmäisellä viikolla. Hypomagnesemiaan sairastuu yleensä vanhempi vastapoikinut korkeatuotoksinen lehmä. Myös navettatetania voi olla subkliininen ja sitä voi esiintyä sisäruokintakaudella. Hypomagnesemiaa sairastavista lehmistä 80 %:lla on myös hypokalsemia. Alhainen magnesiumin määrä ruokinnassa voi aiheuttaa kalsiumin määrän laskun ja tätä kautta kliinisen magnesiumin puutteen. (Pyörälä & Tiihonen 2005, 1–2.)

4.4 Laidunhalvaus ja sen ennaltaehkäisy

Laidunhalvauksen eli laiduntetanian oireet alkavat nopeasti, lehmä horjuu, kaatuu ja rupeaa kouristelemaan. Kuolema voi seurata jopa tunnin sisällä. Lievemmassä taudinkuvassa lehmä ei pääse ylös ja sillä on yleensä kylmä hiki. (Pyörälä & Tiihonen 2005, 3.) Tällöin laidunruohossa ei ole riittävästi natriumia, mutta kaliumia on ylimäärä. Laidunruohon magnesiumpitoisuus on matala koko kesän ajan, mutta alkukesästä sillä on korkea valkuais- ja kaliumpitoisuus, joka pahentaa tilannetta. (Lypsy-

lehmän ruokinta 2006, 72.) Laiduntaminen on aloitettava varovasti ja lehmille olisi hyvä antaa kuivaa heinää ennen ulos laskemista. Karjan tehostettu magnesiumruokinta aloitetaan jo 2—4 viikkoa ennen laitumelle laskua ja magnesiumkivennäistä on annettava koko laidunkauden ajan. (Pyörälä & Tiihonen 2005, 4.)

5 SÄILÖREHUN SÄILÖNTÄ

5.1 Säilöntämenetelmät

Rehun säilöntään voidaan käyttää muurahaishappoa, bakteeriymppejä tai entsyymejä. Moisio ja Heikkonen (1992, 147—148) painottavat usein AIV-menetelmän etuja ja toimivuutta. Tärkeintä AIV-menetelmässä on riittävä hapon käyttö. Toisekseen huolellisesti korjatusta puhtaasta nurmesta ja hyvin tiivistetystä ja suljetusta siilosta saadaan onnistuneet säilörehut. Bakteeriymppejä ja entsyymisäilöntää ei käsitellä tässä työssä.

5.2 Säilörehun säilöntäprosessi

Säilörehun säilyminen perustuu rehun happamuuteen ja hapettomiin eli anaerobisiin olosuhteisiin. Rehun säilöntäprosessi voidaan jakaa kahteen osaan, aerobiseen eli hapelliseen ja anaerobiseen käymiseen. (Sipilä & Saarisalo 2006, 1.)

5.3 Säilönnän aerobinen vaihe

Säilönnän ensimmäisessä vaiheessa kasvien entsyymit käyttävät rehuun ja siiloon jäänyttä happea soluhengitykseen. Kasvien entsyymit ja eri mikrobit polttavat vesiliukoisia hiilihydraatteja eli sokereita hiilidioksidiksi. Nämä prosessit aiheuttavat rehun lämpenemistä. (Sipilä & Saarisalo 2006, 1). Hyvin suljetun ja tiivistetyn siilon tarkoitus on estää hapen pääsy siiloon ja estää hapen kiertäminen säilönnän aikana (McDonald, Henderson & Heron 1991, 11). Kun rehussa on vähän happea, sokeria käyttävät ja lämpöä tuottavat reaktiot eivät kestä kauan. Rehun sokerin käyttö jatkuu niin kauan kunnes rehussa oleva happi loppuu. Mahdollisimman lyhyt aerobinen vaihe säästää rehua kuumenemisen aiheuttamilta vahingoilta. (Sipilä & Saarisalo 2006, 1.)

Säilörehu ja happi

Säilörehu on kosketuksissa hapen kanssa neljässä eri vaiheessa: pellolla sekä avoimessa, suljetussa ja avatussa siilossa. Happi pakkautuu rehuun siiloa täytettäessä ja tiivistettäessä. Siilon nopea täyttäminen rehulla ja sulkeminen on tärkeää. Jos siilon sulkeminen viivästyy, lisääntyy liukoisten hiilihydraattien hapettuminen ja säilöntälaatu heikkenee. Tätä kautta myös säilöntähävikit lisääntyvät. Siilon sulkemisen jälkeen kaasujen vaihto säilönnän aikana vähenee, jos silpun pituutta lyhennetään. Lyhyemmäksi silputtu rehu saadaan tiivistettyä paremmin, mikä estää kaasujen liikkuamisen rehussa ja parantaa rehun säilyvyyttä sekä pienentää säilöntähävikkiä. Pitkittynyt rehun hapettuminen lisää jäterehun määrää, koska aerobiset bakteerit, hiivat ja homeet viihtyvät siinä. (McDonald ym. 1991, 245—247.)

5.4 Säilönnän anaerobinen vaihe

Rehun säilönnän anaerobinen vaihe alkaa, kun rehusta loppuu happi. Anaerobiset bakteerit, kuten laktobasillit eli maitohappobakteerit, aloittavat kasvun ja tuottavat käymisreaktiolla kasvimateriaaleista maitohappoa rehuun. Maitohappo alentaa rehun pH:ta niin kauan kunnes se saavuttaa optimiarvon (pH 3,8—4). (Sipilä & Saarisalo 2006, 1.) Säilörehuprosessi perustuu maitohappokäymiseen. Jos säilöntä onnistuu, niin maitohappobakteerit ottavat vallan käymisprosessista muutaman päivän sisällä. Maitohappobakteeri viihtyy parhaiten matalassa pH:ssa, joka on epäedullinen muille bakteereille. Tämän takia rehun nopea happamuuden laskeminen on tärkeää säilönnän onnistumiseksi. (McDonald ym. 1991, 81.) Moision ja Heikkosen (1992, 54) mukaan korjatussa ruohossa on aina maitohappobakteereja. Bakteerien määrä kasvustossa vaihtelee, ja McDonald ja muut (1991, 81) viittaavat useisiin tutkimuksiin, joissa kerrotaan bakteerien viihtyvän paremmin kasvien lehdillä kuin varrella.

Haitalliset mikrobit

Klostridian ja enterobakteerien toimintaa halutaan rajoittaa edistämällä maitohappokäymistä. Klostridia ja enterobakteerit käyttävät rehun liukoisia hiilihydraatteja, maitohappoa ja proteiineja niiden omiin voi happokäymisreaktioihin. Klostridia tulee rehuun itiömuodossa rehun mukana ja tuottaa lisääntyessään voi happoa. Enterobakteerit taas hapettavat rehun sokereita etikkahapoksi. Molemmat sekä klostridia että enterobakteerit muuttavat rehun aminohappoja sellaiseen muotoon, että niiden

ravitsemuksellinen arvo laskee. Säilörehussa voi myös olla hiivoja, homeita, kolibakteereja, basilleja ja propionihappoa tuottavia bakteereja, jotka käyttävät rehun kasvisokereita energialähteenään ja muuntavat proteiineja aminohapoiksi, amiineiksi ja ammoniakiksi käymisreaktioissa. (McDonald ym. 1991, 12; Sipilä & Saarisalo 2006, 1.)

5.5 Säilöreusiilon vakiintunut vaihe ja siilon avaaminen

Onnistuneessa säilörehussa, kun käymisvaihe päättyy, rehu siirtyy vakiintuneeseen vaiheeseen, jolloin siinä ei tapahdu mitään. Epäonnistuneessa säilörehussa mikrobit jatkavat virhekäymistä ja pilaavat rehun. Siilon avaamisen jälkeen alkaa rehussa taas aerobinen vaihe, kun se pääsee kosketukseen hapen kanssa. Rehussa olevat haitalliset mikro-organismit kuten hiivat ja etikkahappobakteerit kuluttavat rehun happoja ja nostavat rehun pH:ta ja lämpötilaa. Pilaantuminen riippuu mikrobien määrästä ja rehun ominaisuuksista. (Sipilä & Jaakkola 2006, 1.)

6 SÄILÖREHUN SÄILÖNTÄ PERUSTUU HAPPAMUUTEEN

6.1 Säilörehun happamuus

Sipilän (2006, 1) mukaan säilörehun pH-tavoite on 3,8–4,0. Sipilä ja Saarisalo (2006, 1) kuitenkin lisäävät, että esikuivatun säilörehun pH-arvo voi olla korkeampi, koska korkeampi kuiva-ainepitoisuus estää anaerobisten mikrobien toimintaa. Artturi-verkkopalvelun (n.d.) suositus tuorerehun pH-arvoksi on 3,7–4,0. Esikuivatussa säilörehussa, jonka kuiva-ainepitoisuus on 250–350 g/kg ka, voi pH-arvo olla korkeampi noin 4,1–4,3 (Artturi-verkkopalvelu n.d.). Rehun happamuus saadaan laskemaan tavoite-pH:hon nurmen pH 6–7:stä maitohappokäymisessä syntyneellä maitohapolla tai lisäämällä säilöntähappoa. Rehun happamuuden tarkoitus on estää rehua pilaavien bakteerien toiminta. (Sipilä 2006, 1.)

6.2 Happojen ja emästen kemia lyhyesti

Hapot pystyvät luovuttamaan protonin eli vetyionin ja emäkset pystyvät vastaanottamaan vetyioneja. Vetyioni liittyy veteen (H_2O) ja muodostaa oksoniumionin (H_3O^+). Kun emäs vastaanottaa vetyionin, syntyy veteen hydroksyyli-ioni (OH^-). Aine, joka voi ottaa vastaan ja luovuttaa vetyionin, on amfolyytti. Aminohapot ovat rehukemiassa

tärkeitä, koska ne ovat amfolyyttejä. Jos liuoksessa on enemmän vetyioneja kuin hydroksyyli-ioneja, liuos on hapan. Päinvastaisessa tapauksessa liuos on emäksinen. pH-asteikko on logaritminen ja se lasketaan liuoksen vetyionipitoisuudesta. Neutraalin liuoksen pH-arvo on seitsemän. Happaman liuoksen pH on pienempi kuin seitsemän ja emäksisen suurempi kuin seitsemän. (Moisio & Heikkonen 1992, 37—38.)

Happoja ja emäksiä on eri vahvuisia. Vahvat hapot luovuttavat kaikissa olosuhteissa vetyioninsa liuokseen. Heikot hapot ionisoituvat vain osittain ja sitä pienempi osa, mitä happamampi liuos on. Heikkojen ja vahvojen happojen ero ei kuitenkaan ole selvä. Hapon vahvuutta eli ionisoitumiskykyä kuvataan hapon pK-arvolla. Hapon pK-arvo on siinä pisteessä, jossa puolet haposta neutraloituu, kun liuokseen lisätään emästä. Muurahaishapon pK-arvo on 3,7 ja maitohapon pK-arvo on 3,8 ja ne kuuluvat hyvän rehun pH-alueelle. Rehuissa voidaan olettaa, että emäkset, kuten ammoniakki, ovat täysin ionisoituneita. (Moisio & Heikkonen 1992, 38—40.)

Kun happoa, kuten maitohappoa, titrataan emäksellä, se vastustaa pH:n muutosta omalla pK-alueellaan. Kun emästä lisätään tarpeeksi, pH luku lopulta nousee. Tätä pH-muutoksen vastustusta kutsutaan puskurikapasiteetiksi. Puskurikapasiteetti on suurimmillaan hapon pK-arvon kohdalla. Puskurikapasiteetti johtuu hapon kyvystä ottaa vastaan ja luovuttaa vetyioneja. Emäkset toimivat samalla tavalla, mutta omassa pK-ympäristössä. Rehusta tulee pH-puskuri, kun siihen lisätään happoa. Ruohon hapotukseen käytettävä AIV-happo sisältää heikkoa muurahaishappoa. AIV-happo ei alenna rehun pH:ta suoraan tavoitteeseen, vaan maitohappokäyminen hoitaa hapatuksen. (Moisio & Heikkonen 1992, 41–42, 53—54.)

Säilörehun pH määräytyy rehun happojen ja emästen välisen tasapainon perusteella. Suurin osa rehun hapoista on maitohappoa ja muurahaishappoa. Koska niiden pK-arvot ovat niin lähellä toisiaan, ei niitä voida erotella säilörehunäytteestä ja niiden tulos ilmoitetaan yhdessä. Ammoniakki, amiinit ja aminohappojen amiiniryhmät ovat säilörehun emäksiä ja niiden pK-arvo liikkuu alueella 9—11. Valkuaisten hajoaminen voi lisätä emästen määrää. (Moisio & Heikkonen 1992, 45, 52—53.)

6.3 Kasvien puskurikyky

Kasvin puskurikyky eli puskurikapasiteetti kuvaa sen kykyä vastustaa pH:n muutosta ja pH:n laskua estävien ainesosien eli anionien määrää. Nurmikasvien puskurikapasiteetti on pienempi kuin palkokasvien ja voikukan (ks. taulukko 2). (Nurmirehujen tuotanto ja käyttö 2010, 90; McDonald 1991, 32.) Puskurikapasiteetin yksikkö, mekv/kg ka, kuvaa sitä montako milliekvivalenttia (mekv) alkalia tarvitaan muuttamaan yhden kilogramman kuiva-ainemäärä pH 4:stä 6:een (McDonald ym. 1991, 32).

TAULUKKO 2. Kasvien puskurikapasiteetteja, mekv/kg ka

Kasvi	Vaihteluväli	Keskiarvo
Timotei (<i>Pleum pratense</i>)	188-342	265
Koiranheinä (<i>Dactylis glomerata</i>)	247-424	335
Italianraiheinä (<i>Lolium multiflorum</i>)	265-589	366
Englanninraiheinä (<i>Lolium perenne</i>)	257-558	380
Puna-apila (<i>Trifolium pratense</i>)	-	350
Valkoapila (<i>Trifolium repens</i>)	-	512
Voikukka (<i>Taraxacum officinale</i>) Kehitysstaste V (siemenien irtoaminen) Kevätsato		654*
Voikukka (<i>Taraxacum officinale</i>) Kehitysstaste I (vegetatiivinen kasvu) Kesätsato		632*

(McDonald ym. 1991, 31.)

* Muunnettu Isselsteinin ja Danielin (1996, 451) tuloksista, jossa yksikkönä on käytetty grammaa maitohappoa/kg ka.

Kasvin korkea puskurikapasiteetti vaatii enemmän maitohappokäymistä, jotta rehus-ta tulee laadukasta. Vaikka rehun korkeampi puskurikapasiteetti vaatii enemmän maitohappoa rehun säilymiseen, eivät Moisio ja Heikkonen (1992, 135) kuitenkaan suosittele säilöntäainemäärän lisäämistä. Säilöntäainetta voidaan annostella aina saman verran rehutonna kohti. Vaikka rehun puskurikapasiteetti vaihtelee, niin mai-

tohappokäyminen joka tapauksessa laskee rehun pH:n riittävän alas. Ruohon puskurikapasiteettia ei voida rehua tehdessä arvioida, jotta voitaisiin annostella AIV-liuosta sen mukaan. Rehun säilönnässä ei kuitenkaan voida luottaa pelkästään ruohon sisältämän maitohappobakteerien hapatuskykyyn, vaan on käytettävä AIV-liuosta. Jos ruohon puskurikapasiteetti sattuu olemaan normaalia suurempi eikä käytetä säilöntäainetta, pH jää liian korkeaksi. Ruohon poikkeuksellisen suuri puskurikapasiteetti voi johtua esimerkiksi haitallisen suuresta kaliumpitoisuudesta. (Moisio & Heikkinen 1992, 119, 126, 135.)

7 SÄILÖREHUHÄVIKIT

7.1 Kuiva-aine- ja energiahävikki

Rehussa tapahtuu kuiva-aine- ja energiahävikkiä kasvin korjuun ja säilörehun ruokinnan välillä. Kuiva-aine- ja energiahävikin määriin vaikuttavat säilöttävä kasvi ja sen kuiva-ainepitoisuus, korjuuolosuhteet ja -menetelmät sekä siilon täyttöön, tiivistämiseen ja sulkemiseen liittyvät menetelmät. Rehun säilöntähävikkiä aiheuttavat kasvientsyymien soluhengitys, joka alkaa pellolla kasvin niitosta ja jatkuu siilossa niin kauan kuin happea riittää. Rehun säilöntähävikkiä aiheuttavat mikrobiologiset ja aerobiset käymisreaktiot sekä virhekäyminen rehun säilönnän aikana ja siilon avaamisen jälkeen. Puhtaassa maitohappokäymisessä syntyy kaasuna pelkästään hiilidioksidia (CO₂). Klostridian ja enterobakteerien virhekäymisessä syntyy hiilidioksidin lisäksi typpikaasua (H₂). Säilönnän aikana tapahtunut kaasun muodostus on niin sanottua näkymätöntä hävikkiä. Rehun lämpötilan nousu kiihdyttää rehussa tapahtuvaa soluhengitystä ja sade lisää mikrobien kasvua. Mekaanisen korjuun aiheuttamaa hävikkiä on vaikea arvioida, koska se on riippuvainen korjuutavoista ja -olosuhteista. Rehun kokonaishävikkiin lasketaan kaasu-, puristenestehävikit ja huonoksi mennyt rehu, jota ei voida syöttää eläimille. (McDonald ym. 1991, 238—240, 242.)

Ympäri maailmaa järjestetyissä säilörehukokeissa on mitattu ja arvioitu säilöntähävikkien määriä. Kuiva-ainehävikkimäärät voivat vaihdella jopa 0,8—71 % välillä, mutta hyvin hoidetuissa säilörehuissa niiden keskimääräiset luvut liikkuvat alle 20 %:ssa. Säilönnän energiahävikin on arvioitu olevan vähintään 7 % ja enimmillään jopa 40 %. Maitohappokäymisessä ei tapahdu energiahävikkiä, mutta kuiva-ainehävikki voi

vaihdella 0—33 % välillä, mutta toimii vain säilörehu-mallissa. Jos rehun käymistä hallitsevat klostridia tai enterobakteerit, jotka kuluttavat enemmän energiaa kuin maitohappobakteerit, nousee rehun kuiva-ainehävikki. Kokeet, joissa on vertailtu tuoreena korjattua ja esikuivattua säilörehua, on tuoreena korjatuissa rehuissa ollut pienempi kuiva-ainehävikki (24,7 %) kuin esikuivatuissa rehuissa (31,9 %). Pilaantunut pintarehu voi nostaa kuiva-ainehävikin 23 %:sta jopa 51 %:iin. Siilon avaamisen jälkeen rehun kuiva-ainehävikki lisääntyy. (McDonald ym. 1991, 237—241, 244, 246—247.)

7.2 Säilörehun puristeneste

Puristeneste on hapanta ja se sisältää etikkahapon lisäksi erilaisia typpiyhdisteitä, sokereita sekä tuhkaa. McDonaldin (1991, 172) mukaan puristenesteen määrään vaikuttaa eniten säilöttävän kasvin kuiva-ainepitoisuus. Mitä matalampi kasvin kuiva-ainepitoisuus on, sitä enemmän syntyy kuiva-ainehävikkiä puristenesteen kautta. Puristenesteen kuiva-ainepitoisuus vaihtelee säilönnän aikana 10—110 g/kg ka välillä. Sen kuiva-ainepitoisuus ja sokerien sekä proteiinien määrä nousee säilönnän edetessä. Säilörehusta syntyvän puristenesteen määrään vaikuttavat myös siilon koko ja malli, rehun tiiviys ja kasville tehdyt esikäsitteilyt. Kasvin murskaus tai silppuaminen lisäävät rehusta irtoavan puristenesteen määrää ja sen takia myös kuiva-ainehävikkiä. Myös säilöntäaineen käyttö lisää puristenesteen määrää. Säilörehusta irtoaa eniten puristenestettä säilönnän ensimmäisellä viikolla. (McDonald ym. 1991, 172—175.)

Puristeneste sisältää paljon kivennäisiä (ks. taulukko 3). Puristenesteen kuiva-aineesta on suurempi osa tuhkaa kuin tuoreessa rehuissa. McDonald (1991, 176) on päätellyt tästä, että säilörehun kuiva-aine sisältää vähemmän mineraaleja kuin tuoreen rehun kuiva-aine, koska ne poistuvat puristenesteen mukana. Mineraalien lisäksi puristeneste sisältää aminohappoja. Puristenesteen aminohapoista 40 % on alaninia, leusiinia, glutamiinihappoa ja asparagiinihappoa. (McDonald ym. 1991, 175—176.)

TAULUKKO 3. Puristenesteiden sisältämiä kivennäismääriä

<i>Aine</i>	<i>Puriste- nesteessä, g/litra</i>	<i>Tuoreessa rehussa, g/litra</i>	<i>Rehun kuiva- aineesta, g/kg</i>
Kuiva-aine	6,1-83,7	40,4	-
Tuhka	2,2-21,5	12,1	299
Kalium	0,9-8,5	3,5	86,1
Kalsium	0,2-3,6	1,25	30,9
Fosfori	0,06-0,72	0,32	7,9
Magnesium	0,05-0,57	0,26	6,4

Tiedot on laskettu yhdeksän eri tilan säilörehusiiloista. (McDonald ym. 1991, 175.)

Koska puristeneste sisältää paljon ravinteita, voivat bakteerit, sienet ja homeet aloittaa kasvun siinä jo muutamassa päivässä. Puristenesteen sisältämä biokemiallinen hapenkulutus (BOD) on erittäin korkea, 12 000—90 000 mg happea litraa kohti. Eläinlietteen BOD on välillä 5 000—35 000 mg O²/litra. Puristeneste voi olla jopa 200 kertaa saastuttavampaa kuin kotitalouksien jätevesi. Puristeneste sisältää yhtä paljon tyyppiä, mutta enemmän kaliumia ja fosforia kuin liete. Kun puristenestettä sekoitetaan lietteeseen, täytyy olla varovainen, koska ne voivat yhdessä tuottaa myrkyllistä ja syttyvää rikkihydroksidi-kaasua. (McDonald ym. 1991, 177—178.)

8 VOIKUKKA RIKKAKASVINA

8.1 *Taraxacum ssp.*

Suomessa voikukat muodostavat noin 500 pikkulajin ryhmän, jotka on vaikea tunnistaa toisistaan. Suurin osa voikukista lisääntyy suvuttomasti ja ne ovat tunnistettavissa vain kukinnan aikana. Lisäksi kasvupaikka ja ympäristö vaikuttavat paljon voikukan ulkoasuun. *Taraxacum officinale* on kollektiivinimitys voikukalle, mutta oikeampi tapa puhua voikukista on monikossa, *Taraxacum spp.* (Luontoportti 2010.) Voikukkiin liittyvissä julkaisuissa käytetään yleensä *T. officinale* -nimikettä, joka on Valliuksen (2010) mielestä harhaanjohtavaa, koska se viittaa vain yhteen lajikkeeseen. Hänen mielestään tässä asiayhteydessä voidaan kaikista *Taraxacum*-lajeista puhua yleisesti voikukkina, eikä esimerkiksi rikkavoikukkina.

Voikukka on maailman laajuisesti levinnyt ja yleinen rikkakasvi, joka on lähtöisin Euroasian alueelta (Stewart-Wade, Neumann, Collins & Boland 2002, 825). Suomessa

voikukka tunnetaan nurmiviljelyssä monivuotisena kestorikkakasvina (Nurmirehujen tuotanto ja käyttö 2010, 50; Erkamo 2001, 92). Kukinnan ja siementuotannon aikana voikukkaa voi sanoa esteettiseksi ongelmaksi nurmissa. Voikukka häiritsee nurmen tiheyttä ja kasvustojen yhtäläisyyttä ja se yleisesti vähentää viljelykasvien satoa. Voikukan korkea kosteuspitoisuus hidastaa heinän kuivumista ja tämän takia voikukkaa sisältävä nurmikasvusto vaatii pidemmän kuivatusajan kuin puhdas nurmikasvusto. Voikukan lehdet kuivuvat nopeammin kuin kukkavarret, mikä voi aiheuttaa kuiva-ainetappioita korjuun aikana. Voikukan siitepöly on allergisoivaa ja voi toimia joissain maissa isäntäkasvina joillekin tuholaisille ja taudeille. Suomessa ei tiettävästi ole tällaista ongelmaa. Biologisina torjujina voidaan pitää hyönteisiä, sieniä, lampaita ja vuohia. (Stewart-Wade ym. 2002, 825, 827–828.)

Voikukat ovat monivuotisia, maitiaisnesteisiä, vanallisia ruohoja, joilla on vahva pääjuuri (Retkeilykasvio 1998, 451). Ensimmäisenä kasvuvuotena se kasvattaa pelkän lehtiruusukkeen ja pääjuuren, joka seuraavina kukintavuosina voi kasvaa jopa puolen metrin syvyyteen (Piirainen 2004, 143). Pitkän pääjuuren ansiosta voikukka pääsee tunkeutumaan syvemmälle maan kosteuteen ja ravinteisiin kuin muut kasvit. Lisäksi se erittää ympäristöönsä etyleeni-hormoonia, joka hillitsee muiden lähellä kasvavien kasvien kasvua. (Stewart-Wade ym. 2002, 838.) Voikukka kukkii Etelä-Suomessa touko-kesäkuussa ja pohjoisessa myöhemmin (Erkamo 2001, 92).

Maassa on laaja voikukan siemenpankki ja siemenet voivat pysyä itämiskykyisinä muutaman vuoden (Stewart-Wade ym. 2002, 837). Lehmälle syötetyt rikkakasvit kiertävät siemenenä lannan mukana takaisin peltoon ja leviävät koko tilalle. Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa (Mt.Pleasant & Schlather 1994) oli tiloilta kerätyistä lantanäytteistä löydetty keskimäärin 75 000 eri rikkakasvien siementä tuhatta kiloa lantaa kohti. Lantanäytteistä 30 %:ssa oli ollut voikukan siemeniä. (Mt.Pleasant & Schlather 1994.)

Voikukan torjunnasta lyhyesti

Voikukan mekaaninen torjunta on vaikeaa sen syvän ja laajan juuriston takia. Lisäksi voikukan juuristolla on nopea uudistuskapasiteetti. Stewart-Wade ja muut (2002, 838) viittaavat useisiin tutkimuksiin, joissa oli tutkittu voikukan eripituisten juuren palojen kasvukykyä. Voikukan juuren palasen selviytymiseen vaikuttavat juuren palan

halkaisija ja pituus. Jopa kahden millimetrin pituinen juuren palanen voi elpyä, jos sen halkaisija on vähintään neljä millimetriä. Voikukan kemialliseen torjuntaan on olemassa useita eri valmisteita (Nurmirehujen tuotanto ja käyttö 2010, 50).

Rikkakasvien torjunta kannattaa tehdä nurmen perustamisvuonna. Heinän oras on hento eikä se pysty kilpailemaan rikkakasvien kanssa. Nurmen perustaminen suojaviljaan varjostaa kylvettyä heinää, mutta auttaa kilpailussa rikkakasveja vastaan. (Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita 2005, 63.) Tavallisesti puhdas nurmikasvusto kylvetään keskikesällä ensimmäisen sadonkorjuun jälkeen. Jos nurmikasvusto perustetaan keväällä ilman suojakasvia, jää kylvövuoden sato heikoksi ja rikkakasveista tulee ongelma etenkin, jos niiden torjunnasta ei ole huolehdittu. (Nurmirehujen tuotanto ja käyttö 2010, 44.)

Nurmen satovuonna ja satokauden aikana kannattaa kasvinsuojeluruiskutus tehdä vain erikoistapauksissa. Rehu- ja laidunnurmille ei suositella kemiallista torjuntaa, vaan rikkakasvit on pidettävä kurissa oikein ajoitetuilla niitoilla. Torjunta voidaan tehdä alkukesästä, kun rikkakasvit ovat ruusukevaiheessa ja rehevässä kasvussa. Laitumien puhdistusniitoissa täytyy olla ajoissa liikkeellä. Voikukka on yksi laitumien vitsauksista. Se on kookaskasvuinen ja levittäytyy helposti laidunalueelle syrjäyttäen nurmikasvit ja vähentäen laitumen tuottoa. (Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita 2005, 65.)

8.2 Voikukka nautojen ruokinnassa

Voikukka sisältää yhtä paljon proteiinia kuin valkoapila ja sitä pidetään varteenotettavana rehuna sen rasva- ja hiilihydraattipitoisuuksien takia. Voikukan lehdissä on paljon kuitua, kaliumia, rautaa, kalsiumia, fosforia ja lisäksi A- ja C-vitamiinia. Voikukan rasva-, proteiini- ja kivennäispitoisuus on riittävä nautojen ruokintaan. Kitkerän maun takia se ei välttämättä ole kaikille kotieläimille niin maittava. (Stewart-Wade ym. 2002, 830, 833.) Tauriaisen ja Ala-Kauppilän (2003, 25) mukaan nuoremmat voikukan lehdet kelpaavat hyvin syötäviksi, mutta erilaisten lehtien välillä on eroja. Loivasti sahalaitaiset voikukan lehdet eivät ole maultaan yhtä kitkeriä kuin voimakkaasti sahalaitaiset terälehdet. Stewart-Wade ja muut (2002, 841) viittaavat Jacksonin (1982) tutkimukseen, jossa voikukkaa kehitettiin hyväksi laidunrehuksi lypsykarjalle ja

parantavan maidon tuotosta ja laatua. Jeangros, Schubiger, Daccord, Arrigo, Scehovic ja Lehmann (2002, 128) ovat kokeissaan todenneet, että voikukan sulavuus tippuu vasta viimeisillä kehitysasteilla. Voikukan orgaanisen aineen sulavuus on ollut keskimäärin 81,8 %, vaikka kasvukierrot ja kasvupaikan korkeudet merenpinnasta ovat vaihdelleet. (Jeangros ym. 2002, 128—129.)

Sitä, kuinka hyvin voikukka maittaa lehmille, ei ole paljon tutkittu. Falkowskin, Kukulkan ja Kozlowskin (1990) kokeessa lehmät olivat syöneet noin 37—57 % laitumen sisältämästä voikukasta. Voikukan maittavuutta ovat tutkineet myös Bergen, Moyer ja Kozub (1990) emolehmien laidunkokeella Kanadan Albertan provinssin eteläosassa. Kokeen laitumet sisälsivät noin 13 % voikukkaa kasvuston kuiva-ainesadosta. Kun voikukka joutui kilpailemaan valosta korkeiden heinien kanssa, sen lehdet kasvoivat heinien seasta pystyasennossa. Tällä tavalla kasvaessaan lehmät syövät ne helposti heinän mukana. Kokeessa laidunnuksen intensiteetillä ei ollut suurta vaikutusta voikukan määrään laitumella. Naudat eivät suoranaisesti vältelleet voikukan syömistä, vaan saattoivat tiettyyn aikaan kesästä jopa suosia sitä. Eroa ei myöskään huomattu eri kasvuvaiheissa olevien voikukkien välillä. (Bergen ym. 1990, 258—261.)

8.3 Voikukan kivennäispitoisuus

Rikkakasvit ryöstävät nurmelta ravinteita, valoa ja kasvutilaa sekä muuttavat nurmen kivennäistasapainoa. (Nurmirehujen tuotanto ja käyttö 2010, 49; Saarinen n.d. 25.) Tauriaisen ja Ala-Kaupplan (2003, 25) esittämistä voikukan kivennäispitoisuuksista näkee, että ne vaihtelevat koko kasvukauden ajan (ks. taulukko 4). Kasvukauden aikana voikukan kaikkien muiden kivennäisten määrät nousevat paitsi natrium, jonka määrä pysyy samana. Myös Virkajärven ja Punkin (n.d., 28) selvityksissä voikukan kivennäispitoisuudet ovat olleet matalammat ensimmäisen niiton aikana kuin toisessa niitossa (ks. taulukko 4). Voikukan kivennäispitoisuudet eivät sovi Alasuutarin ja muiden (2010, 86) antamiin normaalin säilörehun kivennäispitoisuuksien suosituksiin (ks. taulukko 4). Kun voikukan kivennäispitoisuuksia verrataan Tauriaisen ja Ala-Kaupplan (2003, 25) antamiin timoteihin kivennäispitoisuuksiin, poikkeaa voikukka myös niistä. Voikukan kalsium ja kalium pitoisuudet ovat molemmissa niitoissa suosituksia korkeammat ja lisäksi toisen niiton aikana voikukan magnesium- ja natriumpitoisuudet ylittävät suositukset (ks. taulukko 4).

TAULUKKO 4. Kotoisten nurmirehujen ja eri voikukkakokeiden kivennäispitoisuuksia

	NURMIREHU			VOIKUKKA					
	Normaali säilörehu	Nurmi-säilörehu 1.sato D-arvo 690 g/kg ka	Timotei-heinä	Voikukka	Voi-kukka 1.sato	Voi-kukka 2.sato	Voi-kukka kesä-kuu	Voi-kukka heinä-kuu	Voi-kukka elokuu
	Alasuutari ym. 2010, 86.	MTT 2010, rehutaulukot	Tauriainen ja Ala-Kauppi 2003, 25.	Harrington ym. 2006, 263.	Virkajärvi & Punkki n.d.		Tauriainen & Ala-Kauppi 2003, 25.		
	g/kg ka			g/kg ka					
P	2,0–4,0	3,2	2,2	5,70	3,4	3,9	3,8	3,4	5,5
K	10–30*	31	30	34,0	51	54	52,6	52,6	64,7
S		2,0		3,93					
Ca	1,0–7,0	3,8	3,0	9,6	13	15	8,7	10,2	13,7
Mg	0,5–3,0	1,7	1,2	3,53	2,8	3,5	3,3	3,1	5,2
Na	0,0–0,5	0,2	0,1	4,2	0,3	0,6	0,3	0,3	0,3
Cl		11,0							
	mg/kg ka			mg/kg ka					
Fe		180		115			158	209	218
Mn		61		93			37	39	123
Cu		7		14,2			16	12	16
Zn		31		37,0			26	28	48
B				35,0					
Co		0,26		0,180					
Se		0,31		0,043					
Mo				0,373					

*Ruokinnassa kaliumin määrä ei saisi ylittää 22 g/kg ka (Pyörälä ja Tiisonen 2005, 2) tai 25 g/kg ka (Alasuutari ym. 2010, 86).

8.4 Voikukasta tehtyjä säilörehututkimuksia

Tutkimuksia rikkakasvien vaikutuksista säilörehun säilymislaatuun ja rehuarvoihin ei ole tehty Suomessa, mutta niitä on tehty jonkin verran ulkomailla. Ulkomaalaisia säilörehu- ja rehuarvotutkimuksia, joissa on ollut mukana voikukka, ovat tehneet muun muassa Saksassa Isselstein (1993), Mainz (1995) ja Isselstein ja Daniel (1996), Alankomaissa Wyss ja Vogel (1994) sekä Uudessa-Seelannissa Harrington, Thatcher ja Kemp (2006). Näissä säilörehututkimuksissa oli yhtenä vertailuheinäenä englanninraiheinä (*L. perenne*). Koska Suomen tärkeimmät nurmiheinät ovat timotei (*P. pratense*) ja nurminata (*Festuca pratensis*) sekä niiden seokset (Nurmirehujen tuotanto ja käyttö 2010, 31) on ulkomaisten säilörehututkimustuloksien vertailu ja soveltaminen Suomen käytäntöihin on hankalaa. Lisäksi jokaisessa tutkimuksessa on ollut erilaiset koejärjestelyt. Monissa säilörehututkimuksissa, jotka tulivat kirjallisuushaussa

vastaan, oli käytetty rikkakasvien vertailukasveina palko- ja hernekasveja kuten sini-mailasta (*Medicago sativa*) sekä valkoapilaa (*Trifolium repens*).

Voikukan kehitysaste ja rehuarvot

Isselsteinin molemmissa kokeissa (1993 ja 1996) voikukka oli ensimmäisessä niitossa kehitysasteen lopulla, jolloin se kukki ja levitti tai tiputti siemeniä. Tämän takia keväällä niitetyn voikukan kuiva-ainepitoisuus on yleensä korkeampi kuin kesällä niitetyn voikukan, joka on vegetatiivisessa kasvussa. Voikukan kehitysaste ja niittoaika vaikuttavat sen rehuarvoihin. Isselsteinin ja Danielin (1996) kokeessa keväällä niitetyn siementä tuottavan voikukan raakavalkuais määrä oli 113 g/kg ka ja vesiliukoisten hiilihydraattien määrä 188 g/kg ka. Samassa kokeessa, kun voikukka oli kesällä vegetatiivisessa kasvussa, nousi raakavalkuais määrä yli kaksinkertaiseksi (303 g/kg ka), mutta vesiliukoisten hiilihydraattien määrä laski 59 g/kg ka. Kesällä niitetty vegetatiivisessa kasvussa oleva voikukka sisälsi paljon enemmän proteiinia, mutta vähemmän sokereita kuin keväällä niitetty voikukka. (Isselstein & Daniel 1996.) Wyssin ja Vogelien (1994) kokeessa voikukkavaltaisessa säilörehussa oli enemmän sokereita kuin heinävaltaisessa säilörehussa.

Voikukka sai hyvät ravinnearvot Isselsteinin (1993) tekemässä kokeessa. Siinä ensimmäisessä niitossa voikukka sisälsi yhtä paljon raakavalkuaista ja kuitua kuin englanninraiheinä. Vaikuttaa siltä, että voikukan kuitupitoisuuksissa on jonkin verran vaihtelua, sillä Harringtonin ja muiden (2006) kokeessa voikukalla oli matalampi kuitupitoisuus (262 g/kg ka) kuin englanninraiheinällä (281 g/kg ka). Myös Wyssin ja Vogelien (1994) säilörehukokeessa huomattiin, että voikukkavaltaisessa säilörehussa kuitupitoisuus on matalampi kuin heinävaltaisessa säilörehussa. Harringtonin ja muiden (2006) kokeessa voikukan raakavalkuais määrä (287 g/kg ka) korkeampi kuin englanninraiheinällä (232 g/kg ka) ja samanlaisia tuloksia on saanut myös Mainz (1995). Englanninraiheinällä oli parempi energia-arvo kuin voikukalla molemmissa Isselsteinin (1993) ja Mainzen (1995) kokeissa. Isselsteinin (1993) mielestä rikkakasveja sisältävistä rehuista pitäisi järjestää myös ruokintakokeet.

Puskurikapasiteetti ja pH:n laskeminen

Isselsteinin (1993) kokeessa voikukan puskurikapasiteetti oli korkeampi kuin englanninraiheinällä. Kuten jo aiemmin esiteltiin, niin heinäkasveilla on matalampi puskuri-

kapasiteetti kuin palko- ja rikkakasveilla (ks. kappale 6.3 ja taulukko 2.) Isselstein ja Daniel (1996) huomasivat kokeessaan, että voikukan puskurikapasiteetti ei muutu voikukan vanhentuessa (ks. taulukko 2). Vaikka voikukan puskurikapasiteetti oli suurempi kuin englanninraiheinällä, oli voikukkasäilörehu käymislaadultaan parempaa. Voikukan parempaa käymislaatua voi selittää sen nopea pH:n lasku säilönnän alussa. Isselsteinin ja Danielin (1996) saamien tuloksien perusteella voikukan korkea puskurikapasiteetti ei heikennä rehun säilymislaatua.

Isselstein ja Daniel (1996) järjestivät 90 päivää kestävästä säilöntäkokeesta. Keväällä niitetyn voikukan, jonka kuiva-ainepitoisuus oli 105 g/kg, tippui pH nopeammin alle pH 5 kuin englanninraiheinän, jonka kuiva-ainepitoisuus oli 181 g/kg. Keväällä niitetyn voikukan pH:n laskemiseen alle viiden kului vain kaksi päivää, kun englanninraiheinällä siihen meni 16 päivää. Keväällä niitetyn voikukan lopullinen säilöntä pH oli 4,1 ja englanninraiheinän 4,5. Kesällä niitetyssä voikukan, jonka kuiva-ainepitoisuus oli 165 g/kg, pH laskemiseen alle 5 kesti jopa 55 päivää ja sen lopullinen säilöntä pH jäi selvästi korkeammaksi 4,95 kuin kevätniitetyn voikukan. Kesällä niitetyn englanninraiheinän, jonka kuiva-ainepitoisuus oli 222 g/kg, pH ei tippunut ollenkaan alle 5, vaan jäi 5,5:een.

Säilörehujen käymislaatu

Wyss ja Vogel (1994) järjestivät siilokokeen, jossa vertailtiin heinävaltaisen ja 60 % voikukkaa sisältävän säilörehun säilyvyyttä, säilöntälaatua ja –hävikkiä. Heinävaltaisessa näytteessä olivat pääheininä englanninraiheinä ja timotei. Säilörehukokeessa rehunäytteet esikuivattiin 300 g/kg kuiva-ainetta ja säilöttiin ilman säilöntäainetta 1,5 litran siiloihin 130 päiväksi. Voikukkavaltaisessa säilörehussa oli todella vähän voihippoa (alle 2 g/kg ka) jokaisen kolmen niiton näytteessä, kun heinävaltaisissa näytteissä voihippomäärät olivat pääasiassa korkeampia (17–20 g/kg ka). Heidän säilörehukokeissa voikukkavaltaisessa säilörehussa pääsääntöisesti matalammat ammoniakkityypen osuudet, etikka-, voi- ja propionihappopitoisuudet kuin heinävaltaisella säilörehulla kolmessa eri niitossa. (Wyss & Vogel 1994.) Isselsteinin ja Danielin (1996) kokeessa ei säilörehuissa syntyneiden ammoniakkimäärien välillä ollut suuria eroja eri aikaan niitettyjen voikukkasäilörehujen välillä. Englanninraiheinäsäilörehuista syntyi enemmän ammoniakkia kuin voikukka säilörehuista.

Wyssin ja Vogelien (1994) voikukkavaltaisessa säilörehussa oli pääsääntöisesti korkeammat maitohappopitoisuudet kuin heinävaltaisessa säilörehussa. Isselsteinin ja Danielin (1996) säilörehukokeissa syntyi keväällä niitetystä voikukkasäilörehusta puolet enemmän maitohappoa (84,8 g/kg ka) kuin kesällä niitetystä voikukkasäilörehusta (44,5 g/kg ka). Tämä tukee keväällä niitetyn voikukan matalampaa pH-arvoa. Säilönän aikana syntyi keväällä niitystä voikukka säilörehusta myös etikkahappoa yli kaksinkertainen määrä (29 g/kg ka) kuin kesällä niitetystä voikukasta (12,9 g/kg ka). Molemmissa niitoissa englanninraiheinällä oli selvästi pienemmät voihiappomäärät kuin voikukalla. Isselsteinin ja Danielin (1996, 454) mukaan rikkakasvit eivät heikennä rehun säilymislaatua. Etenkin keväällä niitetyillä rikoilla on hyvät maitohappopitoisuudet. Voikukan käymisreaktio oli nopeampi kuin esimerkiksi englanninraiheinän ja voikukka tuotti käymislaadultaan parempaa rehua. Tämä tukee myös Wyssin ja Vogelien (1994) tekemää koetta.

Kuiva-aine- ja kaasuhävikit nousivat korkeammalle heinävaltaisessa säilörehussa kuin voikukkavaltaisessa säilörehussa etenkin kevätniitetyissä rehuissa. Huonolaatuisissa siloissa hävikki oli suurempaa ja silojen käymislaatuun vaikutti eniten rehun sokermäärät. (Wyss & Vogel 1994.)

8.5 Vaikuttaako voikukka maidon laatuun?

Meijerit, jotka ostavat raakamaidon tiloilta, asettavat laatuvaatimukset maidolle. Esimerkiksi Valion Oy:n Maidon laatukäsikirjassa (2010, 20) on asetettu raakamaidon laadulle tietyt tavoitearvot, jotka maidon täytyy täyttää. Maidon haju- tai makuvirheet voivat aiheuttaa tilalla maidon vastaanoton keskeytyksen ja tiputtaa maidon laatuluokkaa (Maidon laatukäsikirja 2010, 24). Maidon laatuluokan tippuminen pienentää tuottajahintaa ja vaikuttaa koko kuukauden maitotiliin.

Maidon hajun ja maun tulee olla raikas ja virheetön, eikä siinä saa olla sivumakuja tai epäpuhtautta. Terveestä lehmästä saadaan virheetöntä, ensiluokkaista maitoa. Maidon haju ja maku voivat muuttua monesta eri syystä alkaen rehuista päätyen kuluttajan maidon säilytystiloihin. Maito imee itseensä erittäin herkästi vieraita hajuja ja makuja eikä se siedä muokkaamista. (Maidon laatukäsikirja 2010, 42.)

Raakamaidon haju- ja makuvirheet tarkistaa maitoauton kuljettaja aistinvaraisesti haistamalla tilatankin sisältöä (Maidon laatukäsikirja 2010, 24.) Maidon laatukäsikirjassa (2010, 42) painotetaan rehujen ja erityisesti säilörehun laadun vaikutuksesta maidon laatuun. Huonolaatuinen säilörehu, apilapitoinen laidunruokinta, voimakkaan hajuiset rehut tai laitumen rikkakasvit voivat aiheuttaa maitoon rehun makua. Haju- ja makuvirheet voivat siirtyä jalostustuotteisiin. Hyvälaatuista rehua saadaan huolehtimalla rikkakasvien torjunnasta. (Maidon laatukäsikirja 2010, 42, 104.)

Voikukan väitetään aiheuttavan maku- ja laatuvirheitä maitoon. Näyttää kuitenkin siltä, että asiaa ei ole missään tutkittu tai julkaistuja tutkimustuloksia ei löydy. Vanhoissa ruotsalaislähteissä (Gummesson 1987 ja Spörndly 1989) ei voikukkaa ole listattu myrkyllisten eikä maidonlaatua heikentävien kasvien listalle. Voi olla, että voikukkaa syytetään muiden rikkakasvien mukana. Jos halutaan selvittää aiheuttaako voikukka maitoon maku- tai muita laatuvirheitä, täytyy järjestää ruokintakoe, jossa asia selvitetään.

9 VOIKUKKAPITOISEN SÄILÖREHUN MINISIILOKOE

9.1 Koejärjestelyt

Opinnäytetyössä käytetään MTT Maanigan tutkimusasemalla kesällä 2010 tehdyn minisiilokokeen tuloksia. Koekasveina olivat timotei (*Phleum pratense*) ja voikukka (*Taraxacum officinale*). Minisiilot olivat kooltaan 130 millilitraa ja säilöntään käytettiin AIV2 plus-liuosta. Voikukkaa ja timoteita sisältävät minisiilot pidettiin suljettuina 90 päivää. Säilönnän aikana seurattiin minisiilojen säilöntälämpötilaa, kaasun ja puristenesteen muodostusta. Säilöntäkokeella selvitettiin voikukan vaikutusta säilörehun säilöntälaatuun ja rehuarvoon. Voikukkapitoisen säilörehun minisiilokoe kuuluu KARPE- eli karjatilán kannattava peltoviljely-hankkeeseen. Minisiilokoe on osa ”Rikkakasvien torjunnan kynnyksarvot ja haitta-ainepitoisuudet”-osiota. Pohjois-Savon ja Pohjois-Pohjanmaan alueella pyörivää KARPE-hanketta vetävät MTT Maaninka ja Maito Savo.

9.2 Kasvinäytteet

Timotein ja voikukan raaka-aineet niitettiin 15.6.2010 ensimmäisen säilörehunkorjuuajana, jolloin nurmen odotettu D-arvo oli noin 680 g/kg ka. Siiloissa käytetty timotei ja voikukka otettiin MTT Maaningan Starane XL-koeruuduilta, joista saatiin helposti puhdasta timoteitä ja voikukkaa. Timotei oli vegetatiivisessa kasvuvaiheessa ja voikukka kehitysasteen lopulla. Osa voikukista kukki, mutta suurin osa levitti siementä. Samalla tavalla kävi Isselsteinin (1993) kokeessa, jossa ensimmäisen niiton aikana voikukka kukki, kun muut koekasvit olivat vegetatiivisessa kasvussa.

Starane XL-kokeen, koko nimeltään ”920 Herbisidien käyttö nurmivuosina 2010—2011”, koeruudut on perustettu jo vuonna 2004. Näillä koeruuduilla on kasvanut voimakkaasti voikukkaa vuodesta 2008 alkaen ja edustaa vanhaa nurmikasvustoa. Koeruuduilla on kolme eri koejäsentä, joista kaksi ruutua on saanut Starane XL-torjunta-ainekäsittelyn 18.5.2010 ja niistä toiseen on tehty täydennyskylvö 10.5.2010. Kolmas koejäsen on kontrolliruutu, jolle ei ole tehty minkäänlaista käsitelyä ja siinä kasvoi runsaasti voikukkaa. Minisiilokokeen voikukka otettiin näiltä kontrolliruudilta ja timotei yhdistettiin kaikilta koeruuduilta. Kaikki koeruudut lannoitettiin 5.5.2010 Nurmen Y1-lannoitteella, josta tuli 100 kg typpeä, 15 kg fosforia ja 45 kg kaliumia hehtaarille. Toinen lannoitus tehtiin 18.6.2010 Nurmen NK1-lannoitteella, josta tuli 100 kg typpeä ja 35 kg kaliumia hehtaarille.

9.3 Minisiilojen täyttö

Minisiilot, joihin säilörehuerät tehtiin, olivat kooltaan noin 130 millilitraa ilman korkkia. Kumikorkki vei tilaa siilon kokonaistilavuudesta noin neljä millilitraa. Timotei oli vertailu kasvi, joka kuvastaa puhdasta nurmikasvustoa, jota halutaan ruokkia lehmillä. Timoteistä ja voikukasta tehtiin viisi eri seosta, joista jokaista oli kolme kerrannetta. Seossuhteet olivat 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 ja 0/100, joista ensimmäinen luku on timotein, ja jälkimmäinen luku on voikukan tuorepainon prosentuaalinen osuus seoksesta.

Timotei ja voikukka näytteet silputtiin laboratoriosilppurilla. Silpun pituus oli noin 2—5 cm. Voikukkasilppu sisälsi voikukan lehtiä, kukkavarsia ja kukintoja. Silputtuja rehu-

ja esikuivatettiin ensiksi kuusi tuntia laboratoriossa. Molemmat kasvit kuivatettiin omissa kasoissa välillä käänellen, jotta saatiin mahdollisimman tasainen kuivuminen. Kasat oli levitetty noin sentinpaksuisiksi kerroksiksi pöydälle. Huoneen lämpötila oli esikuivatuksen aikana yli 25 °C. Esikuivatuksen jälkeen rehukasat odottivat yön yli yhdeksän tuntia muovien alla. Rehut peitettiin muovilla, jotta ne eivät kuivuisi liikaa. Aamulla molempiin kasoihin ruiskutettiin Kemira AIV®2 Plus-liuosta suihkepullolla kasoja koko ajan käänellen, jotta liuos leviäisi tasaisesti rehuun. Säilöntäainetta annosteltiin suosituksen mukaan viisi litraa rehutonna kohti. Sitä suihkutettiin molempiin kahden kilogramman tuorerehukasoihin noin 0,1 dl. Minisiilot täytettiin tasaisella silpulla ja suljettiin samana aamuna 16.6.2010. Yhden minisiilon rehumäärän painotavoite oli 95 grammaa, joka määritettiin puhtaalla (100/0) timoteinurmisilpulla (ks. taulukko 5). Voikukka-siilot olivat painavampia kuin puhdasta timoteitä sisältävät siilot.

TAULUKKO 5. Siilojen tuorepainot 16.6.2010

Käsittely timotei / voikukka	Siilo nro.	Sisällön paino, g
100/0	1	95,00
	6	95,00
	11	95,00
75/25	2	96,60
	7	96,58
	12	96,62
50/50	3	93,10
	8	93,10
	13	93,06
25/75	4	110,55
	9	110,52
	14	110,58
0/100	5	124,26
	10	124,25
	15	124,23

9.4 Kaasu- ja puristenestemittaukset

Minisiiloja säilytettiin säilönnän ajan pahvilaatikossa, joka esti valon pääsyn siiloihin. Pahvilaatikkoa pidettiin ensimmäiset 19 päivää laboratorion komerossa, josta se siirrettiin loppu ajaksi kellariin, jossa on viileämpää. Komerossa lämpötila liikkui säilytys-

aikana 23—27 °C välillä ja kellarissa 22—25 °C välillä. Siilot pyrittiin pitämään mahdollisimman tasaisessa lämpötilassa, jotta niiden käyminen olisi tasaista.

Siilojen sulkemisen jälkeen niissä syntyneet kaasut ja puristenesteet poistettiin ja mitattiin injektioruiskun avulla. Injektioruiskun neula työnnettiin siilon pehmeän ja tiiviin kumikorkin läpi, jolloin kaasu ja mahdollinen puristeneste purkautuivat ruiskuun. Siilosta purkautuneen kaasun ja puristenesteen määrät voitiin lukea injektioruiskun asteikolta. Pullo ja ruisku pidettiin pöydällä kyljellään, jotta kaasun ulostuleminen olisi mahdollisimman tasaista. (Ks. kuvio 2.) Jos pulloa olisi pidetty kädessä, käsi olisi lämmittänyt siiloa ja se olisi mahdollisesti tuottanut enemmän kaasua. Mittauksia tehtiin aluksi päivittäin ja loppu kesästä noin joka toinen tai kolmas päivä. Tulokset kirjattiin Excel-taulukko-ohjelmaan.



KUVIO 2. Kaasujen mittaus minisiiloista injektioruiskun avulla. Kuva: KARPE-hanke

9.5 Minisiilojen avaaminen

Minisiilot avattiin 14.9.2010. Ne olivat suljettuina yhteensä 90 päivää. Pullojen sisällön paino saatiin punnitsemalla pullo sisällön kanssa, josta sitten vähennettiin pullon paino. Vertailemalla siilojen loppupainoja niiden alkupainoihin saadaan selville säilönän aikana tapahtunut hävikki grammoina (ks. taulukko 6). Mitä suurempi oli voikukan osuus siilon rehumäärästä, sitä suurempi oli siilon painohävikki. Pullojen sisältö laitettiin tiiviiseen muovipussiin ja pakastettiin heti (ks. kuvio 6). Pakastetut tuorerehu ja säilörehunäytteet lähetettiin syksyllä MTT KEL laboratorioon Jokioisiin analysoitaviksi.

TAULUKKO 6. Minisiilojen loppupainot 90 säilöntäpäivän jälkeen ja hävikkien määrät grammoina.

Käsittely timotei / voikukka	Siilo nro.	Sisällön paino <i>g</i>	Hävikki <i>g</i>	Keskimääräinen hävikki <i>g</i>
100/0	1	94,15	0,85	0,68
	6	94,37	0,63	
	11	94,43	0,57	
75/25	2	95,76	0,84	0,66
	7	96,12	0,46	
	12	95,95	0,67	
50/50	3	92,48	0,62	0,76
	8	92,16	0,94	
	13	92,33	0,73	
25/75	4	102,31	8,24	10,06
	9	98,57	11,95	
	14	100,58	10,00	
0/100	5	101,26	23,00	21,22
	10	98,23	26,02	
	15	109,60	14,63	



KUVIO 3. Punnitsemisen jälkeen minisiilojen säilörehut tyhjennettiin tiiviisiin muovipusseihin ja näytteet pakastettiin. Kuva: KARPE-hanke

9.6 Rehuanalyysit

Timotein ja voikukan raaka-ainenäytteet ja säilörehunäytteet analysoitiin MTT KEL laboratoriossa. Timoteista ja voikukasta oli yhdet raaka-ainenäytteet. Niistä analysoitiin primäärinen ja sekundäärinen kuiva-aine pitoisuus, tuhka ja raakavalkuainen, puskurikapasiteetti, kivennäispitoisuudet (Ca, Mg, P, S, K ja Na), hivenaineet (Fe, Cu, Zn ja Mn), orgaanisen aineen sellulaasiliukoisuus ja NDF. Säilörehunäytteitä oli yhteensä 15. Niistä analysoitiin primäärinen ja sekundäärinen kuiva-ainepitoisuus, tuhka, pH, VFA:t (etikka-, propioni-, isovoi-, voi-, isovaleriaana-, valeriaana- ja kapronihappo), maitohapon, sokerin, ammoniumtypen ja liukoisen typen määrät, orgaanisen aineen sellulaasiliukoisuus ja NDF. Myös säilörehunäytteistä analysoitiin samat kivennäiset ja hivenaineet kuin raaka-ainenäytteistä.

10 MINISIILOKOKEEN TULOKSET

10.1 Tulosten analysointimenetelmät

Tulosten tilastolliseen analysointiin käytettiin SAS EG-ohjelman versiota 4.2. Rehu-analyysitulosten laskemiseen käytettiin Proc Mixed Proceduuria, ja kaasun sekä puristenesteiden laskennassa Friedmanin testiä. Tilastotestit laskivat MTT Maaningalta Elina Juutinen ja Maarit Hyrkäs.

P-arvo

Koetuloksien tilastollisen luotettavuuden arvioinnissa käytettiin P-arvoja. P-arvo on todennäköisyys sille, että havaittu poikkeama nollahypoteesista on sattuman aiheuttama (Taanila 2010, 3).

Kun P-arvo on:

- $< 0,10$, tulos on suuntaa-antava
- $< 0,05$, tulos on merkitsevä
- $< 0,01$, tulos on hyvin merkitsevä
- $< 0,001$, tulos on erittäin merkitsevä ja
- NS tarkoittaa, että tulos ei ole tilastollisesti merkitsevä.

10.2 Voikukan ja timotein raaka-ainenäytteet

Kokeen timotein kuiva-ainepitoisuus, muuntokelpoinen energia ja NDF sopivat hyvin Alasuutarin ja muiden (2010, 85–86) antamiin tavoitearvoihin. Timotein sulavuus oli paljon korkeampi (722 g/kg ka) kuin ruokinnan tavoitearvo (ks. taulukko 7). Lisäksi koesuunnitelmassa timotein raaka-ainenäytteelle oli asetettu tavoitearvoksi 680 g/kg ka (ks. kappale 9.2). Tämä tarkoittaa sitä, että raaka-ainenäytteet oli niitetty liian aikaisin. Timotein raakavalkuaisen määrä jäi selvästi alle tavoitearvon ja OIV- sekä PVT-arvot eivät osuneet ollenkaan tavoitevälille. Timotein kaikki kivennäisarvot osuivat tavoite välille ja puskurikapasiteetti oli sama kuin McDonaldin ja muiden (1991, 31) antama arvo. (Ks. taulukko 7.)

TAULUKKO 7. Timotein ja voikukan raaka-ainenäytteiden tulokset

	Timotei	Voikukka	Tavoite*
Kuiva-aine g/kg	329	156	250—350
Muuntokelpoinen energia MJ/kg ka	11,6	10,9	10,9—11,2
Puskurikapasiteetti mekv/kg ka	279		188—342**
Puskurikapasiteetti mekv/kg ka		526	632—654***
Kuiva-aineessa g/kg ka			
D-arvo	722	679	680 —700
Raakavalkuainen	119	131	140—170
OIV	89,4	87,4	71—88
PVT	-8,92	8,34	14—46
NDF	557	296	500—600
Tuhka	58,4	120	
Kalsium	2,13	6,48	1,0—7,0
Natrium	0,03	0,31	0,0—0,5
Magnesium	0,76	2,37	0,5—3,0
Kalium	23,6	47,4	10,0—30,0
Fosfori	2,48	3,22	2,0—4,0

* Lähde: Alasuutari ym. 2010, 85—86.

**Timotein puskurikapasiteetin vaihteluväli (McDonald ym. 1991, 31.)

*** Muunnettu Isselsteinin ja Danielin (1996, 451) tuloksista, jossa yksikkönä on käytetty grammaa maitohappoa/kg ka.

Voikukan raaka-ainearvot poikkeavat paljon enemmän Alasuutarin ja muiden (2010, 85—86) asettamista tavoitearvoista kuin timotei eikä ole sen takia yhtä ihanteellinen rehu. Voikukan kuiva-ainepitoisuus on paljon matalampi kuin tavoitearvot ja koerehuuna käytetyn timotein. Voikukan sisältävä muuntokelpoinen energia sopii juuri tavoitearvoihin, mutta D-arvo jää pikkuisen alle tavoitteen. Molempien timotein ja voikukan raakavalkuaisen määrät jäävät tavoitteen alle, mutta voikukan OIV-arvo osuu tavoiteväliin. Voikukan PVT-arvo on lähempänä sopivaa arvoa kuin timotein. NDF jää selvästi tavoitevälin ulkopuolelle. Voikukalla on korkeampi tuhkapitoisuus ja sen takia korkeammat kivennäispitoisuudet kuin timoteilla. Voikukka sisältää kaikkia kivennäisiä määrällisesti enemmän kuin timotei ja niiden määrät liikkuvat tavoitevälin ylärajoilla. Kalium tekee kuitenkin poikkeuksen ja ylittää selvästi tavoitemäärän. Voikukan puskurikapasiteetti on suurempi kuin timoteilla niin kuin oli odotettu, mutta jää matalammaksi kuin Isselsteinin ja Danielin (1996) tuloksista muutetut voikukan puskurikapasiteetit. Voikukan odotettua matalammalla puskurikapasiteetti voi olla eduksi säilönnässä, mutta se on kuitenkin selvästi korkeampi kuin timoteilla. (Ks. taulukko 7.)

10.3 Voikukan vaikutus säilörehun kemialliseen koostumukseen ja rehuarvoihin

Voikukka vaikuttaa tilastollisesti merkitsevästi rehun kuiva-ainepitoisuuteen ja muuntokelpoisen energian määrään (ks. taulukko 8). Voikukan raaka-aineen kuiva-ainepitoisuus oli matalampi kuin timoteilla ja sen takia säilörehun kuiva-ainepitoisuus laskee, kun voikukan osuus siinä lisääntyy. Voikukka sisältää enemmän muuntokelpoista energiaa kuin timotei (ks. taulukko 8). Voikukalla on myös selvä vaikutus rehun D-arvoon, raakavalkuaisen, NDF:n ja tuhkan määrään. Voikukalla on matalampi D-arvo ja NDF kuin timoteilla (ks. taulukko 8). Voikukan korkeampi raakavalkuaismäärä on hyvä ominaisuus, mutta korkea tuhkapitoisuus lisää voikukan tapauksessa tiettyjen kivennäisaineiden määrää yli tarpeiden. Voikukan osuuden lisääntyessä, nousee säilörehussa etenkin kaliumin määrä liian korkeaksi. Voikukka vaikuttaa erittäin merkittävästi kaikkien analysoitujen kivennäisten kalsiumin, magnesiumin, kaliumin ja fosforin määrään rehussa (ks. taulukko 8). Näiden kaikkien kivennäisten määrä lisääntyy säilörehussa, kun voikukapitoisuus nousee. PVT-arvo, joka kuvaa valkuaisen ja tyypen riittävyttä pötsimikrobeille, on korkeampi voikukalla kuin timoteilla. Ainoastaan 100 % voikukkaa sisältävä säilörehu on yltänyt positiiviseen PVT-arvoon, joka on hyvän säilörehun suositus. (Ks. taulukko 8.)

TAULUKKO 8. Voikukan vaikutus timoteisäilörehun rehuarvoihin, kemialliseen koostumukseen ja säilönnälliseen laatuun.

	0 % voikukkaa	25 % voikukkaa	50 % voikukkaa	75 % voikukkaa	100 % voikukkaa	SEM	P-arvo
Kuiva-aine g/kg	334	292	247	204	167	0,45	0,001
Muuntokelpoinen energia MJ/kg ka	11,3	11,3	11,2	11,1	11,8	0,06	0,001
pH	3,94	3,87	3,84	3,84	3,88	0,06	NS
Kuiva-aineessa g/kg ka							
D-arvo	704	703	701	694	677	4,00	0,001
Raakavalkuainen	106	105	110	116	132	5,10	0,001
OIV	85,7	85,4	86,1	86,3	87,2	0,96	NS
PVT	-16,7	-17,6	-12,7	-7,0	9,1	4,35	0,01
NDF	557	535	482	431	310	10,64	0,001
Tuhka	61,2	69,6	82,0	96,6	122,0	1,55	0,001
Sokeri	102,4	66,7	60,0	18,9	60,0	35,14	NS
VFA (yhteensä)	15,6	17,5	18,4	21,4	17,4	3,10	NS
Voihappo	0,18	0,13	0,12	0,11	0,10	0,03	NS
Etikkahappo	15,3	17,3	18,2	21,2	17,2	3,14	NS
Maito ja muurahaishappo	29,7	53,9	61,9	77,6	83,9	13,30	0,05
Ammonium N g/kg N	41,7	53,0	55,3	45,1	49,1	2,37	0,01
Liukoinen N g/kg N	779	742	653	563	432	31,48	0,001
Kalsium	2,05	2,69	3,61	4,87	7,28	0,17	0,001
Magnesium	0,77	1,00	1,34	1,66	2,48	0,09	0,001
Kalium	23,9	27,4	32,5	37,1	47,5	0,88	0,001
Fosfori	2,74	2,86	3,04	3,02	3,52	0,08	0,001

SEM= keskiarvon keski-
virhe

10.4 Voikukan vaikutus säilörehun laatutekijöihin

Voikukan vaikutus säilörehun pH:hon ei ole tilastollisesti merkitsevä (ks. taulukko 8). Kaikki koerehut ovat säilyneet hyvin ja kaikkien koejäsenien pH-arvo on alle 4, joka on todella hyvä pH-arvo esikuivatulle säilörehulle. Voikukka ei myöskään vaikuttanut tilastollisesti merkittävästi säilönnän jälkeiseen sokerien, haihtuvien rasvahappojen, voihiappojen eikä etikkahappojen määrään (ks. taulukko 8). Kaikkien koejäsenien sokerien määrä on korkea, paitsi koejäsenen, joka sisältää 75 % voikukkaa. Sen sokerien määrä on selvästi matalampi kuin muilla. Voikukka vaikuttaa säilörehussa syntyneisiin maitohappojen, ammoniumtyypen ja liukoisen tyypen määriin (ks. taulukko 8). Voikukkaa sisältävässä säilörehussa syntyy enemmän maitohappoa kuin timoteisäilörehussa. Maitohappojen määrään sisältyy myös muurahaishapon määrä, joka tulee säilöntäaineesta. Muurahaishapon määrä ei kuitenkaan vaikuta tuloksiin, koska sitä on yhtä paljon kaikissa näytteissä. Voikukkaa sisältävissä säilörehuissa ammoniumty-

pen määrä nousee, mutta liukoisen typen määrä laskee (ks. taulukko 8). Voikukkasäilörehussa liukoisen typen määrä (432 g/kg N) oli selvästi matalampi kuin timoteisäilörehussa (779 g/kg N) (ks. taulukko 8).

10.5 Kaasu- ja puristenestemittausten tulokset

Minisiilokokeessa laskettiin siiloista säilönnän aikana syntyneet kaasumäärät millilitroina koejäsenittäin (ks. taulukko 9). Siiloista mitatut kaasumäärät kuvaavat siiloissa tapahtuneen käymisen intensiteettiä. Kaikista siiloista syntyi kaasua koko säilönnän ajan ja ne aloittivat kaasun muodostuksen heti seuraavana päivänä siilojen sulkemisen jälkeen. Kun siilojen kaasun muodostusta arvioitiin viivadiagrammin avulla ajanfunktiona, oli kaikkien siilojen kaasun muodostus niin tasaista ja samanlaista ettei erikäsittelyiden välillä voinut huomata selvää eroa. Voikukalla ei ollut merkittävää vaikutusta siilossa syntyneeseen kaasujen yhteismäärään (P-arvo = 0,9) (ks. taulukko 9). Tämä tarkoittaa sitä, ettei voikukalla ole vaikutusta siilojen käymisreaktioissa syntyneeseen kaasujen kokonaismäärään.

TAULUKKO 9. Voikukan vaikutus minisiiloissa syntyneisiin kaasu- ja puristenestemääriin koejäsenittäin.

Koejäsen	Entry	Kaasu ml	Puristeneste ml
100 % timotei	1	292,3	0,6
75% timotei, 25% voikukka	2	285,5	0,8
50% timotei, 50% voikukka	3	288,1	0,8
25% timotei, 75% voikukka	4	355,1	11,3
100% voikukka	5	308,7	22,0
	SEM	50,9	2,25
	P-arvo	0,9	0.048 *

SEM = keskiarvon keskivirhe

* Friedmanin testi

Voikukka vaikuttaa tilastollisesti merkittävästi puristenesteen muodostumiseen (P-arvo = 0,048) (ks. taulukko 9). Minisiilokokeessa puristenesteen määrä lisääntyi selvästi niissä siiloissa, joissa oli 75 % tai 100 % voikukkaa (ks. taulukko 9). Tällaisia rehuja ei kuitenkaan käytännössä korjata pelloilta.

10.6 Timotein ja voikukan säilöntähävikit

Sekä timotein että voikukan kuiva-ainepitoisuus lisääntyi säilönnän aikana (ks. taulukko 10). Voikukan kuiva-ainepitoisuus lisääntyi enemmän (+10,7 g/kg ka) kuin timotein (+4,6 g/kg ka), jonka voi selittää voikukan suuremmalla puristenesteen erityksellä. Muuntokelpoisen energian määrä väheni hieman timoteisäilörehussa, mutta voikukasäilörehussa se nousi (ks. taulukko 10). Timotein D-arvo, raakavalkuaisen määrä, OIV- ja PVT-arvot sekä NDF vähenivät säilönnän aikana. Voikukalla ainoastaan D- ja OIV-arvo laskivat. Voikukan kuitupitoisuus nousi todella paljon (+14,3 g/kg ka) (ks. taulukko 10). Molemmilla koerehuilla tuhkapitoisuus nousi, jota tukee niiden kuiva-ainepitoisuuden lisääntyminen. Lisäksi molemmilla koerehuilla oli kaikkien kivennäisaineiden määrät lisääntyneet säilönnän aikana. Poikkeuksen kuitenkin tekee timoteisäilörehun kalsium, joka hieman väheni säilönnän aikana (-0,1 g/kg ka) (ks. taulukko 10). Natriumin määrään ei tullut muutoksia kummallakaan koerehulla. (Ks. taulukko 10.)

TAULUKKO 10. Säilönnän aikana tapahtunut hävikki timotei- ja voikukasäilörehun rehuarvoissa.

Rehuarvot	Timotei	Voikukka
Kuiva-aine g/kg	4,6	10,7
ME MJ/kg ka	-0,3	1,0
Kuiva-aineessa g/kg ka		
D-arvo	-17,5	-2,3
Raakavalkuainen	-12,2	0,5
OIV	-3,7	-0,1
PVT	-7,7	0,8
NDF	-0,5	14,3
Tuhka	2,8	2,0
Kalsium	-0,1	0,8
Natrium	0,0	0,0
Magnesium	0,0	0,1
Kalium	0,3	0,1
Fosfori	0,3	0,3

Laskettu erotuksena säilörehu- ja raaka-ainenäytteen välillä.

Säilörehuhävikin arvioiminen

Säilörehun kuiva-ainehävikin arvioimiseen puristenesteestä McDonald ja muut (1991, 245) esittävät kaksi eri laskutapaa, jotka molemmat perustuvat kasvin kuiva-ainepitoisuuteen. Kuiva-ainehävikki voidaan laskea joko Millerin ja Cliftonin kaavalla ($Y = 17,614 - 0,0538 * D$) tai Bastimanin ja Altmanin kaavalla ($Y = 0,01 + 194,4 * e^{-D}$)

$0,023D$), joissa Y tarkoittaa kuiva-ainehävikkiä prosentteina ja D kasvin kuiva-ainepitoisuutta (g/kg).

Millerin ja Cliftonin kaavalla saadaan timotein (KA = 329 g/kg) kuiva-ainehävikin suuruudeksi tuli -0,09 % ja voikukan (KA = 156 g/kg) kuiva-ainehävikin suuruudeksi 9,22 % (ks. taulukko 11). Millerin ja Cliftonin kaava ei toimi timotein kohdalla, koska sen kuiva-ainepitoisuus ylittää 300 g/kg. Timoteilla oli käytännössä kuiva-ainehävikkiä 4,6 g/kg (ks. taulukko 10) ja sen takia Millerin ja Cliftonin kaavalla saatu negatiivinen tulos ei voi pitää paikkaansa. Bastimanin ja Altmanin kaavalla ($Y = 0,01 + 194,4 * e^{-0,023D}$) saadaan timotein kuiva-ainehävikiksi 0,11 % ja voikukan 5,38 % (ks. taulukko 11).

TAULUKKO 11. Timotein ja voikukan kuiva-ainehävikit

	Timotei	Voikukka
Kuiva-ainepitoisuus g/kg	329	156
Kuiva-ainehävikki g/kg	4,6	10,7
Kuiva-ainehävikki %		
Miller ja Clifton, Y	-0,09	9,22
Bastiman ja Altman, Y	0,11	5,38

Molemmilla kaavoilla voikukan kuiva-ainehävikki on suurempi kuin timoteilla (ks. taulukko 11), joka tukee myös minisiilokokeesta saatuja tuloksia. Kaavat eivät kuitenkaan täysin täsmää kokeesta saatuihin konkreettisiin kuiva-ainehävikkeihin.

11 TULOSTEN TARKASTELU

11.1 Tulosten kriittinen tarkastelu

Yleensä säilörehujen siilokokeet järjestetään paljon isompiin siiloihin kuin timotein ja voikukan minisiilokokeessa. Minisiilokokeen siilojen tilavuus oli vain 126 millilitraa, joka on todella pieni siilokoko. Esimerkiksi Wyssin ja Vogelien (1994) säilörehukokeessa siilot olivat kooltaan 1,5 litraa ja monissa muissa kokeissa siilot ovat olleet vielä suurempia. Minisiilokokeen analyysiriskiä nostaa se, että timotein ja voikukan raaka-aineista oli vain yhdet näytteet. Ilman rinnakkaisnäytteitä voi epävarmuus raaka-ainenäytteiden edustavuudesta lisääntyä. Myös minisiilojen pienen koon takia niihin

valikoituu todella pieni määrä näytettä, joka vaikuttaa näytteen edustavuuteen. Minisiilojen, jotka sisälsivät 75 % voikukkaa, tulokset poikkesivat monessa kohdassa muiden siilojen linjasta. Poikkeavat tulokset voivat johtua satunnaisvirheestä. Esimerkiksi siilojen täytössä on voinut yhteen siiloon mennä voikukan mykerö, joka vie suhteessa suuren tilan pienestä siilosta. Vaikka minisiilojen täytössä siilot ja näytemäärät punnittiin tarkasti, niin aina on mahdollista, että siinä vaiheessa on voinut tapahtua inhimillinen virhe. Siilojen kasvinäyte tiivistettiin siiloon pienellä nuijalla, joten siilojen välillä voi olla eroja rehun tiiviydessä. Minisiilokoe onnistui kuitenkin hyvin ja siitä saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavina. Minisiilokokeen tuloksia voidaan käyttää voikukan säilörehu vaikutuksien arvioinnissa.

11.2 Säilörehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot

Koerehujen D-arvot jäivät liian korkeiksi tavoitteeseen nähden (yli 700 g/kg ka). Raaka-ainenäytteet oli niitetty liian aikaisin se vaikuttaa D-arvon lisäksi säilörehun kuiva-ainepitoisuuteen. Voikukkapitoisuuden nousu minisiiloissa laskee rehun kuiva-ainepitoisuutta (ks. taulukko 12). Tämä johtuu voikukan matalasta kuiva-ainepitoisuudesta verrattuna timoteihin. Kuiva-ainepitoisuuden lasku lisää siilojen kosteutta ja niistä syntyvän puristenesteen määrää.

TAULUKKO 12. Säilörehujen, jotka sisältävä 0 - 50 % voikukkaa, kemiallisen koostumuksen ja rehuarvojen vertailu Alasuutarin ja muiden (2010, 85) asettamiin tavoitearvoihin.

KOOSTUMUS	TAVOITE	MINISIILOKOE - VOIKUKKAA			
		0 %	25 %	50 %	
kuiva-aine (esikuivattu)	250 - 350	334	292	247	g/kg
raakavalkuainen	140 - 170	106	105	110	g/ka ka
NDF	500 - 600	557	535	482	g/kg ka
D-arvo	680 - 700	704	703	701	g/kg ka
Tuhka	-	61	70	82	g/kg ka
REHUARVOT					
ME-arvo	10,9 - 11,2	11,3	11,3	11,2	MJ/kg ka
OIV-arvo	71 - 88	85,7	85,4	86,1	
PVT-arvo	14 - 46	-16,7	-17,6	12,7	

Voikukkapitoisuuden nousu siiloissa lisää hieman raakavalkuaisen määrää (ks. taulukko 12). Kaikissa koesäilörehuissa raakavalkuaisen määrä jäi alle tavoitearvojen, joka on omituinen tulos ja vaikea selittää. Säilörehujen kuitumäärät pysyivät tavoite-

tearvoissa. Kun voikukkaa on puolet säilörehusta, jää kuitupitoisuus alle tavoitearvon. Näin pienellä erolla ei kuitenkaan ole vaikutusta lypsylehmän ruokintaan ja se saa riittävästi kuitua muiden rehujen kautta.

Rehujen muuntokelpoinen energia oli korkea kaikilla koesäilörehuilla ja timoteivaltaisilla säilörehuilla jopa yli tavoitteen (ks. taulukko 12). Kaikkien koesäilörehujen OIV-arvot pysyivät tavoitevälillä, mutta PVT-arvo jäi kaikilla alle tavoitteen. (Ks. taulukko 12.)

Tuhkapitoisuuden lisääntyminen tarkoittaa kivennäis- ja hivenainemäärien lisääntymistä (ks. taulukko 12 & 13). Kun voikukan osuus säilörehussa lisääntyy, nousee myös tuhkan määrä (ks. taulukko 12). Voikukkaa sisältävä säilörehu sopii muiden kivennäisten paitsi kaliumin osalta Alasuutarin ja muiden (2010, 86) antamalle vaihteluvälille (ks. taulukko 13). Pelkkää timoteita sisältävä säilörehu täyttää Alasuutarin ja muiden (2010, 86) ehdon kaliumin enimmäismäärälle (25 g K/kg ka). Pyörälän ja Tiihosen (2005, 2) suositus kaliumruokinnalle on tiukempi (22 g K/kg ka), joka ylittyy myös timotei-säilörehulla. Säilörehu, jossa 25 % voikukkaa, ylittää kaikissa tapauksissa kaliumin suositukset. Mitä enemmän säilörehussa on voikukkaa, sitä nopeammin kaliumin ruokintasuositukset ylittyvät. Tauriaisen ja Ala-Kauppilän (2003, 25) mukaan Suomessa esikuivatussa säilörehussa kaliumpitoisuus on ollut 26 g/kg ka. Heidän suositusarvo kaliumpitoisuudelle on enintään 30 g/kg ka, joka ylittyy, kun nurmessa on 20 % voikukkaa (Tauriainen & Ala-Kauppi 2003, 25). Minisiilokokeessa kaliumpitoisuus ylittää 30 g K/kg ka vasta, kun voikukkaa on puolet rehusta.

TAULUKKO 13. Voikukkaa (0–50 %) sisältävien säilörehujen vertailu normaalin säilörehun kivennäispitoisuuksiin ja nautojen hivenainesuosituksiin.

KIVENNÄISET*	VAIHTELU- VÄLI	MINISIILOKOE - VOIKUKKAA			
		0 %	25 %	50 %	
Kalsium	1,0 - 7,0	2,1	2,7	3,6	g/kg
Fosfori	2,0 - 4,0	2,7	2,9	3,0	g/kg
Magnesium	0,5 - 3,0	0,8	1,0	1,3	g/kg
Natrium	0,0 - 0,5	0,0	0,1	0,1	g/kg
Kalium*	10,0 - 30,0	23,9	27,4	32,5	g/kg
HIVENAINEET**					
Rauta	100	57	74	78	mg/kg ka
Kupari	10	7	9	13	mg/kg ka
Sinkki	50	34	39	47	mg/kg ka
Mangaani	40 (- 80)	43	50	62	mg/kg ka

*Alasuutari ym. 2010, 86. Huom. Suositusten mukaan säilörehu ei saisi sisältää yli 25 g K/kg ka ja Pyörälän ja Tiihosen (2005, 2) mukaan yli 22 g K/kg ka.

**Nautojen hivenainesuositukset n.d.

Tuloksista voidaan päätellä, että 25 % voikukkaa sisältänyt säilörehu on kemialliselta koostumukseltaan ja rehuarvoiltaan lähellä timotei-säilörehua. Kun voikukkapitoisuus nousee puoleen rehun raaka-aineiden painosta, alkavat erot näkymään kuiva-aine- ja kuitupitoisuuden laskuna sekä tuhkapitoisuuden nousuna. Ainoastaan PVT-arvo nousee lähemmäksi tavoitetta.

11.3 Voikukkaa sisältävässä säilörehussa on hyvä käymislaatu

Voikukkaa sisältävissä säilörehuissa oli kuiva-ainepitoisuus matalampi kuin timoteisäilörehussa (ks. taulukko 14). Kun säilörehussa on voikukkaa vähintään puolet, jää säilörehun kuiva-ainepitoisuus alle hyvän säilörehun tavoitteen. Kaikissa säilörehunäytteissä oli pH alle 4 (ks. taulukko 14), joka on todella hyvä happamuus esikuivatulle säilörehulle. Matalia pH-arvoja tukevat korkeat säilövien happojen määrät (ks. taulukko 14). Säilörehun pH laskee ja muurahais- ja maitohapon yhteismäärä lisääntyy, kun voikukan osuus säilörehussa lisääntyy. Liika maitohapon määrä voi heikentää syöntiä, mutta vain silloin, jos maitohappoa on yli 100 g/kg ka (Artturi-verkkopalvelu n.d.; Alasuutari ym. 2010, 84). Tämä raja ei ylity yhdelläkään koejäsenellä, mutta timoteisäilörehulla on niin matala maito- ja muurahaishappo pitoisuus, että se jää alle hyvän säilörehun suosituksen ja lisää jälkikäymisen riskiä siilon avaamisen jälkeen. Voikukasäilörehujen korkeampi säilövien happojen määrä kertoo vilkkaammasta

maitohappokäynnistä. Jos timoteisäilörehussa on ollut vähemmän maitohappokäymistä, siitä johtuu sen hieman korkeampi pH-arvo verrattuna voikukkaa sisältäviin säilörehuihin. Voikukkasäilörehun vilkkaampaan maitohappokäymiseen viittaa sen matalan pH:n lisäksi myös sen matalammat sokeripitoisuudet. Säilörehujen sopivista sokerimääristä voidaan olettaa, että käymisprosessit ovat voineet käydä loppuun ilman, että on syntynyt virhekäymistä ja sokeri on loppunut kesken. Sokerien ja haihtuvien rasvahappojen määrät olivat kaikilla säilörehuilla hyvän säilörehun arvoissa. (Ks. taulukko 14.)

TAULUKKO 14. Voikukkaa (0–50 %) sisältävän säilörehun vertailu Artturi-verkkopalvelun hyvän säilörehun tunnuslukuihin.

	HYVÄ SÄILÖREHU	MINISILOKOE - VOIKUKKAA			
		0 %	25 %	50 %	
Kuiva-aine	250 - 350	334	292	247	g/kg
pH	3,7 - 4,3	3,94	3,87	3,84	
Ammoniumtyppi	< 60	42	53	55	N g/kg N
Liukoinen typpi	< 400	779	742	653	g/kg N
Maito- ja muurahaishappo	35 - 80	30	54	62	g/kg ka
Haihtuvat rasvahapot	< 20	16	18	18	g/kg ka
Sokerit	50 - 150	102	67	60	g/kg ka

Ammoniumtypen ja liukoisen typen osuus kokonaistypestä

Ammoniumtypen määrä nousee säilörehussa, kun voikukan osuus siinä nousee (ks. taulukko 14). Ammoniumtypen määrät pysyvät alle ylärajan ja ovat hygieenisesti hyvän säilörehun arvoissa. Ammoniumtypen osuus kokonaistypestä kuvaa paljonko kasvientyypit ja mikrobit ovat hajottaneet rehun valkuaisista. Liukoisen typen osuudet kokonaistypestä vähenivät, kun voikukan osuus säilörehussa lisääntyi. Suositus liukoisen typen määräksi on alle 400 g/kg N, joka ylittyy kaikilla koejäsenillä. Lisäksi ne ylittävät huonon säilörehun rajan, joka on Artturi-verkkopalveluiden (n.d.) mukaan yli 600 g/kg N. Voikukkasiilojen matalampi liukoisen typen määrä timoteihin verrattuna tarkoittaa sitä, että voikukkasäilörehuissa on valkuaisen hajoavuus ollut vähäisempää. Ammoniumtypen ja liukoisen typen tulokset ovat hämmentävä, koska niiden molempien tulisi olla samansuuntaisia, koska ne molemmat kertovat rehussa tapahtuneesta valkuaisen hajoamisesta ja virhekäymisen määrästä. Tätä ristiriitaista tulosta on vaikea selittää, mutta yksi selitys voi olla timotein ja voikukan valkuaislaa-

tujen ero. Kasvien tyyppillinen proteiinisäilytys vaihtelee lajeittain ja se voi vaikuttaa mikrobien toimintaan esimerkiksi suosien joitakin mikrobeja. (Ks. taulukko 14.)

11.4 Kosteaa voikukkaa lisää puristenesteen määrää

McDonaldin ja muiden (1991, 245) mukaan siilossa syntyvään puristenesteen määrään vaikuttaa säilötyn kasvin kuiva-ainepitoisuus. Mitä enemmän kasvi sisältää nestettä, sitä suuremmat ovat kasvin kuiva-ainetappiot säilönnän aikana puristenesteen kautta. (McDonald ym. 1991, 245.) Koekasvien kuiva-ainepitoisuudet eroavat toisistaan. Voikukan kuiva-ainepitoisuus (156 g/kg) on noin puolet matalampi kuin timotein (329 g/kg) kuiva-ainepitoisuus. Koska koekasvien kuiva-ainepitoisuudet ovat jo lähtötilanteessa erisuuruiset, ei voi tehdä suoraa johtopäätöksiä siitä syntykö voikukasäilörehusta enemmän puristenestettä kuin timoteisäilörehusta, jos voikukka säilörehun esikuivatusaika on pidempi kuin timoteisäilörehun. Molempia koekasveja esikuivatettiin minisiilokokeessa yhtä kauan. Kun niitettyä kasvustoa kuivataan pellolla yhtä kauan, jää voikukka kosteammaksi kuin timotei, koska ne ovat kasvustossa sekaisin. Suuri voikukkapitoisuus laskee rehun kuiva-ainepitoisuutta ja lisää rehun kosteutta ja siitä irtoavaa puristenestemäärää.

Minisiilojen kaasumittauksien yhteydessä huomattiin, että siiloista syntyy myös puristenestettä. Erittynyt puristenestemäärät olivat todella pieniä ja niiden arviointi hankalaa, koska injektoruiskun mitta-asteikko oli yhden millilitran tarkkuudella. Puristenestemäärät määrät ovat suuntaa-antavia. Näiden puristenestemittauksien mukaan voikukka vaikuttaa säilörehusta syntyvään puristenestemäärään. Minisiilokokeessa säilörehunäytteet laitettiin pieneen lasipulloon, joka ei anna periksi yhtä paljon kuin säilöntämuovi. Minisiilokokeessa puristenestemäärä lisääntyi, kun voikukkapitoisuus säilörehussa nousi. Voikukka ei vaikuttanut säilörehun kaasun muodostukseen kuten aiemmin kaasun muodostus tuloksien käsittelyssä todettiin (ks. kappale 10.5).

Pyöröpaali-esimerkki

Pyöröpaalissa säilörehun kuiva-aineen tulisi olla yli 30 %. Pyöröpaalin pohjalle kertyvä puristeneste pilaa säilörehua ja huuhtelee mukanaan säilörehun säilöntäaineita ja käymishappoja. Lisäksi liian märkä pyöröpaali painuu kasaan. (Nurmirehujen tuotan-

to ja käyttö 2010, 98.) Minisiilokokeen puristenestetuloksien avulla voidaan arvioida kuinka paljon puristenestettä syntyy esimerkiksi 600 kg painavaan säilörehupaaliin (ks. taulukko 15). Koerehuista ainoastaan puhtaan timotein kuiva-ainepitoisuus oli yli 30 % ja 600 kg pyöröpaalina siitä erittyisi 3,8 litraa. Kun säilörehussa on voikukkaa 25 % tai 50 %, laskee säilörehun kuiva-ainepitoisuus ja 600 kg säilörehupyöröpaaleista erittyisi puristenestettä noin viisi litraa (ks. taulukko 15). Voikukkaa sisältävä säilörehu ei sovi pyöröpaalisäilöntään, ellei voikukkapitoista säilörehua esikuivata nurmisäilörehua enemmän. Syntyvät puristenesteet jäävät pyöröpaalin sisälle eivätkä poistu puristenestekaivoon kuten laakasiiloista. Yleensä pyöröpaaleja käsitellään ja avataan joko navetan pihalla, välivarastoissa tai rehustamoissa, joista ne viedään ruokintapöydälle syöttöön. Pyöröpaaleista erittyvät puristeneste valuu joko maahan tai jää varaston lattialle, josta se täytyy siivota pois esimerkiksi imeyttämällä kuivikepuruihin. Tästä voisi päätellä, että voikukkaa sisältävä säilörehu lisää välillisesti myös työtä.

TAULUKKO 15. Minisiiloista syntyneet puristenestemäärät muutettuna 600 kg pyöröpaalin kokoluokkaan.

Voikukkaa	Kuiva-aine g/kg	Minisiilon paino g	Puristenestettä ml	Pyöröpaalista puristenestettä litraa
0 %	334	95,0	0,6	3,8
25 %	292	96,6	0,8	5,0
50 %	247	93,1	0,8	5,2

12 POHDINTA

Voikukka on yksi yleisimmistä ja runsaskasvuisimmista rikkakasveista, joita esiintyy viljelyksillä ja se on etenkin vanhojen nurmikasvustojen ongelma. Se valtaa helposti nurmen aukkopaikat ja varastaa nurmikasveilta valoa, vettä ja ravinteita. Suomalaisen nurmien todellista rikkakasvitilannetta ei tunneta kovin hyvin tai siitä ei ole tietoa. Pellolta halutaan saada mahdollisimman suuri hyöty irti pienillä kustannuksilla. Nurmiviljelyssä voidaan lannoituksen optimoinnin ja nurmenkorjuukaluston tehostamisen jälkeen keskittyä hyvän nurmen perustekijöihin eli nurmen perustamiseen ja

rikkakasvien torjuntaan. Vain tuottavasta ja satoisasta nurmesta voidaan korjata sekä taloudellisesti että laadullisesti hyvä sato.

Nurmen rikkakasvit, jotka ovat nurmien pahin kasvinsuojeluongelma, täytyy tunnistaa jo nuorena, jotta ne voidaan torjua ajoissa. Pellon hyvä peruskunto ja tiheä voimakasvuinen nurmikasvusto antavat nurmelle parhaat mahdollisuudet rikkakasvien voittamiseen. (Nurmirehujen tuotanto ja käyttö 2010, 49.) Mikäli voikukka halutaan torjua nurmista, täytyy kasvinsuojelutoimet tehdä voikukan ruusukevaiheessa. Edellisenä kesänä perustetun nurmen onnistuminen kannattaa arvioida keväällä ja kesän aikana kannattaa seurata rikkakasvitilanteen kehittymistä ja ryhtyä mahdollisesti torjuntaan.

Työn tarkoituksena oli selvittää kirjallisuuden ja minisiilokokeen tuloksien pohjalta, että miten voikukka vaikuttaa nurmisäilörehun säilyvyyteen, kemialliseen koostumukseen ja rehuarvoihin. Aluksi oletettiin, että voikukan ja muiden yrttimäisten rikkakasvien korkea puskurikyky on ongelma säilönnässä, mutta sitä se ei ole. Molemmissa Isselsteinin kokeissa (1993 ja 1996) todettiin, että voikukan korkea puskurikapasiteetti ei heikennä rehun käymislaatua. Kokeissa huomattiin myös, että voikukasäilörehussa käymisreaktiot olivat nopeampia tai intensiivisempiä kuin tavallisessa nurmisäilörehuissa ja säilörehun pH laski nopeammin. Myös Wyssin ja Vogelien (1994) kokeessa todettiin, että voikukkaa sisältänyt säilörehu säilyi hyvin ja oli käymislaadultaan jopa hieman parempaa kuin heinäkasvien. Wyss ja Vogel (1994) tulivat siihen tulokseen, että käymislaatuun vaikuttaa eniten rehun sokerien määrä. Todennäköisesti hyvin onnistuneessa säilönnässä, jossa on riittävästi sopivia maitohappobakteereja, niiden käymisreaktiot laskevat rehun pH:n tavoitearvoon, oli sen puskurikapasiteetti kuinka suuri tahansa.

Lypsylehmien ruokinnassa on tärkeää, että eläimet saavat laadukasta säilörehua, jonka kemiallinen koostumus ja rehuarvot vastaavat eläimen toimivan ruuansulatuksen tavoitteita. Oikeilla rehuilla, jotka ovat täyttäviä ja maittavia ja joiden kivennäis- tasapaino on kunnossa, pysyvät eläimet terveinä ja tuottavat hyvin. Kun lypsylehmä saa ruokinnasta kaikkia pääkivennäisiä oikeassa suhteessa, pienenee riski sairastua poikimahalvaukseen. Voikukan korkea kaliumpitoisuus nostaa riskiä sairastua poikimahalvaukseen. Lehmän täytyy saada kaliumia sopivassa suhteessa kalsiumin ja

magnesiumin yhteismäärään nähden. Liika kalium heikentää magnesiumin imeytymistä pötsistä. Lehmän ummessaolokaudella täytyy ruokinnassa kiinnittää huomiota myös kalsiumiin. Jos lehmä saa ummessaolokaudella liikaa kalsiumin, voi poikimisen jälkeinen kalsiumin absorptio heikentyä, kun kalsiumin tarve maidon tuotannon noustessa kasvaa. Vaikka voikukkapitoinen säilörehu on käymislaadultaan ja rehuarvoiltaan hyvää paitsi kaliumin osalta, täytyisi voikukkaa sisältävästä säilörehusta järjestää ruokintakoe. Tätä mieltä on myös Isselstein (1993). Ruokintakokeen avulla selviäisi myös voikukan vaikutukset maidon laatuun.

Maatiloilla on huomattu, että voikukkaa sisältävästä säilörehusta tulee märkää ”mössöä”, joka hankaloittaa rehun käsittelyä. Tämä johtuu voikukan matalasta kuiva-ainepitoisuudesta. Voikukkaa sisältävä kasvusto vaatii pidemmän esikuivatusajan, jotta säilörehun kuiva-ainepitoisuus saadaan nousemaan. Kuiva-ainepitoisuuden nousu vähentää myös rehusta syntyvää puristenestemäärää eikä rehusta tule liian märkää käsitellä. Kuiva-ainepitoisuuteen vaikuttavat kasvin ominaisuudet. Tuoreen voikukan kuiva-ainepitoisuus (156 g/kg) oli kokeessa puolet pienempi kuin timotein (329 g/kg ka) (ks. taulukko 7). Voikukka on niitettäessä kosteampi kuin timotei ja sen takia kasvusto vaatii pidemmän kuivatusajan. Kun voikukkaa on kasvustossa vähän, kannattaa viljelijän ensisijaisesti ajatella korjattavaa pääkasvia ja esikuivattaa rehua sen mukaan. Vaikka voikukka jää kosteammaksi, ei se vaikuta säilöntätulokseen, jos rehu on säilötty huolellisesti. On mahdollista, että liika kuivattaminen lisää korjuutappioita, kun kuivanneet kasvinosat tippuvat takaisin pellolle.

Opinnäytetyön kirjallisuusselvityksen ja minisiilokokeen tuloksien perusteella näyttää siltä, että pienestä määrästä voikukkaa ei ole haittaa säilörehussa. Voikukkaa sisältävä säilörehu säilöytyy hyvin, mutta vaatii pidemmän esikuivatusajan kuin puhdas nurmiheinäkasvusto, jotta vältetään liian matalalta kuiva-ainepitoisuudelta. Lypsylehmiä ruokinnan näkökulmasta kaliumin määrät nousevat yli suositusten, kun voikukkaa on 25 % säilörehun tuorepainosta. Pienet voikukkamäärät kasvustossa eivät ole haitaksi ruokinnalle, mutta kun voikukan määrä lisääntyy lähes neljännekseen, kannattaa voikukka torjua nurmesta ja tarvittaessa tehdä esimerkiksi täydennyskylvö kasvustoon.

Sain opinnäytetyön aiheen kesällä 2010, kun suoritin erikoistumisharjoittelua MTT Maaningalla kenttäkokeiden parissa. Olen kotoisen lypsykarjatilalta ja työskennellyt maatalouslomittajana useilla maitotiloilla, joka selittää kiinnostustani tätä tuotantosuuntaa kohtaan. Toivoin löytäväni sellaisen opinnäytetyöaiheen, jossa yhdistyisivät lypsykarjatalous ja kasvintuotanto, johon harjoittelun aikana erikoistuin. Tässä opinnäytetyöaiheessa yhdistyvät molemmat tuotantosuunnat luontevasti.

Aloitin kirjallisuusselvityksen ja teorianäytöjen lukemisen ja keräämisen jo kesällä. Syksyn 2010 aikana aloitin opinnäytetyön kirjoittamisen ja työn aiheen esittely seminaari oli Tarvaalassa 26.10.2010. Kaikkein hankalinta opinnäytetyön teossa oli ulkomaisten tutkimustuloksien ja artikkeleiden etsintä. Opinnäytetyöstä löytyy useita lähinnä englanninkielisiä lähteitä, jotka olivat välttämättömiä työn kannalta. Ennen kuin työn asiakokonaisuudet ja runko hahmottuivat, jouduin tekemään paljon aiheenrajausta ja jättämään monia mielenkiintoisia asioita vähemmälle huomille tai jättämään kokonaan pois. Välillä työ eteni todella hyvää vauhtia ja ihan itsestään ja välillä se eteni niin hitaasti, että tuntui siltä, että tuliko haukattua liian suuri pala. Kaikkein raskainta ja aikaa vievintä työssä on ollut sen viimeistely. Vaikka opinnäytetöiden raportointiohjetta on ollut helppo noudattaa, niin jotkin vapaudet esimerkiksi sisällön rakenteelle ja taulukoiden muodolle ovat aiheuttaneet pään vaivaa. Taulukoiden yhtenäisen, selkeän ulkonäön ja hyvän luettavuuden luominen on ollut vaikeaa. Työntilaaajan edustaja on todella aktiivisesti mukana työn ohjauksessa ja vastaanottanut kaikkiin työhön liittyviin kysymyksiin ja antanut aina pyydettyä palautetta työn sisällöstä.

Työn teoriaosuus on ollut haastava sen moninaisuuden ja laajuuden takia, mutta tällaisella alalla ja kun puhutaan eläimistä, niin asiat eivät ole yksiselitteisiä saatikka yksinkertaisia. Eläimiin ja tässä tapauksessa lypsylehmiin vaikuttavat niin monet asiat, kuten kasvatusolosuhteet, ruokinta, tuotosvaihe, perimä ja ympäristö, että kaikkien hallitseminen on vaikeaa. Kaikki eri tekijät vaikuttavat toisiinsa joko kielteisesti tai myönteisesti. Lisäksi näistä toisiinsa linkittyneistä aiheista jokainen voidaan jakaa useisiin pieniin osiin, jonka takia työn rajaaminen on tärkeää. Joistakin aiheista olisi todennäköisesti löytynyt tuoreempaakin tutkimustietoa, mutta niiden läpi kahlaaminen olisi ollut todella työlästä ja aikaa vievää ja eikä lisätyö olisi tuonut tälle työlle

niin paljoo lisäarvoa, että olisi korvannut työmäärää. Työssä on jo nyt varsin laaja lähdeluettelo eikä lähteiden kanssa ole kikkailtu viittaamalla useisiin lähteisiin, joiden alkuperäinen lähde on kuitenkin sama.

Aihe on ajankohtainen ja sopiva agrologi (AMK)-tutkinnon lopputyöksi. Työn pohjalta voidaan kumota väitteet voikukan haitoista säilörehun säilönnälliseen laatuun ja maidon laatuun. Voikukan korkeampi kosteuspitoisuus heinäkasveihin verrattuna on voinut aiheuttaa säilöntään ongelmia, kun sitä ei ole esikuivattu riittävän kauan. Työn tuloksista voidaan viljelijälle sanoa, että pieniä voikukkamääriä (alle 25 % sadossa) ei tarvitse pelästyä sadon laadun kannalta. Sadon määrään ei oteta kantaa tässä opinäytetyössä. Työn kautta huomattiin, että voikukka sisältää enemmän kivennäisiä ja etenkin kaliumia kuin normaalit säilörehun nurmikasvit kuten timotei. Voidaan sanoa, että jos voikukkaa sisältävää säilörehua käytetään lypsylehmien ruokinnassa, täytyy kiinnittää erityistä huomiota kivennäisruokintaan ja oikeaan kivennäistasapainoon, jotta vältytään haitoilta. Työn tuloksien pohjalta voidaan lähteä arvioimaan voikukan sopivaa torjuntakynnystä, joka nykyään liikkuu 10 % tienoilla.

Tämän työn pohjalta on helppo laajentaa tutkimusta käsittelemään muita rikkakasveja kuten hierakkaa, koiranputkia, ohdakkeita, valvatteja, leinikkejä ja nokkosta. Lisäksi suomalaisten nurmipeltojen tämän hetkinen rikkakasvitilanne tarvitsee kartoituksen. Koska maidon laatu asioihin kiinnitetään paljon huomiota, täytyisi saada tuoretta tutkimustietoa lehmälle syötettyjen rikkakasvien vaikutuksista siitä tuotettuun maitoon. Maito ottaa helposti makua ympäristöstä. Toinen kiinnostava aihe on eri rikkakasvien vaikutus säilörehun maittavuuteen. On mahdollista, että lehmä syö huonommin sellaista rehua, jonka joukkoon on silputtu epämiellyttävän makuisia rikkakasveja. Yksi mielenkiintoinen tutkimuskohde voisi myös olla voikukan ja muiden rikkakasvien aiheuttamat nurmen korjuutappiot.

LÄHTEET

Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. 2005. 14. uud. p. Kasvinsuojeluseura ry:n julkaisu n:o 100. Toim. T. Mäki-Valkama. Hämeenlinna: Karisto.

Alasuutari, S., Manni, K. & Rautala, H. 2010. Lypsylehmän ruokinta ja hoito. 3. tark. p. Opetushallitus. Vantaa: Juvenesprint.

Artturi-verkkopalvelu. n.d. Säilönnällinen laatu. Viitattu 12.11.2010.

<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi>, Rehuanalyysin tulkinta/märehtijät, Säilönnällinen laatu.

Bergen, P., Moyer, J. R. & Kozub, G. C. 1990. Dandelion (*Taraxacum officinale*) Use by Cattle Grazing on Irrigated Pasture. Weed Technology 4, 258-263. Viitattu 12.1.2011. <http://www.jstor.org/pss/3987070>.

Eläinten lääkintä ja hoito –käsikirja eläintenhoitajille. 2009. Toim. H. Sirkkola ja S. Tauriainen. Opetushallitus. Edita Prima.

Erkamo, M. 2001. Rikkakasviopas. Kasvinsuojeluseuran julkaisu n:o 94. Karisto.

Faba. 2009a. Terveystarkkailutulokset 2010. Viitattu 18.12.2010.

http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/terveysjalostus/terveystarkkailutulokset_2008.

Faba. 2009b. Terveystarkkailutulokset 2009. Viitattu 18.12.2010.

http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/terveysjalostus/terveystarkkailutulokset_2009.

Falkowski, M., Kukulka, I. & Kozłowski, S. 1990. Eds. Gaborcik, N., Krajcovic, V. & Zimkova, M. Biological properties and fodder value of dandelion. Proceedings of 13th general meeting of the EGF 1990 2, 208–211.

Gillespie, J. R. 1995. Modern Livestock & Poultry Production. 5th ed. United States of America: Delmar Publishers.

Gummesson, G. 1987. Ogräsens betydelse i betet. Betesdrift på mjölkproducerande gårdar. Lantbruksstyrelsens fortbildningskurs, april 1987.

Harrington, K. C., Thatcher, A. & Kemp, P. D. 2006. Mineral Composition and Nutritive Value of Some Common Pasture Weeds. New Zealand Plant Protection 59, 261-265.

Isselstein, J. 1993. Forage nutritive value and ensilability of some common grassland herbs. Proceedings of the XVII International Grassland Congress 1993, 577-579.

Isselstein, J. & Daniel, P. 1996. Eds. Parente, G., Frame, J. & Orsi, S. The Ensilability of Grassland Forbs. Grassland and Land use systems 16th EGF Meeting 1996, 451-455.

Jackson, B. S. 1982. The lowly dandelion deserves more respect. Can. Geogr. 102, 54–59.

Jeangros, B., Schubiget, F. X., Daccord, R., Arrigo, Y. Scehovic, J. & Lehmann, J. 2002. Digestibility of Selected Grassland Plant Species. *Grassland Science in Europe* 7, 128-129.

Luontoportti. 2010. Voikukat. Viitattu 16.11.2010

<http://www.luontoportti.com/suomi/fi/kukkakasvit/voikukat>.

Lypsylehmien kivennäisruokintasuositukset. n.d. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Viitattu 24.11.2010. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot>, Ruokintasuositukset, Märehtijät, Lypsylehmien kivennäisruokintasuositukset.

Lypsylehmän ruokinta. 2006. 6. uud. p. Toim. J. Kyntäjä ja H. Teräväinen. Tieto tuottamaan 117. Ellibs -verkkokirja. Viitattu 21.3.2011.

<http://library.ellibs.com/login/?library=90&book=951-808-135-2&language=fi>, (vaatii Jyväskylän ammattikorkeakoulun kirjaston käyttäjätunnuksen)

Maidon laatukäsikirja. 2010. Viitattu 11.11.2010.

<https://valma.valio.fi/valma/file.jsp?nimi=userdata/1/2490/LKkoko.pdf>, (vaatii käyttäjätunnuksen).

Mainz, A. K. 1995. Futterqualitat und Konservierungseigenschaften verbreiteter Grunlandkrauter. Justus-Liebig-Universitat, Giessen, Germany.

McDonald, P., Henderson, A. R. & Heron, S. J. E. 1991. *The Biochemistry of Silage*. 2nd ed. Aberystwyth: Chalcombe.

Moisio, T. & Heikkonen, M. 1992. AIV-rehun perusteet. Tampere: Tammer-Paino.

Mt.Pleasant, J. & Schlather, K. J. 1994. Incidence of Weed Seed in Cow (Bos sp.) Manure and its Importance as a Weed Source for Cropland. *Weed Technology* 8, 304–310.

Nautojen hivenainesuositukset. n.d. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Viitattu 22.2.2011. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot>, Ruokintasuositukset, Märehtijät, Nautojen hivenainesuositukset.

Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 2010. Toim. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. Tieto tuottamaan 132. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino.

Oikarinen, M. 2002. Magnesiumin osuus poikimahalvauksen synnyssä. Tiivistelmä. Viitattu 1.11.2010 <http://helda.helsinki.fi/handle/1975/1453>.

Piirainen, M. 2004. Rikkaruohot. 2. p. Hämeenlinna: Karisto.

Pyörälä, S. & Tiihonen, T. 2005. Magnesiumin saantiin liittyvät häiriöt. Viitattu 1.11.2010.

http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/ela/sarjat/oppimateriaalia/6/03_magnesiumin_saantiin_liittyvat_hairiot.pdf.

Saarinen, A. n.d. Nurmien rikkakasvitorjunnalla terveellistä ja tuottavaa nurmea. Pohjois-Savon nurmiopas, 25–27.

- Sipilä, A. 2006. Rehuarvot ja laatukäsitteet. Nurmitieto 4.1.1. Viitattu 8.12.2010. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys>, Nurmitieto, Nurmitietojulkaisujen sisällysluettelo, 4.1.1. Rehuarvot ja laatukäsitteet.
- Sipilä, A. & Jaakkola, S. 2006. Säilöntäprosessin vaiheet. Nurmitieto 3.1.2. Viitattu 13.1.2011. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys>, Nurmitieto, Nurmitietojulkaisujen sisällysluettelo, 3.1.2. Säilöntäprosessin vaiheet.
- Sipilä, A. & Saarisalo, E. 2006. Rehun säilöntä. Nurmitieto 3.1.1. Viitattu 13.1.2011. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys>, Nurmitieto, Nurmitietojulkaisujen sisällysluettelo, 3.1.1. Rehun säilöntä.
- Spörndly, R. 1989. Fodertabeller för idisslare. Sveriges lantbruksuniversitet. Speciella skrifter 39. Uppsala.
- Stewart-Wade, S. M., Neumann, S., Collins, L. L. & Boland, G. J. 2002. The Biology of Canadian Weeds. 117. *Taraxacum officinale* G. H. Weber ex Wiggers. Canadian Journal of Plant Science 82, 825–853.
- Taanila, A. 2010. Tilastollisen päättelyn alkeet. Viitattu 14.1.2011. <http://myy.haaga-helia.fi/~taaak/p/paattelyalkeet.pdf>.
- Tauriainen, S. & Ala-Kauppi, A. 2003. Nurmen kuokkavieraat uhkaavat kivennäistasapainoa. KMMET 7, 24–25.
- Tauriainen, S. & Sipilä, A. 2006. Magnesium. Nurmitieto 4.3.3. Viitattu 8.12.2010. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/nurmiyhdistys>, Nurmitieto, Nurmitietojulkaisujen sisällysluettelo, 4.3.3. Magnesium.
- Tike. 2010a. Kotieläinten lukumäärä. Matilda maataloustilastot. Viitattu 22.12.2010. <http://www.maataloustilastot.fi/tilasto/36>, Taulukot, Kotieläinten lukumäärät keväällä 2010.
- Tike. 2010b. Käytössä oleva maatalousmaa. Matilda maataloustilastot. Viitattu 22.12.2010. <http://maataloustilastot.fi/tilasto/35>, Taulukot, Käytössä oleva maatalousmaa 2010.
- Vallius, E. 2010. *Taraxacum officinale* –nimikkeen käyttö. Sähköpostiviesti 15.11.2010 Vastaanottaja T. Rahkonen. Jyväskylän yliopiston Ekologia ja evoluutiobiologian osaston lehtorin ohjeita *Taraxacum officinale*- ja voikukka-nimikkeen käytölle.
- Virkajärvi, P. & Punkki, P. n.d. Säilörehunurmien rikkakasvien torjuntakokeiden tuloksia. Pohjois-Savon nurmiopas, 28–30.
- Wyss, U. & Vogel, R. 1994. Influence of Botanical Composition and Stage of Maturity of Forage on Fermentation Quality and In-silo Losses.