

Säilörehun korjuuajan optimointi

Henna Hyttinen

Opinnäytetyö

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala	
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Henna Hyttinen	
Työn nimi Säilörehun korjuuajan optimointi	
Päiväys 27.3.2013	Sivumäärä/Liitteet 50/7
Ohjaaja(t) Pirjo Suhonen, Sinikka Ripatti, Petri Kainulainen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) MTT Maaninka ja KARPE -hanke/ Maarit Hyrkäs	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön aiheena on vertailla, millaisia eroja on neljän eri korjuustrategian välillä KARPE -hankkeen toteuttamassa korjuuaikakoikeessa. Eroja tarkastellaan kuiva-aine- ja muuntokelpoisen energiasadon, D-arvon, kuidun ja raakavalkuaisen kesken. Lisäksi opinnäytetyössä selvitetään voitaanko lehtien osuudella, timotein ja nurminadan kehitysasteella, kasvuston korkeudella, lämpösummalla, keskilämpötilalla ja kuiva-ainesadolla ennustaa sadon sulavuutta eli D-arvoa.</p> <p>Korjuuaikakoikeessa oli neljä erilaista korjuustrategiaa, joista vain yhdestä tehtiin kolme satoa kasvukaudella ja muista tehtiin kaksi satoa. Aikaisessa niitossa ensimmäinen niitto tehtiin aikaisin kesäkuun alussa, kuin myös kolmen niiton strategiassa. Myöhäistetyn niiton ensimmäinen sato niitettiin kesäkuun puolivälissä ja erittäin myöhäisessä niitossa ensimmäinen sato korjattiin kesäheinäkuun välissä. Toinen niitto oli aikaistetulla, myöhäistetyllä ja erittäin myöhäisellä korjuustrategioilla yhtä aikaa elokuun alkupuolella. Kolmen niitolla toinen niitto oli heinäkuun puolivälin jälkeen ja kolmas niitto syys-lokakuussa.</p> <p>Kokonaissatojen vertailussa korjuustrategioiden välillä löytyi eroja. Kuiva-aine- ja ME -sato kasvoivat mitä myöhemmäksi korjuuajankohta meni. Kolmella ja aikaisella niitolla säilörehun laatu kokonaissadossa oli D-arvoltaan ja kuidultaan hyvä. Ainoastaan kolmen niitolla oli optimaalinen raakavalkuaistaso. Hyvälaatuisella säilörehulla, jossa D-arvo tulisi olla suositusten mukaan 680–700 g/kg ka, vaikuttaa lypsylehmän maidontuotantoon.</p> <p>Sadon sulavuutta tulosten perusteella pystytään ennustamaan lehtien osuudella, kasvuston korkeudella, lämpösummalla ja kuiva-ainesadolla. Käytännössä lehtien osuudella ja kuiva-ainesadolla sulavuuden ennustaminen on hankalaa. Lämpösummalla sadon sulavuuden määrittämistä on jo hyödynnetty Artturi korjuuajankapalvelussa, josta viljelijät voivat nähdä milloin ensimmäisen säilörehusadon sulavuus on sopiva. Tulisi tehdä lisää tutkimuksia siitä, kuinka sadon sulavuutta voitaisiin määrittää käytännössä.</p>	
Avainsanat Korjuuajankohta, D-arvo, kuiva-ainesato, muuntokelpoinen energiasato, kuitu, raakavalkuainen	

Field of Study Natural Resources and the Environment			
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries			
Author(s) Henna Hyttinen			
Title of Thesis The Optimum Harvesting of Silage			
Date	27.3.2013	Pages/Appendices	50/7
Supervisor(s) Pirjo Suhonen, Sinikka Ripatti, Petri Kainulainen			
Client Organisation /Partners MTT Maaninka and KARPE-project (Profitable Field Management on Cattle Farms)/Maarit Hyrkäs			
<p>Abstract</p> <p>The KARPE –project has made a research study about what kind of differences there are between the four different harvesting strategies. In this thesis harvesting strategies are compared with each other by dry matter - and metabolised energy yield, D-value, neutral detergent fibre and crude protein. The second thing in this thesis is to find out is it possible to predict yield digestibility with a proportion of leafs, the development of timothy and meadow fescue, growth height, temperature sum, average temperature and dry matter yield.</p> <p>In the research there were four different harvesting strategies. Only one strategy was harvested three times during the growing season. Other strategies were harvested two times during the growing season. The strategies first cut was at different times. In the early first cut first cut in the beginning of June as well as in the three harvests strategy. The delayed first cut was harvest in the middle of June and then late first cut was harvest at the end of June. The second harvest was in the early first cut, delayed first cut and late first cut strategies on the same day in the beginning of August. The second cut of the three harvests strategy was in the middle of July and the third cut was in September or October.</p> <p>There were differences between the four different strategies when comparing total yields. The later the harvesting the more the dry matter yield and metabolised energy yield increased. Digestibility and neutral detergent fibre in the total yield were good in the third and early strategies. In only the strategy of three harvests was there an optimum crude protein. Silage of good quality the digestibility of which is 680-700 g/kg of dry matter affects a lot in the cow's milk production.</p> <p>Based on results there is a possibility to predict yield digestibility with a proportion of leafs, growth height, temperature sum and dry matter yield. In practise it is very difficult to predict yield digestibility with a proportion of leafs and dry matter yield. At this present time farmers can see from the Artturi harvest time service when the digestibility is suitable to start the first reaping by following temperature sum. There should be more research studies on how to define digestibility in the yield.</p>			
Keywords Harvest time, D-value, dry matter yield, metabolised energy yield, neutral detergent fibre, crude protein			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	NURMIVILJELY ENNEN JA NYT	7
3	NURMENVILJELY.....	9
3.1	Nurmen perustaminen ja hoito.....	9
3.2	Yleisimmät kasvilajit.....	11
3.2.1	Timotei	11
3.2.2	Nurminata	12
3.3	Säilörehun laadun mittarit	14
3.4	Säilörehun korjuu aika	17
4	AINEISTOT JA MENETELMÄT	19
4.1	Koeasetelma	20
4.2	Kasvustohavainnot.....	21
4.3	Kasvuston kehitysasteet	22
4.4	Kokeen niitto ja näytteiden otto	25
4.5	Tilastollinen menetelmä.....	26
5	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	29
5.1	Kasvukaudet	29
5.2	Maan kosteus.....	31
5.3	Lehtialaindeksi.....	32
5.4	Satojen niittopäivät.....	35
5.5	Nurminadan ja timotein suhde kasvustossa.....	37
5.6	Kuiva-aine- ja ME -sadot	38
5.7	Satojen laatu.....	40
5.8	Muuttuvien tekijöiden vaikutukset D-arvoon.....	42
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	45
7	PÄÄTÄNTÖ	48
	LÄHTEET	50

LIITTEET

Liite 1 Kasvuston kehitysasteet (mukaillen Simon & Park 1981)

Liite 2 Kuiva-ainesato

Liite 3 ME-sato

Liite 4 D-arvo

Liite 5 NDF

Liite 6 Raakavalkuainen

Liite 7 Korrelaatioiden keskiarvot

1 JOHDANTO

Nurmiviljelyn peltopinta-ala Suomen kokonaispeltopinta-alasta on noin 29 %. Nykyään tilat eivät välttämättä tarvitse nurmenviljelyyn suurta peltopinta-alaa, koska sato-
tasot ovat huomattavasti nousseet. Hyvän sadon määrään ja laatuun vaikuttavat monet asiat kuten nurmen perustamisen onnistuminen, kasvilajin ja -lajikkeen valinta, lannoitus, nurmen talvehtiminen ja korjuuajankohta. Säilörehun laatua kannattaa tarkkailla sulavuuden, kuiva-aineen, raakavalkuaisen, kuidun ja muuntokelpoisen energian tunnuslukuja silmälläpitäen, mitkä vaikuttavat esimerkiksi maidon laatuun.

Tutustuin MTT Maaninkaan jo kesällä 2011 ollessani siellä kesätöissä. Kesällä 2012 tein harjoittelun ao. paikassa ja tutustuin silloin KARPE – hankkeeseen paremmin. Olin kuullut hankkeesta koulun ohella tehdessäni harjoittelutehtävää siihen liittyen ja sain siksi tutustua siihen vielä paremmin. Hankkeen alla oli meneillään mielenkiintoinen niittostrategiakoe, joka tehtiin ruutumittakaavassa MTT Maaningalla ja kokeelta on kerätty aineistoa kolmelta vuodelta. Samainen koe on tehty myös MTT Ruukissa. Aihe kiinnosti minua ja siksi halusin tehdä siitä opinnäytetyön. Koska aineistoa on kolmelta vuodelta sekä MTT Maaningalta että MTT Ruukista, keskitytään tässä opinnäytetyössä vain MTT Maaningan aineistoon.

Opinnäytetyössä kuvaillaan, kuinka korjuuajakastrategiakoe on tehty MTT Maaningalla ja millaisia havaintoja kasvustosta on kerätty. Työssä tullaan kertomaan kokeen sääolosuhteista, maan kosteudesta, kasvustosta ja niittopäivien lämpösummasta ja keskilämpötilasta kolmen vuoden ajalta. Tarkastelussa on myös miten timotein ja nurminadan määrä vaihtelee niitoittain.

Opinnäytetyössä tarkastellaan eroja vuosien välillä kerätyn aineiston perusteella. Työn tarkoituksena on selvittää, millaisia eroja korjuustrategioiden välillä on kuiva-
aine- ja muuntokelpoisen energiasadon, sulavuuden, kuidun ja raakavalkuaisen kesken. Toisena asiana opinnäytetyössä on selvittää, voidaanko erilaisilla muuttujilla ennustaa sadon sulavuutta. Muuttuvina tekijöinä ovat lehtien osuus (%), timotein ja nurminadan kehitysaste, kasvuston korkeus, lämpösumma, keskilämpötila ja kuiva-
ainesato. Tulosten perusteella pyritään tekemään johtopäätöksiä, joista on hyötyä viljelijöille.

2 NURMIVILJELY ENNEN JA NYT

Suomessa nurmenviljely on alkanut vasta sata vuotta sitten, mitä ennen luonnonniityiltä kerättiin karjalle tuleva rehu. Kun karjatalouden merkitys kasvoi Suomessa, alettiin vasta silloin panostaa heinäkasvien viljelyyn. (Raininko 1985, 213.) Suomessa ennen 1950 -lukua nurmien peltoviljelyala oli puolet viljelystä peltoalasta. Sato-
tasojen nouseminen ja eläinmäärän pieneneminen laskivat nurmiviljelyalan kolmannekseen. (Hyytiäinen, Hedman-Partanen & Hiltunen 1995, 11.)

Vuonna 2012 Suomessa viljeltyä alaa oli yhteensä 2 247 800 ha, josta 29,4 % oli nurmiviljelyssä, kuten taulukosta 1 voi huomata. Tästä nurmialasta 471 100 ha oli säilörehua, laidunta 73 300 ha ja kuivaheinää 95 300 ha. Muuta nurmialana käytettyä oli 73 300 ha, joka sisältää heinän- ja apilansiemenen ja tuorerahun viljelyn. (Peltoalan käyttö, 1910 ja 1920–2012.)

TAULUKKO 1. Peltoalan käyttö vuonna 2012 (Peltoalan käyttö 1910 ja 1920-2012. Maataloustilastot 2013.)

Peltoalan käyttö vuonna 2012		
Kasvi	Ala (1000 ha)	%
Vilja	1153,6	51,3
Herne	4,7	0,2
Peruna	22,7	1
Sokerijuurikas	11,6	0,5
Rypsi ja rapsi	68,8	3,1
Nurmi	659,9	29,4
Muut kasvit	59,2	2,6
Kesanto	267,3	11,9
Yhteensä	2247,8	100

Nurmenviljely on keskittynyt enimmäkseen maan keski- ja itäosiin sekä Pohjois-Suomeen. Etelä- ja lounaisosissa nurmenviljelyä on vähemmän. (Hyytiäinen, Hedman-Partanen & Hiltunen 1995, 11.) Suomessa nurmien sato on keskimääräisesti yli 3 000 kg ka/ha, mutta tavoitteena voidaan pitää yli 6 000 kg ka/ha. Tähän kuitenkin vaaditaan, että pellot ovat hyvässä kunnossa. (Puurunen & Mero 2010, 7.)

Laadukkaan ja tuottoisan sadon saamiseksi viljelijä joutuu tekemään töitä. Jo nurmen perustamisvaiheessa olisi hyvä ottaa kaikki huomioon. Nurmea kasvatetaan 3–4 satoa, joten peruspohjan saaminen hyväksi nurmen perustamisvuonna on tärkeää.

Kun kaikki nurmen hoitotoimenpiteet, kuten lannoitus ja rikkakasvitorjunta tehdään hyvin, nurmi tuottaa runsaan ja laadukkaan säilörehusadon.

Lypsylehmien ruokinnassa käytetään eniten säilörehua. Laadukkaan säilörehun tuottaminen on siis tärkeää, koska säilörehulla vaikutetaan paljon lehmän terveyteen, maidon laatuun ja ruokintaan. Kuvassa 1 lehmälle maistuu hyvä säilörehu. Eniten säilörehulla vaikutetaan lypsylehmien maidontuotantoon. Huonolaatuisen säilörehun vastapainoksi tila joutuu hankkimaan kalliimpaa ja parempaa väkirehua. (Rantala 2007, 38.)



KUVA 1. Säilörehulla vaikutetaan lypsylehmän maidontuotantoon. Henna Hyttinen, 2013.

Professori Perttu Virkajärven mukaan nurmentuotannolla on suuri merkitys Suomen maataloudessa. Varsinkin lypsy- ja lihakarjoille nurmenviljely on tärkeää, koska sen avulla pystytään tuottamaan maitoa ja lihaa. Nurmesta tehtyä säilörehua tarvitaan yhtä maitolittraa kohti reilu kilo ja yhtä naudanlihakiloa kohti 12 kiloa. Välillisesti ihmiset syövät päivässä keskimäärin 3-4 kiloa nurmea, mikä tarkoittaa vuodessa yli tuhat kiloa! (Vesander 2013, 34.)

3 NURMENVILJELY

Keväällä kylvetyn nurmen tulee syksyllä olla vahva ja tiheä, jotta se selviäisi talven yli. Perustamisvaiheessa tulee ottaa huomioon, että pelto on tasainen ja nurmelle levitetään lannoitteita. (Puurunen & Virkajärvi 2010, 43.) Nurmiheinistä tärkeimmät viljeltävät kasvilajit ovat timotei ja nurminata, jotka sopivat moneen eri tarkoitukseen, kuten säilörehuksi, laitumeksi ja kuivaheinäksi (Niskanen & Niemeläinen 2010, 31,37).

Säilörehun laatua voidaan mitata erilaisilla arvoilla kuten D-arvolla, kuiva-aineella, raakavalkuaisella, kuidulla ja muuntokelpoisella energialla. Kun edellä mainitut arvot ovat kohdallaan, voidaan syöttää laadultaan hyvää säilörehua lypsylehmälle. Säilörehun laatuun vaikuttaa myös säilörehun korjuu-aika. Ensimmäisen sadon D-arvo tavoitteena on yleensä 680–700 g/kg ka ja toisessa sadossa 20–40 yksikköä alhaisempi. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen & Rinne 2010, 93.; Nousiainen, Niskanen, Kainulainen & Toivakka 2010, 76.) Kolmas sato on mahdollinen, kunhan kesän ensimmäinen sato korjataan mahdollisimman ajoissa kesän alkupuolella (Seppälä, ym. 2002, 28).

3.1 Nurmen perustaminen ja hoito

Onnistuneessa nurmen perustamisessa luodaan hyvä pohja tuleville satovuosille. Nurmen perustamisvuonna on äärimmäisen tärkeää, että pelto on hyväkuntoinen ja vesitalous on kunnossa. (Puurunen & Virkajärvi 2010, 43.) Hyväkuntoinen maa on ilmava, sillä on vilkas pieneliötoiminta ja erityisesti happi kulkeutuu kasvien juurille ja maan pieneliöstölle. Haitalliset kaasut kuten esimerkiksi hiilidioksidi (CO₂) ja metaani (CH₄), poistuvat ilmavasta maasta paremmin kuin tiivistä maasta. (Pietola 2002, 18.) Maa pysyy ilmavana pieneliötoiminnan avulla, joka myös varmistaa että kasvit saavat käyttöönsä ravinteita ja vettä. Pellon vesitalouden tulee olla kunnossa, koska nurmi vaatii vettä tuottaakseen hyvän sadon. Tarvitaan 400–900 litraa vettä, jotta voidaan tuottaa yksi kuiva-ainekilo. Vesitalous voidaan varmistaa salaojituksella, jonka avulla esimerkiksi liika vesi kulkeutuu pelloilta pois. (Puurunen & Virkajärvi 2010, 44.)

Keväällä pelto kuivuu nurmen perustamista varten nopeasti toimivan salaojituksen avulla. Ennen kylvöä pelloilta olisi hyvä ottaa viljavuusnäyte, minkä avulla nähdään pellon mahdolliset ravinnepuutokset. Nurmi tarvitsee typpeä (N) kasvuun ja sadon muodostukseen. Korkeilla typpilannoitusmäärillä nurmen talvituhon- ja huuhtoutumisriski kasvavat. (Virkajärvi, Pakarinen & Nykänen 2010, 58–59.) Fosfori (F) on tärkeä

ravinne kasveille, mutta samalla se on yksi pahimmista pintavesien rehevöittäjistä. Fosforin turhaa pintalevitystä tulee välttää silloin, kun maan oma fosforitilanne on viljavuusnäytteen mukaan tyydyttävä. Kuitenkin nurmen perustamisvaiheessa on muistettava antaa fosforia ajatellen muita satovuosia. (Maisi 2007, 17.) Nurmet käyttävät typen lisäksi yhtä paljon kaliumia (K). Nurmet käyttävät maassa olevan kaliumin yli omien tarpeidensa, jos maassa on kaliumia runsaasti. Kaliumia kannattaa lannoittaa joka sadolle erikseen, mutta on muistettava, ettei sitä levitetä liikaa. Jos rehussa on kaliumia yli 30–35 g/kg ka, poikimahalvauksen riski lisääntyy. (Virkajärvi, Pakarinen & Nykänen 2010, 62.)

Ravinnetilanteen tultua selvitettyksi ja tarpeen mukaan korjatuksi, voidaan nurmi perustaa. Nurmi voidaan kylvää joko ilman suojaviljaa tai suojaviljan kanssa. Ilman suojaviljaa nurmi voidaan kylvää Pohjois-Suomessa heinäkuun loppuun mennessä ja Etelä-Suomessa elokuun puoliväliin mennessä. Suojaviljan kanssa kylvetty nurmi kylvetään normaalisti keväällä. Ohra soveltuu viljoista parhaiten nurmen suojaviljaksi sen aikaisen korjuun takia, mikä on hyvä nurmen talvehtimisen kannalta. (Puurunen & Virkajärvi 2010, 44.) Nurmen kehitystä voi haitata ohran lakoherkkyys, joten kannattaa valita laonkestäviä ohralajikkeita. Suojaviljasta jäävä olki kannattaa korjata pois nurmelta, koska nurmi tukahtuu oljen alla ja syntyy aukkopaiikkoja. (Punkki 2010, 5.)

Nurmikasvustossa olevat aukot ovat rikkakasvien suosituimpia kasvupaikkoja. Rikkakasveja pitää torjua nurmilta, koska jotkut rikkakasvit vaikuttavat lypsylehmän maidontuotantoon ja terveyteen. (Saarinen 2007, 25–26.) Perustamisvuonna suojaviljan ruiskutuksessa on otettava huomioon, että sama kasvinsuojeluaine käy myös nurmelle, ettei nurmikasvusto tuhoudu. Syksyllä suojaviljan korjuun jälkeen, noin kolmen viikon kuluttua, kannattaa katsoa perustetun nurmen rikkakasvitilanne ja nurmen yleinen kunto. Jos perustetussa nurmessa havaitaan rikkakasveja syksyllä, rikkakasvit kannattaa torjua. Näin varmistetaan nurmen elintila ja rikkakasveja on vähemmän keväällä ja mahdollisesti myös muina satovuosina. (Puurunen, Virkajärvi & Nykänen 2010, 51.)

Mikäli nurmeen jää aukkoja perustamisvuoden jälkeen, kannattaa aukkopaiikat kylvää uudestaan eli tehdä täydennyskylvö. Sen avulla voidaan pitää satotasoja korkealla ja kasvusto mahdollisimman tiheänä rikkakasvien estämiseksi. Hyvällä täydennyskylvöllä voidaan vaikuttaa sadon määrään ja laatuun. Täydennyskylvö kannattaa tehdä keväällä varhaisessa vaiheessa. (Kurki 2010, 46–47.)

3.2 Yleisimmät kasvilajit

Nurmiheinistä yleisimmät viljeltävät lajit Suomessa ovat timotei ja nurminata. Molemmat käyvät hyvin nurmiseoksiin ja niitä voidaan viljellä melkein koko maassa. Säilörehunurmissa kasvilajilta vaaditaan satoisuutta, voimakasta jälkikasvukykyä ja hyvää niitonkestävyyttä. Siksi juuri timotei ja nurminata ovat siihen sopivia. (Niskanen & Niemeläinen 2010, 31; Niskanen & Nykänen 2010, 37.)

Timotei on heinäkasvilajeista maittavin ja siitä voidaan tehdä kaksi satoa kasvukaudella (Niskanen & Kempainen 2012, 63). Nurminadasta voidaan ottaa kaksi tai jopa kolme satoa samana kesänä. Kasvunlähtötavoiltaan kasvilajit ovat erilaisia. Timotein jälkikasvu niittojen jälkeen on hitaampaa kuin nurminadalla. (Niskanen & Niemeläinen 2010, 32.)

3.2.1 Timotei

Timotei (*Phleum pratense*) on yleisin käytetty kasvilaji suomalaisessa nurmituotannossa ja sitä voidaan viljellä koko Suomessa. Se on talvenkestävä, sopii seoksiin nadan tai puna-apilan kanssa ja sitä voidaan viljellä erilaisissa maaperissä esimerkiksi turvemaidilla. On kuitenkin huomioitava, ettei timotei kestä pohjanpahkasientä (*Myriosclerotinia borealis*), joka aiheuttaa pahimmat talvituhot varsinkin Lapissa ja Koillisella. (Niskanen & Kempainen 2012, 63.) (Parikka 2012, 128.)

Keväällä timotei lähtee kasvamaan hitaasti, mutta seuraavina vuosina kun nurmi alkaa tuottamaan satoa kevätkasvu on nopeaa. Niittojen jälkeinen kasvu on hitaampaa kuin esimerkiksi nadoilla. Tämä johtuu timotein kasvunlähtötavasta, sillä timotei alkaa kasvaa versojen tyivistä. Nadalla kasvu lähtee niittokorkeuden alle jäävästä kasvupisteestä. (Niskanen & Niemeläinen 2010, 32.) Timotei soveltuu hyvin seoksiin nadan ja puna-apilan kanssa. Niiden kasvurytmit ovat samanaikaiset ja laadullinen kehitys sopii hyvin yhteen. Puna-apila-timoteiseoksessa puna-apilaa tulisi olla 5 kg/ha ja timoteita 10 kg/ha. (Niskanen & Niemeläinen 2010, 32; Niskanen & Nykänen 2010, 38.)



KUVA 2. Timotei. Henna Hyttinen, 2011.

Timotei on heinäkasveistamme maittavin ja se sopii kahden niiton taktiikkaan. Kuvassa 2 on timotei. Etelä-Suomessa timoteita käytetään kuivaheinäviljelyyn poutivilla mailla, joita ovat karkeat hietä- ja hiekkamaat, koska timotei kärsii matalan juuriston takia kuivuudesta. Ensimmäisen niiton jälkeinen mahdollinen kuiva kausi pienentää toista satoa huomattavasti. Itä- ja Pohjois-Suomessa hikevillä mailla timoteita voidaan käyttää moneen tarkoitukseen sen hyvän jälkikasvun vuoksi. (Niskanen & Kempainen 2012, 63.) Hikevillä mailla kasvi saa veden nopeasti, koska vesi nousee kasvin ulottuville. Tällaisia maita ovat hienot hietamaat (Alakukku & Pietola 2002, 8-9).

3.2.2 Nurminata

Timotein ohella tärkein rehukasvimme on nurminata (*Festuca pratensis*), joka näkyy kuvassa 3. Maittavuudeltaan se ei ole niin hyvä kuin timotei. (Niskanen & Suomela 2012, 67.) Satoja korjataan kolme kertaa Etelä- ja Keski-Suomessa, mutta Pohjois-Suomessa sadonkorjuu jää vain kahteen kertaan kasvukaudella. Pohjois-Suomessa

kasvustolle annetaan aikaa valmistautua talvea varten. Nurminadan talvehtiminen on hyvä, jopa timoteita parempi runsaslumisilla alueilla. Rannikkoalueilla vähäisen lumen takia talvihuhoja tulee enemmän. Pohjanpahasientä nurminata kestää hyvin. (Niskanen & Niemeläinen 2010, 32.)



KUVA 3. Nurminata. Henna Hyttinen, 2011.

Puhtaassa natakasvillisuudessa nurminata kärsii lehtilaikkutaudista (*Drechslera* -laji), varsinkin silloin kun kasvukausi on hyvin sateinen (Parikka 2012, 125). Sen takia nurminataa kannattaa käyttää seoksissa yhdessä timotein kanssa, jotta lehtilaikkutauti ei pääsisi leviämään niin voimakkaasti (Niskanen & Niemeläinen 2010, 32). Seosta tehdessä on hyvä muistaa, että verrattuna timoteihin nurminata on kasvutavaltaan erilainen. Se on paljon voimakkaampi sekä tiheämpi kasvutavaltaan kuin timotei ja siksi seoksesta olisi hyvä tehdä timoteivaltainen. Siemenseoksessa timoteita kannattaisi olla 15 kg/ha ja nurminataa 10 kg/ha. (Niskanen & Suomela 2012, 67–68.)

Natalajeihin kuuluvat myös ruokonata (*Festuca arundinacea*) ja uusin tulokas rainata (*Festulolium*), joka on risteytetty nurmi- tai ruokonadasta ja englannin- tai italianraiheinästä satoisuuden lisäämiseksi. Ruokonata on osoittautunut satoisammaksi lajiksi nurminataan nähden ja sitä voidaan viljellä lähes koko Suomessa. Rainataa

voidaan viljellä Etelä- ja Keski-Suomessa, koska se on talvenarka laji. (Niskanen & Suomela 2012, 67; Virkajärvi, 2013.)

3.3 Säilörehun laadun mittarit

Säilörehun sulavuus

Säilörehun tärkein ominaisuus on D-arvo, joka kuvaa sulavan orgaanisen aineen määrää kuiva-aineessa. D-arvolla lasketaan säilörehun energia-arvo. D-arvo tulee englanninkielisestä sanasta *Digestibility*. Yksikköinä D-arvossa käytetään prosenttia kuiva-aineessa (% ka) tai g/kg kuiva-ainetta. D-arvo voidaan määrittää säilörehua korjattaessa, tavoitteena olisi yli 680 g/kg ka. (Rinne & Sairanen 2010, 17–19.)

Lypsylehmille 680 g/kg ka on hyvä tavoite D-arvossa, sillä se vaikuttaa lehmän maidontuotukseen. Kun D-arvo nousee säilörehussa 680:sta 690 g/kg kuiva-ainetta, lehmä lisää kuiva-aineen syöntiä päivässä noin 175 g/ka ja maidontuotos lisääntyy 0,5 kg. (Rinne & Sairanen 2010, 17–19.)

Kuiva-aine

Kuiva-ainepitoisuus saadaan selville säilörehusta, kun rehusta haihdutetaan vesi pois ja jäljelle jää vain kuiva-aine. Kuiva-aine koostuu kahdesta eri osasta eli orgaanisesta ja epäorgaanisesta aineesta. Orgaanisessa aineessa ovat valkuainen, sokeri, hiilihydraatit ja vitamiinit. Kivennäisaineet kuuluvat epäorgaanisen aineeseen. (Manni 2007, 47.) Lehmälle kuiva-aineessa oleva hiilihydraatti on tärkeä energianlähde. Lehmä käyttää energiaa liikkumiseen, kuten kuvassa 4, aineenvaihdunnan toimintaan, kiimaan ja maidon tuottamiseen. Hiilihydraatit ovat vesiliukoisessa muodossa, joten lehmä pystyy käyttämään niitä helposti toimintonsa ylläpitoon. Vesiliukoiset hiilihydraatit imeytyvät nopeasti lehmän elimistöön. (Frame & Laidlaw 2011, 168.)



KUVA 4. Lehmä käyttää energiaa liikkumiseen. Arja Hyttinen, 2002.

Kuiva-aineen tavoitearvo riippuu säilörehun korjuumenetelmästä ja säilörehun pakkaamisesta. Tuorerehulle kuiva-aineen tavoitearvo on alle 25 % ja esikuivatulle säilörehulle 25–45 %. Jos rehu tehdään laakasiiloon tai aumaan, kuiva-aineen tavoite on 25–35 %. Torniin tehtävän rehun kuiva-ainetavoite on 30–40 % ja pyöröpaaleissa tavoite on 35–45 %. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen & Rinne 2010, 93.)

Säilörehun kuiva-aine ei saa olla yli 45 %, koska säilörehu on silloin liian kuohkeaa. Tästä syystä säilörehu ei ole laadultaan hyvää ja jälkilämpenemisriski kasvaa. (Suokannas, Nysand, & Niskanen 2010, 71.) Jälkilämpenemisessä rehu alkaa pilaantua haittamikrobien, kuten hiivojen, homeiden ja bakteereiden takia, kun esimerkiksi laakasiilon muovi aukaistaan (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 89).

Raakavalkuainen

Säilörehun raakavalkuaispitoisuus kertoo, onko kasveille saatavissa riittävästi typpeä. Jos raakavalkuaispitoisuus säilörehussa on korkea, kasvit ovat saaneet riittävästi typpeä, mutta sadonmuodostukseen tarvittavat muut kasvutekijät, kuten vesi, lämpö ja ravinteet, ovat rajoittuneet kasvukauden aikana. Alhainen raakavalkuaispitoisuus kertoo, että sato ei ole saanut riittävästi typpeä. Kasvukauden aikana on muistettava antaa sadolle typpeä, jotta raakavalkuainen pysyisi hyvänä sadossa. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen & Rinne 2010, 92.)

Raakavalkuaispitoisuus on korkea kasveilla kasvun alkupuolella, koska kasvit käyttävät hyvin maassa olevan typen. Raakavalkuaispitoisuus laskee, kun kasvit kasvavat

enemmän ja kuiva-ainemäärä alkaa lisääntyä. Säilörehussa tavoitearvona valkuaispitoisuudelle pidetään 13–17 % kuiva-aineessa eli 130–170 g/kg ka, joka riittää lehmän tarpeisiin. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen & Rinne 2010, 92–93.)

Lehmän pötsissä raakavalkuaisesta hajoaa 20–100 % lehmän käyttöön. Pötsissä raakavalkuainen hajoaa ammoniakiksi, aminohapoiksi ja lyhyiksi proteiini- ja lipidi-aineiksi. (Frame & Laidlaw 2011, 175.) Ruokasulan mukana kulkeva valkuainen hajoaa haiman ja suolen entsyymien avulla aminohapoiksi. Ohutsuolessa aminohapot imeytyvät verenkiertoon. Valkuainen ei hajoa ohutsuolessa kokonaan, joten sulamaton valkuainen tulee ulos sonnan mukana (Vanhatalo 2010, 30–31). Lehmä käyttää ohutsuolessa imeytyneet aminohapot suolistossa olevien kudosten aineenvaihduntaan. Aminohapot ovat tärkeä energianlähde ja aminohappoja käytetään eri kudoksissa valkuaiskudosten uusimiseen. Lisäksi lehmä käyttää aminohappoja maitorauhasessa maitovalkuaisen yhtymiseen. (Vanhatalo 2010, 36–37.)

Kuitu

Kuitu eli NDF kuvaa soluseinäaineksen pitoisuutta rehussa. NDF tulee englanninkielisistä sanoista *Neutral detergent fibre*. Soluseinä koostuu selluloosasta, ligniinistä, hemiselluloosasta ja pektiinistä. Solunsisällysaine koostuu kivennäisistä, orgaanisista hapoista, vitamiineista, lipideistä, sokerista ja vesiliukoisesta hiilihydraatista. (Frame & Laidlaw 2011, 168.)



KUVA 5. Kuitu on tärkeä lehmän märehittämisen kannalta. Henna Hyttinen, 2013.

Tärkein kuidun lähde lypsylehmälle on karkearehu. Vähintään 25 % kuiva-aineesta tulee olla karkearehusta saatavaa kuitua koko rehuannoksesta. Säilörehussa kuitua

on noin 54–58 % kuiva-aineessa. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen & Rinne 2010, 93.) Lehmälle kuitu on tärkeä, sillä se muun muassa pitää pötsin toimintaa yllä ja lehmä saa kuidusta energiaa. Kuitu, jota saadaan karkearehusta, on tärkeää myös lehmän märehтимisen kannalta. (Rantala 2007, 40.) Karkearehupitoinen ruokinta varmistaa, että lehmä pystyy toteuttamaan lajinmukaista käyttäytymistään eli tässä tapauksessa märehтимistä kuten kuvassa 5 (Vanhatalo 2010, 25). Riittävän kuidun saantia kannattaa seurata tarkkailemalla lehmän sontaa. Löysä sonta voi olla merkki liian vähäisestä kuidun saannista. (Manni 2007, 90.)

Muuntokelpoinen energia

Rehussa olevaa kokonaisenergiämäärää kutsutaan bruttoenergiaksi, joka koostuu sulavasta energiasta ja sulamattomasta osasta. Sulava energia on elimistössä sulavaa energiaa ja sulamaton osuus poistuu elimistöstä sontana. Muuntokelpoinen energia eli ME saadaan, kun rehun koko energiämäärästä vähennetään sonta eli sulamaton osa pois. Lehmä tarvitsee energiaa tuotantoon ja omiin elintoimintoihinsa. (Manni 2007, 48.)

Muuntokelpoisen energian yksikkö on megajoule eli MJ. Säilörehussa muuntokelpoisen energian tavoitearvo on 10,8–11,2 MJ/kg ka (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen & Rinne 2010, 93). Säilörehussa muuntokelpoinen energia lasketaan D-arvosta eli sulavan orgaanisen aineen pitoisuudesta. Muuntokelpoinen energia saadaan laskettua seuraavalla kaavalla:

$$0,016 * D\text{-arvo, g/kg ka} = MJ \text{ kg/ka}$$

Jos säilörehun D-arvo on 690 g/kg ka, säilörehussa on muuntokelpoista energiaa 11,04 MJ/kg ka. (Rinne & Nousiainen 2010, 77.)

3.4 Säilörehun korjuuaika

Säilörehunkorjuuajalla vaikutetaan paljon säilörehun laatuun. Jotta saataisiin hyvälaatuisia säilörehua, tulisi seurata D-arvoa eli säilörehun sulavuutta. Ensimmäinen säilörehusadon korjuuaika kannattaa ajoittaa alkukesään, siten että D-arvon tavoitteena on 680–700 g/kg ka. Jos tilalla ei ole tarpeeksi rehualaa, voidaan ensimmäistä korjuuta hieman myöhästyttää, jolloin kasvimassaa saadaan enemmän. Rehun sulavuus ei mielellään saa mennä alle 650 g/kg ka, koska mitä huonompaa on rehun sulavuus,

sitä huonommin lehmä pystyy säilörehua syömään. D-arvo ensimmäisessä sadossa alenee vuorokaudessa 0,5 prosenttiyksikköä varsinkin sään ollessa lämmin. (Nousiainen, Niskanen, Kainulainen & Toivakka 2010, 76.) Kasvustoa katsottaessa voidaan myös päätellä milloin voidaan lähteä korjaamaan satoa. Sopivana korjuuajankohtana pidetään, kun noin puolet kasvustosta on korjuuhetkellä tähkällä. (Heikkilä 1998, 61.)

Ensimmäisen niiton jälkeen säilörehunurmi lähtee kasvamaan kasvusta ja säästä riippuen joko hitaasti tai nopeasti. Nurminadalla kasvu on nopeaa, koska sillä on säilynyt niiton jälkeen verson kasvupiste. Timotein jälkikasvu on hidasta, koska sen kasvu alkaa kokonaan uusista silmuista. Toisella sadolla on vähemmän valoa tarjolla kuin ensimmäisellä sadolla, koska päivänpituus on lyhyempi kuin alkukesästä. Siksi toisessa sadossa D-arvon aleneminen on jopa hitaampaa kuin ensimmäisessä sadossa. (Virkajärvi & Pakarinen 2010, 29) Sadon sulavuutta voi alentaa kasvuston kellastuminen ja rusketuminen juuresta. Toinen sato kannattaa niittää ennen kuin kasvusto alkaa ränsistyä. Ensimmäiseen satoon verrattuna toinen sato on sulavuudeltaan 20–40 yksikköä alhaisempi. Sulavuus ensimmäisessä sadossa on yleisesti luokkaa 680 g/kg ka, kun taas toisessa sadossa D-arvo on tyypillisesti 650 g/kg ka. (Nousiainen, Niskanen, Kainulainen & Toivakka 2010, 76.)

Kolmannen sadon korjaaminen samana kesänä on myös mahdollista. Se vaatii tarkkaa suunnittelua niittojen ajoittamisessa. Kolmas sato on mahdollinen, jos kesän ensimmäinen sato korjataan kesäkuun alkupuolella. Näin varmistetaan, että kahdelle muulle sadolle jää aikaa muodostua. (Seppälä ym. 2002, 28.) Ensimmäisestä niitosta noin 5-6 viikon päästä heinäkuun puolivälin jälkeen, voidaan korjata toinen sato. Kolmannen sadon korjuu kannattaa ajoittaa syyskuun alkuun, jolloin varmistetaan kasvuston kunnan talvehtiminen. Jos niitto tapahtuu syyskuun puolivälissä, kasvusto lähtee voimakkaaseen kasvuun ja tuhlaa näin talvehtimiseen tarvittavat typpi- ja hiilihydraattivarastot. (Virkajärvi, Hyrkäs & Suomela 2011, 34–35.)

Kolmessa niitossa kaikki korjataan hyvin nuorena, joten kesän kokonaissadon laatu on hyvää eli D-arvo voi olla 700 g/kg ka. Toisaalta hyvin aikaisin korjattu sato on määrältään pieni, joten kolmen niiton kokonaissato voi olla määrältään alhaisempi kuin kahden niiton kokonaissato. (Pekkarinen, Liskola & Luoma 1982, 38.) Kolmen niiton kokonaissatoa voidaan nostaa valitsemalla kasvilajeja, jotka mahdollistavat aikaisen korjuun ja joiden jälkikasvu on hyvä. Tällaisia kasvilajeja ja -lajikkeita voisivat olla eteläisen tyyppin timotei, nurmi- ja ruokonata. (Virkajärvi, Hyrkäs & Suomela 2011, 34–35.)

4 AINEISTOT JA MENETELMÄT

Säilörehun eri korjuuaikastrategiakoe tehtiin Karjatiljan kannattava peltoviljely – eli KARPE – hankkeen alaisena, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa (MTT) Maaningalla. Koe on ollut käynnissä vuosina 2009–2012. MTT Maaningalla tehdään sekä kasvinviljely- että kotieläintuotannon tutkimuksia. Kasvinviljelyn tutkimuksissa on muun muassa erilaisia kasvilajike- ja lannoituskokeita sekä nurmiviljelykokeita, joissa selvitetään nurmenviljelyn vaikutuksia ympäristöön. Kotieläintuotannossa tutkimukset ovat lypsylehmien ruokintaan tai eläinten hyvinvointiin ja käyttäytymiseen liittyviä tutkimuksia. (MTT Maaninka.)

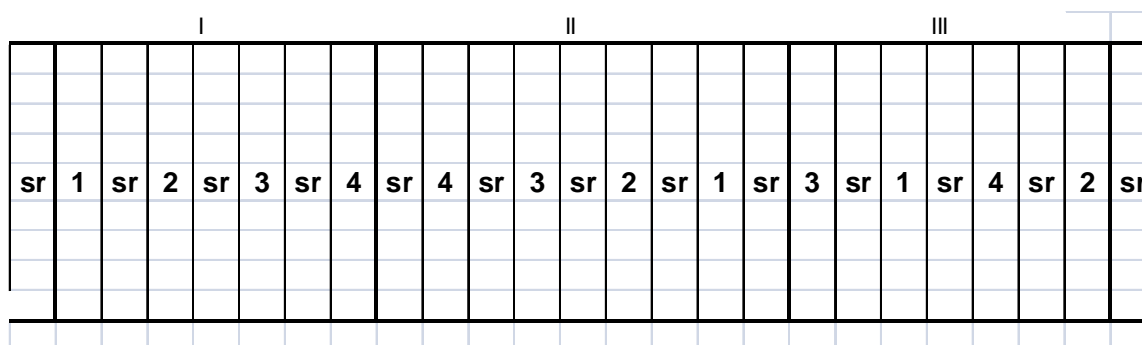
KARPE -hankkeen tavoitteena on parantaa karjatiljojen nurmentuotantoa. KARPE-hanke pyrki tuomaan tietoa ja taitoa nurmentuotannossa, jotta tiloilla nurmisatojen kustannukset olisivat alhaiset. (Hankkeen tiedot.) Suomessa säilörehua tuotetaan 8 miljardia kiloa vuodessa. Jos rehun kilohinta putoaisi yhdellä sentillä, vuosittainen säästö olisi 80 miljoonaa euroa. Taloudellisten hyötyjen saamisen takia nurmituotantoon liittyvät tutkimukset ovat tärkeitä. (Vesander 2013, 34.) Hankkeen tavoitteena oli selvittää, kuinka nurmien satopotentiaaleja voitaisiin hyödyntää tehokkaasti ja viedä tietoa eteenpäin viljelijöille. Erilaisten nurmikokeiden tuloksilla tuotetaan opetusmateriaalia oppilaitoksille ja muille hankkeille. Hankkeen rahoittajina toimivat Pohjois-Savon ja Pohjois-Pohjanmaan Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset (ELY-keskus) sekä Euroopan maaseuturahasto. Hankkeen vetäjinä toimivat MTT Maaninka ja MTT Ruukki sekä Aluekehityssäätiö/MaitoSavo. (Hankkeen tiedot.)

Tutkimus tehtiin ruutumittakaavassa, jossa niitettiin eri aikaan D-arvon mukaan. Tarkoituksena tutkimuksessa oli selvittää, kuinka myöhäinen ensimmäinen niitto ja kolmen sadon korjaaminen vaikuttavat tilan kokonaissadon laatuun ja määrään. Ruutumittakaavan ideana on selvittää mahdolliset erot korjuustrategioiden ja ajankohtien välillä. Tutkimuksen tavoitteena ei ole vain määrittää sadon ja D-arvon muutosta, vaan tietää mitkä syyt vaikuttavat havaittuihin eroihin sadossa ja D-arvossa.

Opinnäytetyön tehtävänä on vertailla, kuinka niittostrategiat eroavat toisistaan vuosien 2009–2011 välisenä aikana sadoittain. Satoja vertaillaan kuiva-ainesadon, muuntokelpoisen energiasadon, D-arvon, raakavalkuaisen ja NDF -arvon eli kuidun perusteella. Toisena tehtävänä opinnäytetyössä on selvittää voidaanko eri muuttujilla ennustaa sadon sulavuutta eli D-arvoa. Muuttujina ovat lehtien osuus kasvustosta (%), timotein ja nurminadan kehitysasteet, kasvuston korkeus, lämpösumma, keskilämpötila ja kuiva-ainesato.

4.1 Koeasetelma

MTT Maaningalla monivuotinen timotei-nurminata-nurmiseoskoe perustettiin suojaviljaan kolmelle kerranteelle eli lohkolle kesällä 2008. Koejäseniä oli neljä kappaletta, jotka oli arvottu satunnaisesti kolmelle lohkolle. Jokaista koejäsentä oli yksi kappale jokaisella kerranteella, jotta saataisiin mahdollisimman monta rinnakkaisnäytettä tilastolliseen vertailuun. Jokaisen koeruudun välissä oli suojaruudut ja yhden ruudun koko oli 8 m * 1,5 m. Suojaruuduilla varmistettiin, että koeruudut eivät vaikuta toisiinsa millään lailla. Kuviossa 1 näkyy kokeen asetelma ruutukokeena.



KUVIO 1. Koeasetelma

Kokeessa oli neljä eri koejäsentä eli niittostrategiaa, jotka niitettiin eri aikoihin. Koejäsenten kesken vertailtiin, millä korjuustrategialla saataisiin hyvä sato. Koejäsenet 2-4 niitettiin kaksi kertaa kasvukaudella, mutta koejäsen 1 niitettiin kolme kertaa kasvukaudella. Taulukossa 2 on esitetty millaisilla D-arvotavoitteilla ensimmäinen niitto niitettiin. Koejäsenet 1 ja 2 korjattiin samaan aikaan ensimmäisessä niitossa kesäkuun alkupuolella. Koejäsen 3 ensimmäinen niitto tapahtui kesäkuun puolivälissä ja koejäsen 4, eli erittäin myöhäinen niitto, niitettiin kesäkuun lopussa. Toinen sato niitettiin koejäsenessä 1 heinäkuun loppupuolella. Koejäsenien 2, 3 ja 4 toinen niitto oli jopa elokuun loppupuolella. Koejäsen 1 niitettiin kolmannen kerran syyskuun lopulla tai lokakuun alussa.

TAULUKKO 2. Niittostrategioiden D-arvotavoite 1. niitossa

D-arvotavoite 1. niitossa		
Koejäsen	Niittostrategia	D-arvotavoite
1	Kolme niittoa	690–700
2	Aikainen	690–700
3	Myöhäinen	650
4	Erittäin myöhäinen	620

Kokeessa kasvilajina käytettiin timotei-nurminataseosta, jossa timoteita oli 55 % ja nurminataa 45 %. Lajikkeina olivat Tuure-timotei ja Ilmari-nurminata. Kasvilajikevalintoihin vaikuttivat osakseen Tuuren satoisuus ja sen hyvä jälkikasvukyky. Ilmarilla jälkikasvu on keskinertainen, mutta toisessa niitossa sadon laatu on hyvä. Molemmat lajikkeet ovat myös hyviä talvehtimaan. (Niskanen & Kempainen 2012, 65.; Niskanen & Suomela 2012, 71.)

Kokeen lannoitus aloitettiin keväällä 2009, 2010 ja 2011 toukokuun alkupuolella, jotta ensimmäisen niiton sato pääsisi kasvamaan. Koetta lannoitettiin Nurmen Y1 lannoitteella 500 kg/ha (20-3-5). Kokeen lannoitukset tapahtuivat aina heti koejäsenten niittojen jälkeen. Kokeen lannoitus tehtiin käsityönnettävällä lannoituskoneella. Toiselle sadolle lannoitteena käytettiin Suomensalpietaria (27-0-1). Jokaiselle koejäsenelle levitettiin 100 kg typpeä. Koejäsen 1 sai toisen niiton jälkeen Suomensalpietarina 50 kg typpeä.

4.2 Kasvustohavainnot

Kasvustosta tehtiin havaintoja jo varhain keväällä, kun nurmi alkoi kasvaa. Koeruu-
duilta tehtiin kasvuston kevätiheys- ja talvituhohavainnointi. Talvituhot eivät olleet merkittäviä. Kasvustosta määritettiin kaksi kertaa viikossa lehtialaindeksi ja nurmitikulla mitattiin nurmen pinnan korkeus. Nurmitikulla mitattiin 10 kohdasta/ruutu. Nurmitikkumitta oli keppi, jossa mitta-asteikko oli 10 cm välein. Nurmitikkumittauksella ja lehtialaindeksimittarilla voidaan selvittää, miten nurmi kehittyy ennen niittoja.



KUVA 6. Lehtialaindeksimittari. MTT/ Johanna Kanninen, 2012.

Lehtialaindeksimittarilla mitataan lehtialaindeksiä, joka kuvaa kuinka suuri on kasvuston lehtiala. Kuvassa 6 näkyy miltä lehtialaindeksimittari näyttää. Mittauksen aikana mittari antaa arvoja 0-8. Jos lehtialaindeksimittari antaa mittauksen tulokseksi arvon 3, se tarkoittaa että maan yhtä neliometriä kohden on 3 m² lehtiä. (LI-COR.) Lehtialaindeksilukemat nurmilla ja apilapitoisilla nurmilla jäävät yleensä 4-6 lukemiin. Kun valon säteilyn määrä kasvaa, lehtiala alkaa kasvaa nopeasti ja jossain vaiheessa lehtien kasvu tasaantuu. (Hodgson 1990, 21.)



KUVA 7. Kokeen tensiometrit. Henna Hyttinen, 2012.

Tensiometrien tarkoituksena on mitata maan kuivuutta ja kosteutta. Kokeelle asetettiin kuusi tensiometrimittaria keväällä. Kokeen molempiin päihin suojaruudulle tuli kolme tensiometrimittaria, jotka asetettiin eri syvyyksiin maahan, kuten kuvasta 7 näkyy. Tensiometrit asennettiin 10 cm:n, 20 cm:n ja 40 cm:n syvyyteen. Eri syvyyksissä olevilla tensiometreillä katsotaan kuinka paljon kosteutta on kasvin juuristolla eri syvyyksissä. Mittarin asteikko on 0-100, jossa nolla tarkoittaa maan märkyyttä ja 100 maan kuivuutta. Tensiometrien mittayksikkönä käytetään paineyksikköä kilopascalialia. Tensiometrit katsottiin kaksi kertaa viikossa ja mittarin lukemat otettiin ylös. (Irrrometer reference book - #24, 10–11.)

4.3 Kasvuston kehitysasteet

Kasvien kehitysvaiheen kuvausmenetelmiä on erilaisia. Joissakin menetelmissä käytetään viisi eri kasvuvaihekuvausta, joiden avulla voidaan selvittää, missä vaiheessa kehitystä kasvi on menossa. Kasvuvaiheet ovat itämisvaihe, vegetatiivinen kasvu,

korren pidentyminen, kukinta ja siementen kypsyminen. (Moore, Moser, Vogel, Waller, Johnson & Pedersen 1991, 1074.) Simon & Park menetelmässä käytetään numerokoodia, joille on selitys missä vaiheessa kasvua kasvi on menossa. Kasvuston kehitysasteikko alkaa lehtien kehityksestä. (Simon & Park 1981, 416; liite 1.)

Simon & Park menetelmän avulla voidaan arvioida kasvien kasvua ja kasvin kehitystä. Tätä menetelmää voivat käyttää tutkijoiden lisäksi viljelijät, sillä Simon & Park menetelmällä viljelijä voi arvioida, milloin olisi sopiva hetki korjata satoa. (Moore, Moser, Vogel, Waller, Johnson & Pedersen 1991, 1074) Sopiva korjuuajankohta on, kun säilörehun korjuuhetkellä noin puolet kasvustosta on tähkällä. (Heikkilä 1998, 61.)

Vegetatiivisessa vaiheessa kuvataan kasvin lehtien kasvua. Vegetatiivinen kasvu alkaa, kun ensimmäinen lehti työntyy esiin itutupesta. Kasvista lasketaan kaikki elävät, täysin kasvaneet lehdet mukaan. (Moore, Moser, Vogel, Waller, Johnson & Pedersen 1991, 1074–1075.) Esimerkiksi jos kasvista on avautunut neljä lehteä, kasvin kehitysvaihetta kuvataan numerolla 24. (Simon & Park 1981, 417.) Kuvassa 8 oikeanpuoleisessa timoteissa on kehittynyt neljä lehteä.



KUVA 8. Timotein kehitysasteet 21, 22, 23 ja 24. MTT/ Arja Mustonen & Sanna Kykänen, 2012.

Kasvin lehtiä ei enää lasketa, kun kasvin varsi alkaa pidentyä ja korteen alkaa kehittyä solmuja. Simon & Park -menetelmässä korresta lasketaan selvästi näkyvät sol-

mut, sekä sellaiset solmut, jotka tuntuvat sormen alla kortta tunnustellessa. Esimerkiksi kun varresta löytyy kolmea solmua, annetaan kasville numero 33 kuvaamaan kasvin kehitysvaihetta (liite 1) (Simon & Park 1981, 417.). Kuvassa 9 näkyy timotein kehitysaste 33.



KUVA 9. Timotein kehitysaste 33. MTT/ Arja Mustonen & Sanna Kykkänen, 2012.

Kun lehtitupen sisältä alkaa työntyä tähkää tai röyhä, kutsutaan tätä vaihetta kukintavaiheeksi. MTT Maaningan taulukossa (liite 1.) on numerokoodi lehtitupen turpoamiselle. Kun lehtituppi on haljennut auki, numerokoodiksi annetaan 47. Kuvassa 10 on kuvattu timotein kehitysaste 47. Tähkän tai röyhyn esiintulosta on myös omat numerokoodinsa. Kukintavaiheessa tarkastellaan siitepölyn tuottamista ja kun kasvusta ei enää irtoa siitepölyä katsotaan kukinta loppuneeksi eli kehitysvaihe on 68. Siemenkypsymisvaiheessa katsotaan milloin siemen olisi tarpeeksi kypsä korjattavaksi. Kun siementä puristetaan kynsien välissä ja siitä tulee maitomaista nestettä ulos, on siemenen kehitysaste 75 (Simon & Park 1981, 417.)



KUVA 10. Timotein kehitysaste 47. MTT/ Arja Mustonen & Sanna Kykkänen, 2012.

4.4 Kokeen niitto ja näytteiden otto

Mittauksia ja havaintoja tuli tehdä kasvustosta ennen saman päivän niittämistä. Kasvusto mitattiin lehtialaindeksimittarilla, havainnoitiin silmämääräinen lako ja arvioitiin kuinka paljon koeruudussaan on timoteitä, nurminataa ja rikkakasveja suhteessa toisiinsa. Kasvustosta otettiin ojennettu korkeus, jonka avulla saatiin selville kasvuston korkeus. Ojennetussa korkeudessa kasvustosta otetaan käteen tuppo heinää, joka mitataan maasta siihen asti missä heinät ovat samankorkuisia.

Niittoon tulevan niittostrategian sadosta otettiin aina kehikönäyte, joka oli mitaltaan 25 x 50 cm. Kehikönäytteen alasta otettiin kasvustonäyte, joka leikattiin kasvuston niittokorkeudesta. Näytteestä haluttiin selvittää lehtien, korsien, kukintojen (tähkän ja röyhyn) ja kuolleen solukon osuus kasvustosta. Näytteestä selvitettiin, kuinka paljon lehteä ja kortta oli kasvustossa suhteessa toisiinsa. Kehikönäytteestä punnittiin 200 g näytettä, josta fraktiointi tehtiin. Kasasta otettiin yksi korsi, josta nypittiin lehdet, kukinnat ja kuollut solukko, joka oli korressa oleva kuollut lehti tai lehdessä oleva kuollut osanen. Jokainen nypitty osa laitettiin omiin kasoihin, myös rikkakasvit erotel-

tiin omaan kasaan. Kun näytekasa oli käyty läpi, jokainen fraktionäyteosuus punnittiin, jolloin saatiin tuorepaino. Näytteet laitettiin +60 °C uuniin kuivumaan kahdeksi vuorokaudeksi, jonka jälkeen näytteistä punnittiin kuivapaino. Fraktioiden osuudet laskettiin kuivien näytteiden suhteina.

Ennen niittoja kasvustosta tehtiin kehitysvaiheluokittelu eli arvioitiin missä vaiheessa kasvua kasvusto oli. Kasvustosta leikattiin saksilla maan pinnasta poikki kasvustotuppoja. Tupot otettiin neljästä eri kohtaa ruutua. Kasveista eroteltiin timotei ja nurminata omiin kasoihin, koska kasvien kasvuaste on erilainen. Kasvien kehitysvaiheluokittelu tehtiin Simon & Park – asteikolla (liite 1). Kunkin kehitysvaiheen versot punnittiin ja kasvuston keskimääräinen kehitysaste laskettiin versojen painoilla painotettuna keskiarvona. (Simon & Park 1981, 417.)

Koejäsenet niitettiin 5 cm:n sänkeen Haldrup 1 500 -niittokoneella, jonka työleveys on 150 cm. Kun koeruutu oli niitetty, koko ruudun tuorepaino punnittiin niittokoneessa olevalla vaa'alla. Punnitusta sadosta otettiin heinänyyte pieneen pussiin. Niitetyt heinänytteet vietiin esikäsitelytilaan ja heinänytteistä punnittiin 200g silputtua näytettä, joka laitettiin verkkopohjaisessa laatikossa kuivausuuniin. Näytteet olivat kuivausuunissa 60 asteen lämpötilassa kahden vuorokauden ajan. Kahden vuorokauden jälkeen näytteet punnittiin ja näytteiden kuivapainot otettiin ylös. Näytteet laitettiin omiin paperipusseihin ja lähetettiin analysoitavaksi MTT Jokioisiin. Näytteistä analysoitiin muun muassa tuhka, sellulaasisulavuus, raakavalkuainen ja NDF. D-arvo laskettiin tuhkan ja sellulaasisulavuuden avulla.

4.5 Tilastollinen menetelmä

Tilastollisena tutkimusmenetelmänä opinnäytetyössä käytetään kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta. Kysymykset opinnäytetyössä liittyvät lukumääriin ja prosentiosuuksiin. Numeerisia tuloksia voidaan havainnollistaa taulukoilla ja kuvioilla. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa etsitään eri asioiden välisiä riippuvuuksia, kuten tässä opinnäytetyössä tarkastellaan. Määrällisessä tutkimuksessa vastataan kysymyksiin mikä, missä, paljonko ja kuinka usein. (Heikkilä 2010, 16–17.) Laskelmissa käytetään, varsinkin satojen vertailussa, varianssianalyysimenetelmää, jonka avulla vertailaan keskiarvojen välistä eroa. Varianssilla arvioidaan muuttujien välisiä eroja ja analyysillä verrataan ryhmien sisäisiä tai välisiä vaihteluita. (Heikkilä 2010, 224.) Tilastollisessa tutkimuksessa käytetään korrelaatiokerrointa, jolla selvitetään onko kahden tai useamman muuttujan välillä riippuvuuksia toisistaan. Kahden muuttujan välistä riip-

puvuutta mitataan tässä opinnäytetyössä Pearsonin korrelaatiokertoimella eli tulo-momenttikertoimella, joka mittaa lineaarisen riippuvuuden voimakkuutta. (Heikkilä 2010, 90.)

Tarkasteltavana asiana opinnäytetyössä on vertailla niittostrategioita keskenään kuiva-aine- ja muuntokelpoisen energiasadon, D-arvon, kuidun eli NDF:n ja raakavalku-aisen avulla. Tulokset laskettiin SAS 9.2:n MIXED-proseduurilla sekamallilla, jossa kiinteinä tekijöinä olivat korjuustrategia, vuosi sekä näiden yhdysvaikutus ja satunnaisena tekijänä kerranne ja kerranne * vuosi-yhdysvaikutus. Vuosi oli lisäksi toistotekijä. Kolmannen sadon mallissa oli kiinteänä tekijänä vuosi ja satunnaisena tekijänä kerranne. Tämän osion tilastoajoista toteutti Maarit Hyrkäs. Vertailuun käytettävissä taulukoissa on laitettu kirjain (a, b, c ja d), joka helpottaa hahmottamaan niittostrategioiden välisiä eroja. Samassa sarakkeessa samalla kirjaimella merkityt luvut eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Tämä toteutettiin laskemalla SAS:lla jokaiselle vuodelle ja niitolle erikseen sekamallina, jossa kiinteänä tekijänä oli korjuustrategia ja satunnaisena kerranne. Kirjaimet kuvaavat Tukeyn parivertailun tuloksia.

Vertailussa käytetään kokonaissatoja niittostrategioittain ja vuosittain. Liitteenä ovat niittostrategiat sadoittain ja vuosittain, joita käytetään apuna vertailtaessa niittostrategioiden kokonaissatoja keskenään. Muuntokelpoisen energia- eli ME-sadon (MJ/ha) yksikkö on muutettu gigajouleiksi (GJ/ha) lukujen luettavuuden helpottamiseksi taulukossa 7 ja liitteessä 3. Merkitsevyystaso laskelmissa on 0,05.

Lisäksi opinnäytetyössä pyritään vastaamaan kysymykseen, voidaanko eri muuttujilla ennustaa sadon sulavuutta eli D-arvoa? Muuttuvina tekijöinä ovat lehtien osuus (%) sadossa, timotein ja nurminadan kehitysasteet, kasvuston korkeus, lämpösumma, keskilämpötila ja kuiva-ainesato. Koska tavoitteena on selvittää, onko kahden muuttujan välillä riippuvuuksia, tilastomenetelmänä käytetään Pearsonin korrelaatiokerrointa (r). Menetelmällä voidaan selvittää, onko muuttujien kuten suhde- tai välias- teikon, välillä lineaarista riippuvuutta ja kuinka suuri sen on. Tällä menetelmällä voidaan esimerkiksi selvittää, onko timotein kehitysasteella yhteys sadon sulavuuteen. (Heikkilä 2010, 90, 203.) Korrelaatiokertoimet on laskettu SPSS -ohjelmaa apuna käyttäen ja liitteenä 7 oleva taulukko on laskettu SAS -ohjelmalla. Viimeiseksi mainitussa taulukossa (liite 7) on nähtävissä muuttuvien tekijöiden keskiarvot, joiden avulla voidaan selvittää kuinka ne vaikuttavat sadon sulavuuteen. Keskiarvoissa on otettu huomioon niitot ja korjuustrategiat.

Korrelaatiokerroimen vaihteluväli on 1:n ja -1:n välillä eli jos korrelaatiokerroin on lähellä 1 ($r = 0,910$) se tarkoittaa, että muuttujien välillä on positiivinen korrelaatio. Kun toinen kasvaa, samalla kasvaa toisen muuttujan arvo. Jos taas korrelaatiokerroin on negatiivinen ($r = -0,933$) ja lähellä -1, kahdella muuttujalla on negatiivinen vaikutus toisiinsa. Toisen muuttujan arvon pienentyessä, toisen muuttujan arvo kasvaa. Lähellä 0 oleva korrelaatiokerroin kuvaa, että muuttujien välillä ei ole riippuvuutta toisistaan. Testeissä käytetty merkitsevyystaso eli p-arvo on 0,05. (Heikkilä 2010, 91.)

5 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

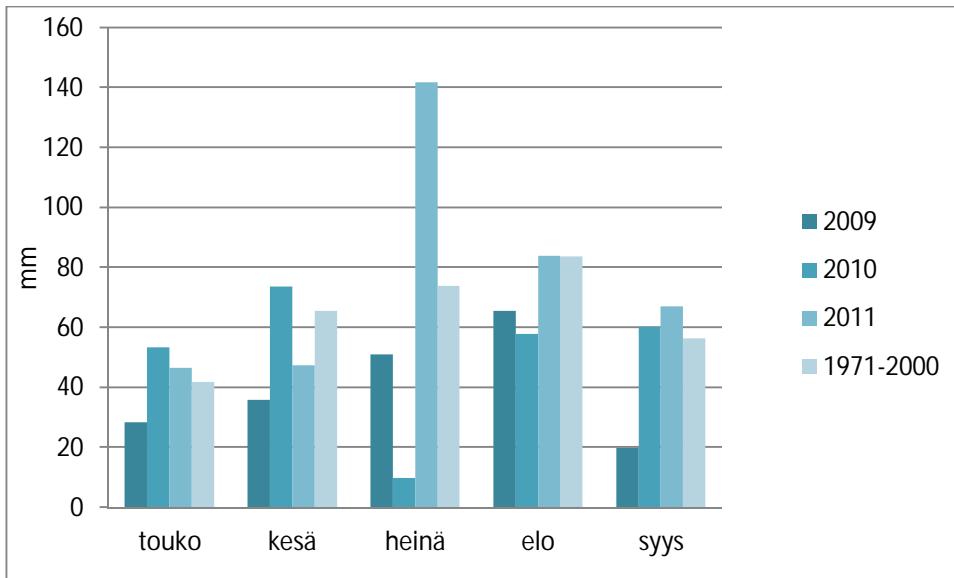
Kasvukausi alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila pysyy vähintään viiden vuorokauden ajan jatkuvasti yli +5 asteen. Keskilämpötilan ollessa pysyvästi viiden vuorokauden ajan alle +5 asteen, katsotaan kasvukausi päättyneeksi. (Kangas 2012, 12.) Maaningan keskimääräinen kasvukauden pituus on 164 päivää.

Kasvit alkavat kasvaa, kun lämpötila on yli +5 astetta. Siitä syystä tehoisaan lämpösummaan lasketaan yli +5 asteen ylittävät keskilämpötilat. (Hiltunen & Hyytiäinen 1992, 12.) Esimerkiksi päivän keskilämpötila on +8 astetta ja seuraavana päivänä keskilämpötila on +6 astetta. Tehoisaan lämpösummaan lasketaan edellisten lämpötilojen +5 asteen ylittävä osa eli +8 ylittää +5 asteen +3 asteella ja +6 ylittää +5 asteen +1 asteella. Kun lasketaan yhteen +5 asteen ylittävät osat, tehoisaksi lämpösummaksi saadaan +4 °C vrk. Yksikkönä tehoisassa lämpösummassa käytetään astepäivää (°C vrk) (Kangas 2012, 12). Maaningalla tehoisa lämpösumma on keskimäärin 1403,5 °C vrk.

Kokeen sademäärät ja lämpötilat on kerätty MTT Maaningalla sijaitsevan Ilmatieteen laitoksen säähavaintoaseman havainnointiraporteista. Kuukausien keskilämpötilat ja sademäärät on saatu laskemalla kuukauden jokaisen päivän lämpötila tai sademäärä yhteen. Kuukausien yhteinen summa on jaettu lukujen yhteismäärällä, josta saadaan tulokseksi kuukauden keskilämpötila ja sademäärä. Maankosteuslukemat on kerätty kokeelta olevilta tensiometrimittareilta. Lehtialaindeksilukemat on saatu mittaamalla lehtialaindeksimittarilla kokeen kasvustosta. Maankosteus- ja lehtialaindeksilukemat ovat vain vuosilta 2010 ja 2011.

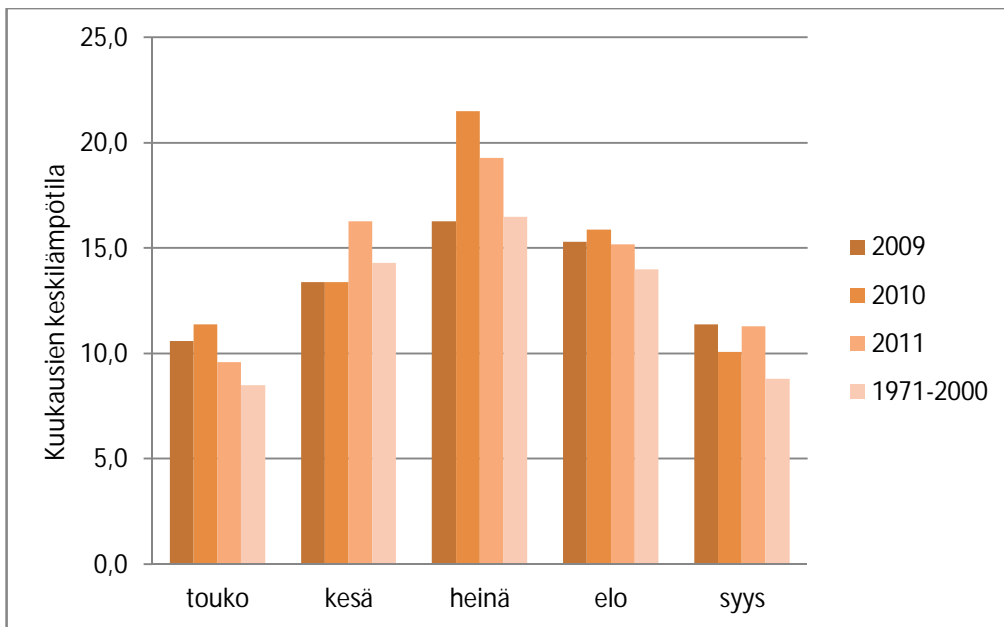
5.1 Kasvukaudet

Kuviossa 2 on kuvattu koevuosien 2009–2011 välisen ajan sademäärät. Vuonna 2009 sademäärät eivät ole vertailujakson sademääriin nähden poikkeukselliset paitsi syyskuussa. Sademäärät jäävät jopa hieman alle vertailujakson sademääristä. Vuoden 2010 sademäärät ovat suhteellisen samansuuruisia kuin vertailujaksossakin, paitsi heinäkuussa, jolloin sademäärä jäi reilusti alle 20 mm. Heinäkuussa, vuonna 2011, vettä satoi muiden vuosien sademääriin nähden eniten. Sademäärä oli heinäkuussa 140 mm. Muuten vuonna 2011 sademäärät olivat lähellä vertailujakson sademääriä.



KUVIO 2. Kasvukausien sademäärät Maaningalla

Kasvukausien lämpötilat on kuvattu kuviossa 3. Vuosien 2009–2010 kuukausien keskilämpötilat ovat olleet yli vertailujakson lämpötilan, paitsi kesäkuussa, jolloin lämpötilat vuosina 2009–2010 jäivät alle vertailujakson lämpötilan. Vuonna 2010 heinäkuussa keskilämpötila oli yli +20 astetta. Vuonna 2011 joka kuukauden lämpötila ylitti vertailujakson keskilämpötilan.

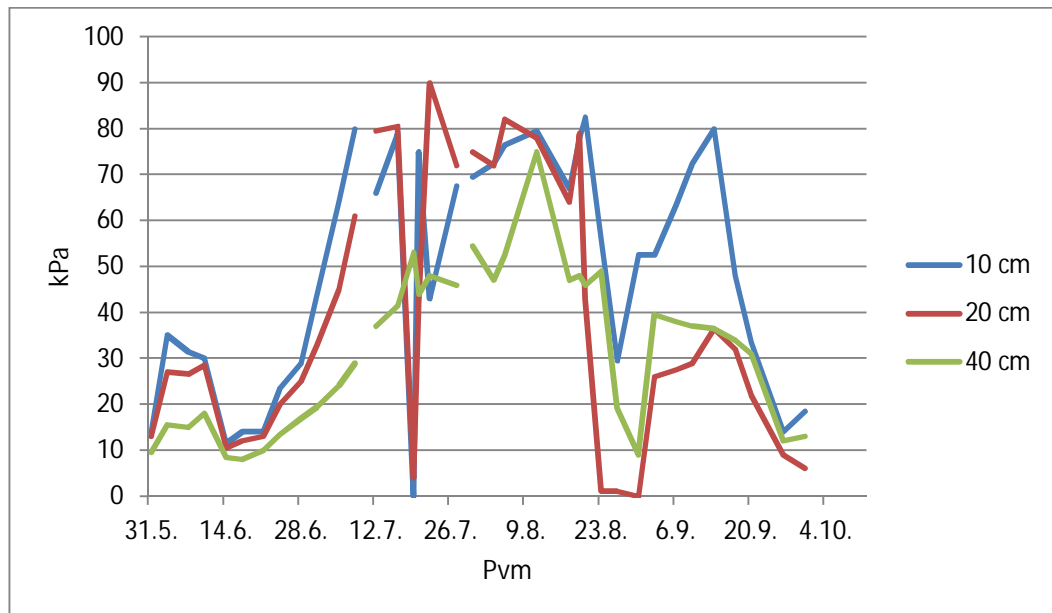


KUVIO 3. Kasvukausien lämpötilat Maaningalla

5.2 Maan kosteus

MTT Maaningan nurmikokeella oli yhteensä 6 tensiometriä, jotka oli asennettu kolmeen eri syvyyteen 10 cm, 20 cm ja 40 cm. Jokaisella syvyydellä oli kaksi tensiometriä mittaamassa maan kosteutta. Mittari ilmoittaa lukemat kilopascaleina (kPa) eli paineen yksikkönä. Eri syvyyksissä olevilla tensiometreillä voidaan tarkastella, kuinka paljon kosteutta kasvien juuristoilla on maassa.

Kuvioissa on kuvattu tensiometrimittareiden lukemat eri syvyyksissä ja näistä on laskettu, Excel-työohjelmaa apuna käyttäen, samassa syvyydessä olevien kahden tensiometrimittarin lukemien keskiarvot. Vuoden 2009 tensiometrilukemia ei ole, koska tensiometrimittareita ei asennettu vuonna 2009. Tämän takia tarkastelussa on siis vuosien 2010 ja 2011 tensiometrilukemat.

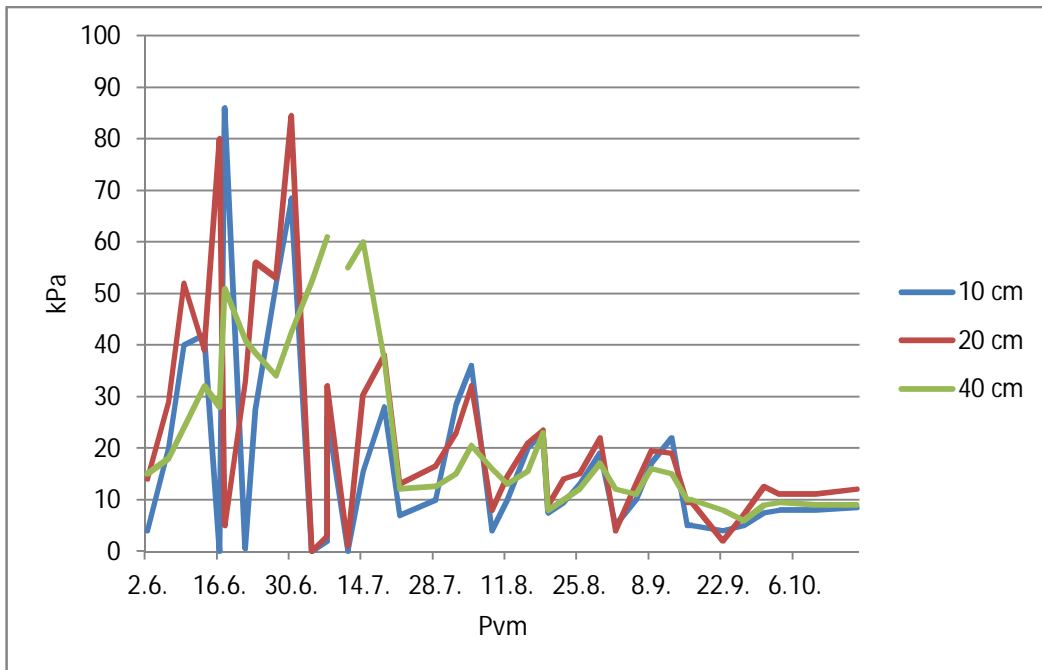


KUVIO 4. Tensiometrilukemat vuodelta 2010

Vuoden 2010 tensiometrilukemat 10 cm:n, 20 cm:n ja 40 cm:n syvyydestä on kuvattu kuviossa 4. Mitä suurempi lukema on, sitä kuivempaa maa on ollut. Esimerkiksi 20 cm syvyydessä olevan tensiometrin lukema 22.7. on ollut 90, joka tarkoittaa, että maa on ollut 20 cm syvyydessä kuivaa. Alhaiset lukemat kuvastavat maan märkyyttä, esimerkiksi lukema 10 tarkoittaa, että maa on märkää.

Vettä satoi kesäkuussa keskimäärin 73 mm, mistä johtuen tensiometrilukemat ovat kesäkuussa alhaiset. Maassa on siis riittänyt kosteutta kaikissa syvyyksissä. Heinäkuussa vuonna 2010 kuukauden keskilämpötila oli yli +20 astetta ja vettä satoi keskimäärin 10 mm, mistä korkeat lukemat johtuvat. Korkeat lukemat kertovat, että maa

on ollut kuivaa sekä heinä- että elokuussa. Syyskuussa maa on ollut kosteaa 20 cm:n ja 40 cm:n syvyydessä, kun taas 10 cm:n syvyydessä maa on ollut kuivaa. Syyskuun lopulla maa on ollut kaikissa syvyyksissä kosteaa.

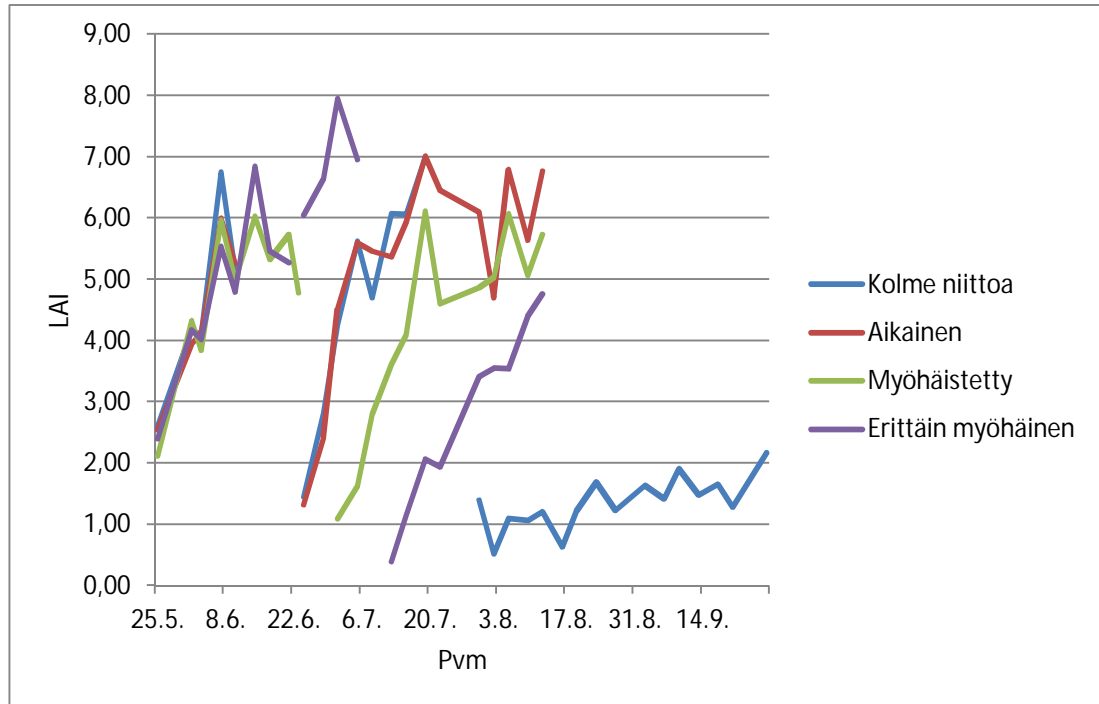


KUVIO 5. Tensiometrillukemat vuodelta 2011

Vuoden 2011 tensiometrillukemat on kuvattu kuviossa 5. Tensiometrit, jotka olivat syvyyksissä 10 cm ja 20 cm, näyttivät kesäkuussa, että maa on ollut kuivaa. Äkilliset laskut nollaan voivat johtua runsaista sateista tai vesi on loppunut tensiometrimittarista kuivuuden takia. Kesäkuussa, vuonna 2011, kuukauden keskilämpötila oli noin 2 astetta keskimääräistä lämpimämpää. Se lisää veden haihtumista, ja siksi tensiometrillukemat ovat korkeat. Heinäkuusta lähtien vettä satoi paljon vuonna 2011, joten maa pysyy kosteana lokakuun alkuun.

5.3 Lehtialaindeksi

Kasvustosta mitattiin kaksi kertaa viikossa lehtialaa lehtialaindeksi- eli LAI-mittarilla. Lehtialaindeksimittarilla mitataan, kuinka runsas kasvusto on, eli kuinka paljon lehteä on yhtä maan neliometriä kohden. Mittari antaa mittauksen aikana lukemia 0-8 välillä, jossa esimerkiksi suurin luku tarkoittaa, että yhtä maan neliometriä kohden on 8 m² lehteä. Mittauksella pyritään seuraamaan nurmikasvuston kehitystä ennen niittoa. Myös niittopäivänä kasvusto mitattiin LAI -mittarilla. Tarkastelussa ovat vuosien 2010 ja 2011 lehtialaindeksilukemat niittostrategioineen.

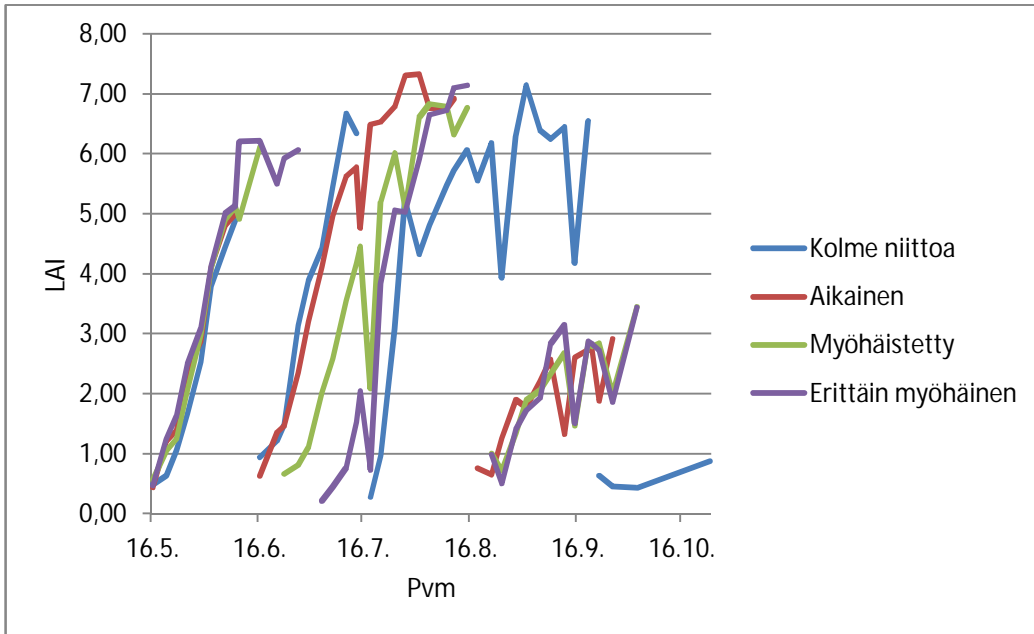


KUVIO 6. Lehtialaindeksilukemat vuonna 2010

Kuviossa 6 on vuoden 2010 eri niittoastrategioiden lehtialan kehitystä. Mittausten aloituspäivänä 25.5. kaikkien niittoastrategioiden LAI-lukema on yli 2, mikä tarkoittaa, että maan yhtä neliometriä kohden on 2 m² lehtiä. Aikaisin korjattavat niittoastrategiat kehittivät samaan tahtiin ensimmäiseen niittoon. Niittopäivänä 10.6. molemmilla korjuustrategioilla lehtialaindeksilukema on noin 5. **Myöhäisen** niittoastrategian niittopäivänä (24.6.) LAI-lukema on 4,78. **Erittäin myöhäisessä** niittoastrategiassa kasvustolla on aikaa kasvattaa lehtiä runsaasti, koska sen niittoaajankohta oli heinäkuun alussa. Niittopäivänä LAI-lukema on ensimmäisen sadon niitoista korkein (6.04).

Aikaisten niittoastrategioiden LAI-mittaukset aloitettiin 21.6., jolloin niittojen mittaustulos oli alle yhden. **Myöhäisen** niittoastrategian mittaaminen aloitettiin 1.7. ja LAI-lukema oli 1,09. Erittäin myöhäisen niiton mittaukset alkoivat 12.7. ja lukema oli 0,39. **Kolmen** niittoastrategian toinen sato oli lehtialaindeksilukeman mukaan runsas (7). Muiden niittoastrategioiden toinen sato korjattiin 12.8. ja LAI-lukemat olivat vaihtelevasti 4-6 välillä. Ennen niittoa myöhään niitettävillä korjuustrategioilla lehtialan kehitys on jopa hitaampaa kuin muilla strategioilla.

Kolmas sato otettiin vain **kolmen niiton** strategiasta. Lehtialaindeksin mittaaminen aloitettiin 30.7. ja lopetettiin 30.9., jolloin LAI-lukema oli 2,17. Tarkasteltaessa kolmen niiton taktiikan kolmatta satoa, voi huomata kuinka kasvuston lehtien kehitys on selvästi hitaampaa kuin aikaisemmissa niitoissa.



KUVIO 7. Lehtialaindeksilukemat vuonna 2011

Lehtialaindeksimittausten tulokset vuodelta 2011 on esitetty kuviossa 7. Mittauksen aloituspäivänä 16.5. kaikkien niittoastrategioiden LAI-lukemat olivat alle 0,5. Kaikissa niittoastrategioissa ensimmäiseen niittopäivään asti lehtien kehittyminen on nopeaa. **Kolmen** ja **aikaisen** niiton strategioissa niittopäivä on sama 9.6. ja lehtialaindeksi lukema on noin 5 molemmilla. **Myöhäistetyn** niittopäivä oli 16.6. ja **erittäin myöhäisen** niittopäivä oli 27.6.. Molempien lukemat olivat noin 6 eli kasvustossa on ollut paljon lehtimassaa niittopäivänä.

Seuraavat mittaukset aloitettiin kesäkuun puolivälin jälkeen ja mittausten aloituspäivänä jokaisella niittoastrategialla lehtialaindeksilukema oli alle yhden. Lehtien kasvukehitys on melko samanlaista kuin ensimmäisessä sadossa. Toinen sato **kolmen niiton** strategiassa niitetään 14.7. ja LAI-lukema oli 6,35. Muut niittoastrategiat niitettiin samana päivänä 16.8. ja lehtialaindeksi oli näillä strategioilla noin 7, mikä kuvastaa runsasta lehtikasvustoa.

Kolmas sato niitettiin **kolmen niiton** strategiassa 19.9. ja lehtialaindeksiksi mitattiin silloin 6,55. Elokuun puolivälin jälkeen mitatut LAI-mittaukset ovat ylimääräisiä mittauksia, joiden tarkoituksena oli vain selvittää millainen kasvusto jää talvehtimaan seuraavaksi talveksi.

5.4 Satojen niittopäivät

Taulukoissa 3, 4 ja 5 on kuvattu kokeen niittostrategioiden kolmen sadon niittopäivät, lämpösummat ja keskilämpötilat. Tarkastelussa ovat vuodet 2009, 2010 ja 2011. Taulukoissa kuvataan millaisessa lämpösummassa ja lämpötilassa eri niittostrategioiden sadot on korjattu. Taulukoiden tiedot on saatu MTT Maaningalta kokeen havainnointiraporteista. Satojen keskilämpötilat on laskettu jakamalla lämpösumma kasvupäivien lukumäärällä. Tulokseen summataan luku viisi, joka kuvastaa yli +5 asteen menevän osan päivien keskiarvosta.

TAULUKKO 3. Vuoden 2009 satojen niittopäivät, lämpösummat ja keskilämpötilat.

		2009			
Sato		Niittostrategia	Niittopäivä	Lämpösumma	Keskilämpötila
1 sato	1	Kolme niittoa	17.6.	285	10,9
	2	Aikainen	17.6.	285	10,9
	3	Myöhäistetty	26.6.	374	11,6
	4	Erittäin myöhäinen	2.7.	457	12,2
2 sato	1	Kolme niittoa	27.7.	435	15,9
	2	Aikainen	10.8.	618	16,4
	3	Myöhäistetty	19.8.	609	16,3
	4	Erittäin myöhäinen	19.8.	526	16,0
3 sato	1	Kolme niittoa	8.10.	570	12,8

Taulukossa 3 on merkitty vuoden 2009 satojen niittopäivät ja niittopäivien lämpösummat ja keskilämpötilat. Ensimmäisessä sadossa aikaiset niittostrategiat korjattiin samana päivänä. Lämpösumma ja keskilämpötilat ovat samat molemmilla strategioilla. **Myöhäistetyssä** niittostrategiassa niittopäivän (26.6.) lämpösumma on 374 °C vrk ja keskilämpötila on 11,6 astetta. **Erittäin myöhäisessä** strategiassa niittopäivä oli 2.7. ja lämpösumma oli 457 °C vrk.

Toinen sato **kolmen niiton** strategiassa korjattiin noin 40 päivää ensimmäisestä niittopäivästä. **Aikaisen** niittostrategian toinen sato korjattiin 54 päivää ensimmäisen sadon korjuusta. Myöhemmin niitettävät korjuustrategiat korjattiin samana päivänä. **Myöhäistetyn** niittostrategiassa ensimmäisestä niitosta oli kulunut 54 päivää, joten lämpösummaa tältä ajalta oli kertynyt paljon enemmän kuin **erittäin myöhäiselle**. Vain **kolmen niiton** strategiasta otettiin kolmas sato. Lämpösummaa oli kertynyt toisen sadon niittopäivästä 570 °C vrk.

TAULUKKO 4. Vuoden 2010 satojen niittopäivät, lämpösummat ja keskilämpötilat

		2010			
Sato		Niittostrategia	Niittopäivä	Lämpösumma	Keskilämpötila
1 sato	1	Kolme niittoa	10.6.	266	13,1
	2	Aikainen	10.6.	266	13,1
	3	Myöhäistetty	24.6.	383	13,2
	4	Erittäin myöhäinen	5.7.	526	14,1
2 sato	1	Kolme niittoa	19.7.	500	17,8
	2	Aikainen	12.8.	891	19,1
	3	Myöhäistetty	12.8.	773	20,8
	4	Erittäin myöhäinen	12.8.	631	21,6
3 sato	1	Kolme niittoa	30.9.	691	14,5

Kesällä 2010 aikaiset korjuustrategiat korjattiin samana päivänä, mikä näkyy taulukossa 4. Lämpösumma ja keskilämpötila olivat samat aikaisilla korjuustrategioilla. **Erittäin myöhäisessä** ensimmäisen sadon niitto oli vasta heinäkuun puolella, joten lämpösummaa oli kertynyt eniten niittopäivään mennessä.

Kolmen niiton strategiassa toisen sadon niittopäivän lämpösumma ja keskilämpötila olivat suurempia kuin vuonna 2009. Muut niittostrategiat niitettiin samana päivänä, mutta lämpösummia verrattaessa ne poikkeavat toisistaan. Myös näillä strategioilla lämpösumma ja keskilämpötila olivat suurempia kuin edeltävänä vuonna. Lämpösummaan ja keskilämpötilaan vaikuttaa heinäkuun lämpötila, joka vuonna 2010 oli poikkeuksellisen korkea. Kolmannen sadon lämpösumma oli noin 100 °C vrk korkeampi ja keskilämpötila oli 1,7 °C lämpimämpi kuin vuonna 2009.

TAULUKKO 5. Vuoden 2011 satojen niittopäivät, lämpösummat ja keskilämpötilat

		2011			
Sato		Niittostrategia	Niittopäivä	Lämpösumma	Keskilämpötila
1 sato	1	Kolme niittoa	9.6.	274	10,6
	2	Aikainen	9.6.	274	10,6
	3	Myöhäistetty	16.6.	346	11,2
	4	Erittäin myöhäinen	27.6.	459	11,9
2 sato	1	Kolme niittoa	14.7.	430	17,3
	2	Aikainen	16.8.	834	17,3
	3	Myöhäistetty	16.8.	762	17,5
	4	Erittäin myöhäinen	16.8.	649	18,0
3 sato	1	Kolme niittoa	19.9.	695	15,4

Ensimmäinen sato korjattiin aikaisilla niitoilla samana päivänä. Taulukossa 5 näkyy myös niittojen keskilämpötilat ja lämpösummat niittopäivänä, jotka olivat samat aikaisilla niitoilla. Verrattuna vuoteen 2010 ensimmäisen sadon lämpösumma on suurempi aikaisilla niitoilla vuonna 2011. Keskilämpötila jää 3 °C alhaisemmaksi, vaikka vuonna 2011 kesäkuun keskilämpötila oli yli vertailuvuoden (kuvio 3). **Myöhäistetty** ja **erittäin myöhäinen** korjattiin kesäkuun lopulla. Keskilämpötila myöhäisemmissä niitoissa oli noin 11 astetta, mikä jää alle vuoden 2010 keskilämpötiloista.

Kolmen niittostrategiassa toisen sadon lämpösumma on muihin vuosiin verrattuna matala. Muilla niittostrategioilla paitsi **erittäin myöhäisellä** lämpösummat jäävät alle edellisvuoden lämpösummista. Keskilämpötila toisessa sadossa jää kaikilla niittostrategioilla alle vuoden 2010 keskilämpötiloista. Kolmas sato on vuonna 2011 lämpösummaltaan ja keskilämpötilaltaan korkein muihin vuosiin nähden. Syyskuu vuonna 2011 oli keskilämpötilaltaan 3 °C astetta korkeampi vertailuvuoteen nähden (kuvio 3).

5.5 Nurminadan ja timotein suhde kasvustossa

Taulukossa 6 tarkastellaan kuinka paljon timoteita ja nurminataa on suhteessa toisiinsa niittostrategioiden kasvustoissa niitoittain. Kun koe on perustettu, siemenseoksessa timoteita oli 55 % ja nurminataa 45 %. Nurminadan ja timotein -suhde on laskettu Excel -ohjelmalla MTT Maaningan kokeen havaintoraporttien perusteella.

TAULUKKO 6. Nurminadan ja timotein -suhde kasvustossa niitoittain 2009–2011

Nurminata ja timotei -suhde				
Koejäsen	Niittostrategia	Niitto 1	Niitto 2	Niitto 3
1	Kolme niittoa	30/70	25/75	65/35
2	Aikainen	30/70	30/70	
3	Myöhäistetty	40/60	40/60	
4	Erittäin myöhäinen	25/75	50/50	

Ensimmäisessä niitossa timoteita on kaikissa niittostrategioissa eniten. Myös toisessa niitossa, paitsi **erittäin myöhäisessä** niitossa, timoteita on suhteessa nurminataan enemmän. **Erittäin myöhäisessä** niitossa timoteita ja nurminataa on suhteessa toisiinsa saman verran (50/50). **Kolmen** niittostrategian viimeisessä niitossa nurminataa on enemmän kuin timoteita (65/35).

5.6 Kuiva-aine- ja ME -sadot

Kokonaiskuiva-aine- ja ME-sadossa niittostrategioilla on tilastollisesti merkitsevä ero korjuustrategioiden ja vuosien välillä ($p < 0,001$; $p < 0,001$; $p < 0,001$; $p = 0,003$), kuten taulukosta 7 voidaan huomata. Aikaisilla niitoilla ja **myöhäistetyllä** niitolla ei ole kuiva-ainesatojen suhteen suurta eroa. Sen sijaan **erittäin myöhäinen** niitto, jolla ensimmäinen niitto tehdään vasta kesä-heinäkuun vaihteessa, eroaa **kolmen** niittostrategiasta. Kokonaissadon yhteenlasketut ME-satojen erot eivät ole kovin suuret.

Vuonna 2010 **erittäin myöhäinen** niitto eroaa kaikista niittostrategioista korkean kuiva-ainesadon (10 606 kg ka/ha) takia (taulukossa 7). Saman niittostrategian muuntokelpoinen energiasato on muihin niittostrategioihin verrattuna korkea (109,4 GJ/ha). **Erittäin myöhäisellä** niittostrategialla vuonna 2010 ensimmäinen sato oli korkea (liite 2.), kun taas toinen sato oli huomattavasti alhaisempi, johtuen mahdollisesti kuivista sääolosuhteista. Niittostrategiat eivät eronneet kokonaissadoltaan toisistaan vuonna 2011, mutta eroja niittostrategioiden väliltä löytyy sadoittain (liite 2; liite 3).

Niittostrategioiden kokonaiskuiva-ainesadoissa ei ole kovin suuria eroja vuosien välillä. **Kolmen** niittostrategian 2010 kuiva-ainesato jää pienemmäksi kuin muina vuosina, mikä johtuu heikosta kolmannesta sadosta (liite 2.). Kuiva loppukesä heikensi kolmannen sadon kasvua yleisesti, eikä sitä olisi kannattanut niittää ollenkaan. Lisäksi tällä kokeella väkilannoitteen levittäminen kolmannelle sadolle oli unohdettu, mikä heikensi kasvua lisää. Koska kuiva-ainesato jää pieneksi, se vaikuttaa myös ME-sadon suuruuteen.

TAULUKKO 7. Kokonaissadon kuiva-aine- ja ME-sato vuosittain

Kokonaissadon kuiva-ainesato vuosittain (kg ka/ha)					
Koejäsen		2009	2010	2011	2009-2011
1	Kolme niittoa	8598 a	7976 a	9549 a	8708
2	Aikainen	8835 ab	8549 ab	9320 a	8901
3	Myöhäistetty	9496 ab	9100 b	9943 a	9513
4	Erittäin myöhäinen	9853 b	10606 c	10189 a	10216
	SEM		214,4		
	p-arvot				
	Korjuustrategia		<0,001		
	Vuosi		<0,001		
	Korjuustrategia*vuosi		<0,001		

Kokonaissadon ME-sato vuosittain (GJ/ha)					
Koejäsen		2009	2010	2011	2009-2011
1	Kolme niittoa	97,1 a	90,8 a	106,3 a	98,1
2	Aikainen	97,6 a	94,3 ab	99,8 a	97,2
3	Myöhäistetty	101,0 a	97,9 b	106,1 a	101,7
4	Erittäin myöhäinen	101,5 a	109,4 c	105,3 a	105,4
	SEM		2,3		
	p-arvot				
	Korjuustrategia		<0,001		
	Vuosi		0,003		
	Korjuustrategia*vuosi		0,003		

Tarkasteltaessa kuiva-aine- ja ME-satoja sadoittain (liite 2; liite 3) voidaan huomata, että ensimmäisessä sadossa aikaisten korjuustrategioiden sadot ovat joka vuosi melkein yhtä suuret verrattaessa toisiinsa. **Myöhäistetyllä** niitolla, jolla ensimmäinen niitto tehtiin kesäkuun puolivälissä, ensimmäisessä sadossa on vuosiin nähden eroja, mutta verrattaessa aikaisempiin tehtäviin korjuustrategioihin kuiva-aine- ja ME-sadot ovat ensimmäisessä sadossa suurempia. Samoin on **erittäin myöhäisellä**, joka eroaa kaikista niitoista.

Toinen sato on vaihteleva kaikilla strategioilla (liite 2; liite 3). **Kolmen niiton** strategiassa kuiva-ainesato pysyy samansuuruisena, paitsi 2011 jolloin sato on hieman alhaisempi (2 842 ka/ha) samoin ME-sato (31,5 GJ/ha). **Aikaisen** niiton toinen sato on toisiin strategioihin verrattuna suurempi joka vuosi, koska sillä on paljon enemmän aikaa kasvattaa satoaan kuin muilla strategioilla. Vuonna 2010 lämpimät sääolosuhteet ja veden puute heinäkuussa vaikuttavat todennäköisesti satoihin sillä kaikilla muilla, paitsi **kolmen niiton** strategialla, toinen sato on muihin vuosiin verrattuna alhainen.

5.7 Satojen laatu

D-arvo

Sulavuus eli D-arvo kokonaissadossa on tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,001$; $p = 0,019$; $p = 0,002$), sillä jokainen niittostrategia poikkeaa toisistaan. Jokaisella niitolla oli omat D-arvotavoitteet ensimmäisessä sadossa, jonka mukaan strategiat niitettiin. Kokonaissatojen keskiarvoa katsottuna (2009–2011) voidaan huomata taulukosta 8, että **kolmella niitolla** on korkein D-arvo (704 g/kg ka) verrattuna muihin. **Kolmen niiton** ensimmäinen ja toinen sato ovat sulavuudeltaan korkeita, mutta kolmas sato on erittäin korkea vuosina 2009 ja 2010 (liite 4).

Aikaisella niitolla sulavuus (683 g/kg ka) on korkeampi verrattuna myöhemmin tehtäviin niittoihin. Ensimmäinen sato (liite 4) **aikaisella** niitolla oli sulavuudeltaan korkea mutta toinen sato oli, lukuun ottamatta vuotta 2009, matala. Vaikka myöhemmin tulevilla niitoilla on matalat sulavuudet, verrattaessa niitä muihin kokonaissadon mukaan taulukossa 8 (668 g/kg ka; 645 g/kg ka), toinen sato oli yhtä korkea sulavuudeltaan kuin aikaisemmilla niittostrategioilla (liite 4). Syynä mahdollisesti voisi olla lyhyt kasvuaika ensimmäisen ja toisen niiton välillä, mistä johtuen toinen sato korjataan hyvin nuorena myöhemmillä niitoilla.

NDF

Kuidun eli NDF:n määrässä kokonaissadoissa oli poikkeuksia keskenään ($p < 0,001$; $p = 0,022$; $p = 0,003$). Aiemmin niitetyillä korjuustrategioilla oli matalat kuitumäärät sadossa kuin myöhemmillä strategioilla, kuten taulukosta 8 voidaan huomioida. **Kolmella niitolla** on kaikista matalimmat NDF -lukemat katsottaessa kokonaissatoa kolmen vuoden ajalta. **Erittäin myöhäisellä** korjuustrategialla kuitua on kaikista eniten kokonaissadossa. Mitä myöhemmäksi niiton ajankohta menee, sitä suurempi on NDF.

Katsottaessa satoja (liite 5) ensimmäisessä sadossa **kolmella** ja **aikaisella** niitolla kuitu on matalampi kuin **myöhäistetyllä** ja **erittäin myöhäisellä** niitolla. Toisessa sadossa kaikilla korjuustrategioilla on lähes yhtä suuri NDF. **Myöhäistetyllä** ja **erittäin myöhäisellä** niitolla kuitumäärä laskee ensimmäisestä niitosta.

TAULUKKO 8. Kokonaissadon laatu

Kokonaissadon D-arvo vuosittain (g/kg ka)					
Koejäsen		2009	2010	2011	2009-2011
1	Kolme niittoa	706 d	711 d	696 c	704
2	Aikainen	691 c	689 c	669 b	683
3	Myöhäistetty	664 b	673 b	667 b	668
4	Erittäin myöhäinen	644 a	645 a	646 a	645
SEM		2,0			
p-arvot					
Korjuustrategia		<0,001			
Vuosi		0,019			
Korjuustrategia*vuosi		0,002			

Kokonaissadon NDF vuosittain (g/kg ka)					
Koejäsen		2009	2010	2011	2009-2011
1	Kolme niittoa	550 a	558 a	572 a	560
2	Aikainen	565 a	569 a	598 b	577
3	Myöhäistetty	612 b	593 b	597 b	601
4	Erittäin myöhäinen	607 b	598 b	614 b	606
SEM		4,6			
p-arvot					
Korjuustrategia		<0,001			
Vuosi		0,022			
Korjuustrategia*vuosi		0,003			

Kokonaissadon raakavalkuainen vuosittain (g/kg ka)					
Koejäsen		2009	2010	2011	2009-2011
1	Kolme niittoa	149 b	148 c	140 b	146
2	Aikainen	129 a	123 b	106 a	119
3	Myöhäistetty	123 a	113 b	103 a	113
4	Erittäin myöhäinen	120 a	91 a	103 a	105
SEM		5,5			
p-arvot					
Korjuustrategia		<0,001			
Vuosi		<0,001			
Korjuustrategia*vuosi		<0,001			

Raakavalkuainen

Kokonaissadon raakavalkuainen on erilainen korjuustrategioissa ($p < 0,001$; $p < 0,001$; $p < 0,001$), kuten taulukosta 8 voidaan huomioda. **Kolmen niiton** kokonaissadossa raakavalkuainen on 146 g/kg ka, mikä on kaikkiin muihin nähden korkein. Satojen raakavalkuaispitoisuus on pysynyt kaikissa korkealla **kolmessa niitossa** (liite 6). Muilla korjuustrategioilla ei ole huomattavia eroja raakavalkuaisen suhteen. **Erittäin myöhäisellä** niitolla 2010 raakavalkuainen jää kokonaissadossa alhaiseksi (91 g/kg

ka) Ensimmäisen sadon raakavalkuainen **erittäin myöhäisellä** korjuustrategialla, vuonna 2010, on matala ja toisessa sadossa raakavalkuainen nousee korkealle (liite 6). Tämä voi johtua lyhyestä kasvuajasta niittojen välillä.

Aikaisella niittostrategialla raakavalkuainen toisessa sadossa vuosina 2010 ja 2011 on matala (liite 6) alle 90 g/kg ka. Pitkä kasvuaika ensimmäisen ja toisen niiton välillä voi verottaa raakavalkuaisen määrää **aikaisen** niiton toisessa sadossa. **Myöhäistetyllä** korjuustrategialla kokonaissadon raakavalkuainen eroaa vuosien välillä, sillä se oli 123 g/kg ka vuonna 2009, mutta seuraavina vuosina selvästi matalampi. **Myöhäistetyyn** ensimmäinen sato ei juuri eroa vuosien välillä (liite 6). Toinen sato **myöhäistetyllä** on vaihteleva vuosien välillä (liite 6).

5.8 Muuttuvien tekijöiden vaikutukset D-arvoon

Ensimmäisessä niitossa korrelaatiokerroin osoittaa positiivista arvoa lehtien osuudelle (%), mikä tarkoittaa että lehtien osuuden kasvaessa myös sadon sulavuus kasvaa ($r = 0,910$; $p < 0,001$) kuten taulukossa 9 voidaan huomioida. Aikaisemmillä niitoilla lehtien osuus on suurempi aikaisen niiton takia (liite 7). Myöhään niitettävillä korjuustrategioilla kasvustossa lehtien osuus alkaa vähentyä mitä ”vanhemmaksi” kasvusto menee. Mitä myöhemmäksi niiton ajankohta menee, sitä enemmän kortta alkaa olla suhteessa lehtiin. Toisessa ja kolmannessa niitossa lehtien osuuden kasvaessa sulavuus nousee ja on tilastollisesti merkitsevä ($r = 0,663$; $p < 0,001$; $r = 0,678$; $p = 0,045$).

Timotein ja nurminadan kehitysasteet on tehty Simon & Park menetelmän avulla (liite 1). Timotein kehitysasteen kasvaessa ensimmäisessä niitossa sadon sulavuus laskee ($r = -0,876$; $p < 0,001$). Ensimmäisessä niitossa timotein kehitysaste aikaisin tulevilla korjuustrategioilla on 39 ja 40, mikä tarkoittaa, että timoteilla korsi pidentyy ja lippulehti tulee esiin. Myöhempään tulevilla niitoilla timotein kehitysaste on jo tähkän-esiintymisvaiheessa (51 ja 54) (liite 7). Toisessa ja kolmannessa niitossa timotein kehitysasteella on samanlainen vaikutus kuin ensimmäisessä niitossa ($r = -0,386$; $p = 0,035$; $r = -0,829$; $p = 0,021$). Tarkasteltaessa timotein kehitysasteen keskiarvoja jokaisella niittostrategialla, timotei kehittää solmuja korteensa toisessa niitossa (30–34). **Kolmen** korjuustrategian kolmannessa niitossa timotein kehitysaste on vasta tupen pidentymisvaiheessa (28), mutta sadossa voi olla jo pidemmälle kehittyneitä kehitysvaiheita, mitkä tuovat hajontaa tilastollisesti.

Nurminadan kehitysasteella ei ole kovin suurta tilastollista merkitsevyyttä sadon sulavuuteen nähden. Ensimmäisessä niitossa nurminadan kehitysasteen kasvaessa sulavuus eli D-arvo laskee ($r = -0,353$; $p=0,035$) kuten taulukossa 9 on esitetty. Nurminadalla kehitysasteet ovat keskiarvoja tarkasteltaessa (liite 7) vasta solmuvaiheen (31 ja 33) ja tupen turpoamisen (41 ja 46) kehitysvaiheessa, kun timoteilla lippulehti ja tähkä alkavat tulla jo esiin niittovaiheessa. Toisessa niitossa nurminadan kehitysasteella ei ole tilastollista merkitsevyyttä ($r = 0,187$; $p=0,330$). Keskiarvoja katsottaessa nurminadan kehitysaste on tupen pidentymisvaiheessa (22 ja 23) toisessa niitossa. Täytyy kuitenkin muistaa, että nurminata ei tee ensimmäisen niiton jälkeen enää tähkää vaan kasvattaa enemmänkin lehtiään. Kolmannessa niitossa käy kuin ensimmäisessä niitossa, mutta sillä ei ole tilastollisesti merkitystä ($r = -0,509$; $p=0,243$). Kehitysasteena kolmannessa niitossa on 23 eli tupenpidentymisvaihe (liite 7).

Kasvuston korkeudella on tilastollinen merkitys sadon sulavuuden suhteen. Taulukossa 9 kaikissa niitoissa kasvuston korkeuden kasvaessa sadon sulavuus laskee ($r = -0,835$; $p < 0,001$; $r = -0,655$; $p < 0,001$; $r = -0,754$; $p = 0,019$). Korjuustrategioilla on eroja kasvuston korkeuksissa (liite 7). Aikaisemmilla niittostrategioilla kasvuston korkeus on suhteellisen matala ensimmäisessä niitossa, jolloin D-arvo on näin ollen suurempi. Sen sijaan myöhemmin niitettävillä korjuustrategioilla kasvusto on korkeaa ja sulavuus on huono. Toisessa niitossa kaikilla strategioilla kasvusto on matala, mutta sulavuus oli kaikilla korjuustrategioilla optimaalinen. Kasvuston korkeus oli alle 70 cm. Ainoastaan **aikaisella** niitolla sadon sulavuus kokonaissadossa on 664 g/kg ka, mikä on alle korjuusuosituksen (680–700 g/kg ka) ja korkeus on 70 cm. Kolmannen sadon kasvusto on matala, mutta sulavuus on korkea (liite 7).

TAULUKKO 9. Korrelaatiot D-arvon kanssa.

	Korrelaatiot D-arvon kanssa					
	Niitto 1		Niitto 2		Niitto 3	
	r	p-arvo	r	p-arvo	r	p-arvo
Lehtien osuus (%)	0,910	<0,001	0,663	<0,001	0,678	0,045
Timotein kehitysaste	-0,876	<0,001	-0,386	0,035	-0,829	0,021
Nurminadan kehitysaste	-0,353	0,035	0,187	0,330	-0,509	0,243
Kasvuston korkeus	-0,835	<0,001	-0,655	<0,001	-0,754	0,019
Lämpösumma	-0,933	<0,001	-0,587	<0,001	-0,667	0,050
Keskilämpötila	-0,300	0,076	0,191	0,264	-0,869	0,002
Kuiva-ainesato	-0,796	<0,001	-0,680	<0,001	-0,680	0,044

Ensimmäisessä ja toisessa niitossa lämpösumma on tilastollisesti merkitsevä ($r = -0,933$; $p < 0,001$; $r = -0,587$; $p < 0,001$) sillä lämpösumman kasvaessa sadon sulavuus laskee. Aikaisemmilla korjuustrategioilla lämpösummat ovat ensimmäisessä niitossa

alhaisemmat kuin myöhemmillä korjuustrategioilla (liite 7). Toisessa niitossa lämpösummaa kertyy kaikille korjuustrategioille eri tavoin ensimmäisestä niitosta lähtien. Kaikista eniten lämpösummaa kertyy **aikaiselle** korjuustrategialle, jolle jää eniten aikaa ensimmäisestä korjuusta toiseen korjuuseen. Kokonaissadon sulavuutta ajatellen toisessa niitossa sulavuus on huonompi, mitä korkeampi lämpösumma on. Kolmannessa niitossa sulavuudelle käy kuin aikaisemmissa niitoissa, mutta tilastollisesti sillä ei ole suurta merkitystä ($r = -0,667$; $p = 0,050$). Syksyä kohti mentäessä valon määrä ja lämpötila alkavat laskea enemmän, joten kolmannelle sadolle ei välttämättä kerry niin suurta lämpösummaa.

Keskilämpötilalla ei ole tilastollisesti merkitystä sulavuuden suhteen ensimmäisessä ja toisessa niitossa ($p = 0,076$; $p = 0,264$). Ensimmäisessä niitossa keskilämpötilan kasvaessa sadon sulavuus laskee ($r = -0,300$), mutta toisessa niitossa keskilämpötilalla on käänteinen vaikutus ($r = 0,191$). Myöhäisemmillä korjuustrategioilla keskilämpötila on korkeampi kuin aikaisemmillä korjuustrategioilla (liite 7). Kolmannessa niitossa keskilämpötila on tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,002$), keskilämpötilan kasvaessa D-arvo laskee ($r = -0,680$).

Kuiva-ainesato on tilastollisesti merkitsevä kaikissa niitoissa ($p < 0,001$; $p < 0,001$; $p = 0,044$). Sadon sulavuus laskee, kun kuiva-ainesato kasvaa ($r = -0,796$; $r = -0,680$; $r = -0,680$). Myöhemmillä korjuustrategioilla kuiva-ainesato on suurempi kuin aikaisemmillä korjuustrategioilla ensimmäisessä niitossa. Tulosten perusteella ensimmäisessä niitossa sulavaa satoa saataisiin alle 3 600 kg ka/ha. Myöhemmillä korjuuajastrategioilla sulavuus on huono ja kuiva-ainesato on yli 3600 kg ka/ha. Korjuuvälin pituudesta riippuen kuiva-ainesadon suuruus vaihtelee toisessa niitossa korjuustrategioilla. Aikaisella niitolla on eniten aikaa kasvattaa massaa, joten sadon sulavuus on matalampi kuin muilla korjuuajastrategioilla. Toisessa niitossa tulosten perusteella alle 4 100 kg ka/ha kuiva-ainesadolla saataisiin vielä sulavaa säilörehua. Kuiva-ainesato kolmannessa niitossa on pieni, mutta tuloksia katsottaessa sulavuus kolmannella sadolla on korkea. (liite 7).

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Neljän eri korjuuaikastrategian välillä oli eroja vertailtaessa niitä kuiva-aine- ja muuntokelpoisen energiasadon, sulavuuden, kuidun ja raakavalkuaisen kesken. Korjuuaikastrategioita olivat **kolmen** niittostrategia ja korjuuaikastrategiat, jotka on nimetty ensimmäisen niittoajankohdan mukaan. **Aikaisella** niitolla ensimmäinen niitto tapahtui aikaisin kesäkuun alussa, **myöhäistetyllä** ensimmäinen niitto oli vasta kesäkuun puolivälissä ja **erittäin myöhäisellä** ensimmäinen niitto oli vasta heinäkuun alussa.

Kuiva-aine- ja muuntokelpoisen energiasadon suhteen löytyi eroja. Molemmat sadot ovat suuremmat, mitä myöhemmin sato korjataan. **Kolmen niiton** strategiassa kaikki sadot niitetään aikaisin, joten sadot ovat pienemmät muihin verrattuna. Kokonaissadoltaan sulavin oli **kolmen** korjuustrategia, jolla päästään tavoitteelliseen korjuusuositukseen (680–700 g/kg ka). Myös **aikaisella** niitolla, eli ensimmäinen niitto tehdään aikaisin keväällä, päästään kokonaissadossa sulavuudeltaan optimaalisiin suosituksiin. Myöhemmillä niitoilla kokonaissadon sulavuus laskee alle korjuusuosituksen (680–700 g/kg ka), mitä myöhemmäksi korjuuaika menee.

Myöhemmillä korjuuaikastrategioilla kuitupitoisuus kokonaissadossa on suurempi kuin aikaisilla korjuustrategioilla. Säilörehun suositeltavaa kuitupitoisuutta (540–580 g/kg ka) ajatellen **kolmen** ja **aikaisen** niiton kuitumäärä kokonaissadossa olisi sopiva. Myöhään korjattavilla strategioilla säilörehun kuitupitoisuus on yli suosituksen, koska niillä on pitempi kasvuaika. Raakavalkuaisen suhteen vain **kolmen** niittostrategialla päästään säilörehun optimaaliseen suositukseen (130–170 g/kg ka) kokonaissadossa. Aikaiset niittoajankohdat sadoittain mahdollistavat korkeat raakavalkuaispitoisuudet kolmessa niitossa. Muilla strategioilla raakavalkuainen jää alle suosituksen kokonaissadossa.

Kuten Karjatilan kannattava peltoviljely -hankkeen tutkimuksissa on tullut ilmi, **kolmen niiton** korjuuaikastrategialla saadaan kaikista hyvälaatuisinta säilörehua. Lypsylehmän ruokinnassa päästään ruokintakustannuksissa alas, koska väkirehua ei tarvittaisi niin paljon kuin muissa niittostrategioissa. Kolme kertaa kesässä tehty säilörehu tuo kuitenkin lisää korjuukustannuksia ja se rasittaa peltoja. (Sairanen, Juutinen & Vauhkonen 2012, 18–20.) Jos haluaa saada kolme satoa saman kesän aikana, ensimmäisen niiton on oltava aikaisin keväällä ja lannoituksen pitää tapahtua heti niittojen jälkeen, jotta kaksi muuta satoa ehtisi kasvaa.

Aikaisella korjuuaikastrategialla saadaan myös hyvää säilörehua, vaikka toisen sadon annettiin kasvaa pisimpään. **Myöhäistetyllä** korjuuaikastrategialla voidaan myöhästyttää ensimmäistä niittoa, jos tila haluaa mahdollisimman paljon säilörehua pienen peltomäärän takia tai sääolot ovat vaikeat. Täytyy muistaa, että säilörehun tekoa ei kannata jättää liian myöhään, sillä huonolaatuinen säilörehu vaikuttaa kaikista eniten lypsylehmän ruokintaan ja sitä kautta lypsylehmän tuotantoon ja tilan talouteen.

Sadon sulavuuden ennustaminen vaikuttaisi olevan helppoa ensimmäisessä niitossa, mutta toisen ja kolmannen sadon sulavuuksien ennustaminen muuttuu hankalammaksi. Tulosten perusteella kasvuun vaikuttavilla tekijöillä, kuten lehtien osuudella (%), kasvuston korkeudella, lämpösummalla ja kuiva-ainesadolla voidaan mahdollisesti ennustaa sadon sulavuutta. Timotein ja nurminadan kehitysasteella ja keskilämpötilalla ennustaminen voi olla hankalampaa. Varsinkin timoteilla ja nurminadalla ensimmäisen niiton jälkeen kasvutavat ovat erilaiset. Keskilämpötilalla ennustaminen osoittautuu tulosten perusteella hankalaksi.

Lehtien osuuden (%) kasvaessa sadon sulavuus nousee kaikissa niitoissa. Ensimmäisessä niitossa on selvästi eroja lehtien osuuksien kesken korjuustrategioilla, koska ensimmäinen niitto tehdään eri aikaan jokaisella korjuuaikastrategialla. Toisessa niitossa lehtien osuudet vaihtelevat korjuustrategioiden kesken. Kolmannessa sadossa lehtien osuus on suuri, joten sulavuus on korkea. Tulosten mukaan on mahdollista ennustaa lehtien osuuden avulla sadon sulavuutta, mutta käytännössä tämä on hankala toteuttaa.

Timotein ja nurminadan kehitysasteella (Simon & Park kehitysasteen mukaan) sulavuuden ennustaminen voi olla hankalaa. Molemmissa tapauksissa ensimmäinen niitto on samanlainen, mitä korkeampi kasvi on kehitysasteeltaan, sitä huonompi on sulavuus. Toisessa ja kolmannessa niitossa sadon sulavuutta ei kannata ennustaa nurminadan kehitysasteen perusteella, sillä ensimmäisen sadon jälkeen nurminata ei tee enää kukintoa. Sadossa voi olla yksittäisiä tapauksia jotka voivat tehdä kukinnan, mutta nämä ovat harvinaisia. Toisessa niitossa timotein kehitysaste oli solmuvaiheessa ja kolmannessa niitossa tupen pidentymisvaiheessa. Ensimmäisen sadon jälkeen timotei kasvattaa enemmänkin kortta, mutta se pystyy myös tekemään kukinnan.

Kasvuston korkeuden kasvaessa sulavuus alkaa laskea. Korren pituutta tarkastelemalla voidaan päättää milloin on sopiva hetki niittää ensimmäinen sato. Tulosten perusteella hyvin sulava sato saatiin kun kasvuston korkeus oli ensimmäisessä niitossa

alle 70 cm. Sen yli menevä korkeus aiheutti huonoa sulavuutta sadossa. Toisessa sadossa kävi samoin. Jos aikoo ennustaa tällä sadon sulavuutta, on muistettava että kasvilajit ja -lajikkeet eroavat toisistaan kasvutavaltaan.

Lämpösummalla ennustaminen tulosten perusteella onnistuu. Haastetta tähän tuo erilaiset kesät, koska kesällä voi olla kylmiä jaksoja jolloin lämpösummaa kertyy hyvin vähän ja kasvupäivät pitenevät. Jos taas on todella lämmintä, lämpösummaa kertyy äkkiä paljon ja kasvupäivät niittojen välillä lyhenevät. Valion ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen ylläpitämä Artturi korjuuaikapalvelu ennustaa ensimmäisen sadon sulavuutta lämpösumman avulla, jota viljelijä voi käyttää hyödykseen.

Keskilämpötilalla on hankala ennustaa sadon sulavuutta. Ensimmäisessä ja kolmannessa sadossa keskilämpötilan kasvaessa sulavuus laskee. Toisessa niitossa käy päinvastoin eli kun keskilämpötila nousee, myös sadon sulavuus nousee. Tämä on ristiriidassa kahden muun niiton kanssa, joten näiden tulosten perusteella sulavuuden ennustaminen on vaikeaa varsinkin toisessa sadossa.

Tulosten perusteella kuiva-ainesadolla ennustaminen mahdollisesti onnistuu. Mitä suurempi kuiva-ainesato on, sitä huonompi on sadon sulavuus. Käytäntöä ajatellen kuiva-ainesadon avulla sulavuuden ennustaminen olisi hankalaa. KARPE -hankkeen sivuilla on ohjeet kuinka viljelijä pystyy itse määrittämään lohko kohtaisen kuiva-ainesadon ensimmäisessä sadossa mittaamalla kasvustoa (www.karpe.fi).

Sadon D-arvon määrittäminen itse on vielä hankalaa ja tällä hetkellä paras keino ennustaa sadon sulavuutta on ottaa raakanäyte kasvustosta. Tulosten saaminen voi kuitenkin kestää ja kun viljelijä saa tulokset kasvuston D-arvo saattaa olla laskenut paljon. Varsinkin ensimmäisessä sadossa sulavuus putoaa nopeasti, jopa 0,5 prosenttiyksikköä päivässä. On siis tärkeää aloittaa raakanäytteen ottaminen hyvissä ajoin. Raakanäyte kannattaa ottaa, kun esimerkiksi timotein tähkä ei ole vielä tullut esiin vaan on vasta tupessa.

7 PÄÄTÄNTÖ

Karjatiljan kannattava peltoviljely -hankkeessa toteutettu korjuuaikastrategiakoe on merkittävä. Sen avulla on pystytty selvittämään, mikä korjuuaika olisi paras mahdollinen jotta saataisiin laadultaan hyvää säilörehua. Tutkimuksissa on vertailtu mitä tapahtuu, jos ensimmäinen sato tehdään aikaisin keväällä ja toisen sadon annetaan kasvaa hiukan pidempään. Vertailussa oli myös mitä sadolle tapahtuu, jos ensimmäinen sato tullaan tekemään vasta kesäkuun puolivälin jälkeen ja toiselle sadolle annetaan vähemmän aikaa kasvaa. Tutkimuksessa oli mukana kolmen sadon korjuu kasvukaudella. Juuri tällaiset nurmiviljelytutkimukset ovat tärkeitä, koska säilörehun laadulla vaikutetaan paljon lypsylehmän maidontuotantoon.

Sadon sulavuuden ennustaminen lehtien osuudella, kasvuston korkeudella, lämpösummalla ja kuiva-ainesadolla on tulosten perusteella mahdollista. Käytännössä ainakin lehtien osuudella määrittäminen on hankalaa. Artturi korjuupalvelussa käytetään ensimmäisen sadon sulavuuden ennustamiseen lämpösummaa. Kuiva-ainesatoa viljelijä pystyy itse määrittämään mittaamalla kasvuston korkeutta pellolta, mutta kuiva-ainesadolla sadon sulavuuden määrittäminen on käytännössä hankalaa. Raakanäytteen ottaminen on yksi tapa määrittää milloin niittoajankohta on sopiva sulavuuden kannalta. Tulosten saaminen saattaa kestää useita päiviä, joten on hyvä tehdä lisätutkimuksia kuinka viljelijä voisi itse määrittää nopeasti säilörehun sulavuuden.

Tutkimuksen aihe kiinnosti minua, koska halusin tietää enemmän aiheesta ja mitkä asiat vaikuttavat laadukkaan säilörehun saamiseen. Taustatiedon etsiminen työhön oli helppoa, koska nurmiviljelyyn löytyy paljon kirjallisuutta ja tutkimuksia. Sen sijaan korjuuaikastrategiakokeesta kirjoittaminen niin, että lukijakin sen ymmärtää oli hankalaa. Itselleni kokeen hahmottamista helpotti, kun olin kesätöissä MTT Maaningalla 2011 ja 2012 ja pääsin tekemään havaintoja kokeelta. Tulosten laskeminen ja taulukoiden tekeminen oli välillä haastavaa, mutta johtopäätösten tekeminen oli mielenkiintoista ja huomasi, että on oppinut työtä tehdessä paljon. Opinnäytetyö on ollut haasteellinen, mutta se on antanut paljon. Työtä tehdessä tuntui välillä, että työ on liian iso pala purtavaksi, mutta kuitenkin jokin siinä kiehtoi jatkamaan.

Korjuuaikastrategioiden vertaileminen keskenään oli mielenkiintoista, vaikka opinnäytetyössä oli vain MTT Maaningan aineisto käytössä kolmelta vuodelta (2009–2011). Vertailusta olisi saanut mielenkiintoisemman, jos mukana olisi ollut myös MTT Ruukin aineisto. MTT Ruukin koe oli samanlainen, mutta kasvuolosuhteet olivat molemmissa

paikoissa erilaiset, joten olisi ollut mielenkiintoista nähdä kuinka ne erosivat toisistaan.

LÄHTEET

Alakukku, L. & Pietola, L. 2002. Maan rakenteen vaikutus vesitalouteen. Teoksessa. Alakukku, L. & Teräväinen, H. (toim.). Maan rakenteen hoito. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 5-10.

Frame, J. & Laidlaw, A.S. 2011. Improved Grassland Management. Singapore: Craft Print International Ltd, 168.

Hankkeen tiedot. 2012. MTT. [Viitattu 21.10.2012.]. Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/tutkimus/Hankehaku/Hankeentiedot?p_kieli=koodi=FI&p_hanke_seqno=211858&p_kysely_seqno=73645&p_hakutyyppe=perus

Heikkilä, H. 1998. Säilörehun ja heinän korjuu. Teoksessa. Poutiainen, E., Kempainen, E., Seppänen, H., Siitonen., Jern, M. & Komulainen, M. (toim.). Nurmenviljely. Kokemäki: Satakunnan Painotuote Oy, 61–83.

Heikkilä, T. 2010. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita Prima Oy, 16.

Hiltunen, S. & Hyytiäinen, T. 1992. Kasvintuotanto 1. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 12.

Hyytiäinen, T., Hedman-Partanen, R. & Hiltunen, S. 1995. Kasvintuotanto 2. Rauma: Kirjapaino Oy West Point, 11.

Hodgson, J. 1990. Grazing Management – Science into Practise. Printed in Hong Kong.

Irrrometer reference book - #24. Irrrometer. [Pdf]. [Viitattu 30.11.2012.]. Saatavissa: <http://www.irrometer.com/pdf/IRRROMETERS/24.pdf>

Jaakkola, S., Sairanen, A., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2010. Säilöntämenetelmien soveltuvuus eri nurmirehutyypeille. Teoksessa. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 87–98.

Kangas, A. 2012. Lajikekokeet. Teoksessa. Kangas, A. & Harmoinen, T. (toim.). Peltokasvilajikkeet 2012. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 10–12.

Kuitu on tärkeä lehmän märehittämisen kannalta. 2013- Hyttinen, H. [Valokuva]. [Viitattu 23.3.2013.].

Kokeen tensiometrit. Hyttinen, H. 2012. [Valokuva]. [Viitattu 23.3.2013.].

Kurki, P. 2010. Täydennyskylvö. Teoksessa. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 46–48.

Lehmä käyttää energiaa liikkumiseen. 2002. Hyttinen, A. [Valokuva]. [Viitattu 23.3.2013.].

Lehtialaindeksimittari. 2012. Kanninen, J. MTT Maaninka. [Valokuva]. [Viitattu 23.3.2013.].

LI-COR. 1992. LAI-2000 Plant canopy Analyzer – Operating Manual. Lincoln Nebraska USA.

- Maisi, M. 2007. Nurmien lannoitus varmistaa sadon laadun ja määrän. Teoksessa. Heikkinen, A-M., Pakarinen, K., Punkki, P., Rossi, A., Puurunen, T., Sairanen, A. & Virkajärvi, P. (toim.). Pohjois-Savon nurmiopas – Tavoitteena valtakunnan parhaat nurmet. Pelto tuottamaan – Pohjois-Savoon valtakunnan parhaat nurmet – hanke, 3-5.
- Manni, K. 2007. Rehuarvojärjestelmä. Teoksessa. Alasuutari, S., Manni, K. & Rautala, H. (toim.). Lypsylehmän ruokinta ja hoito. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 47–50.
- Manni, K. 2007. Ruokinnan onnistumisen seuranta. Teoksessa. Alasuutari, S., Manni, K. & Rautala, H. (toim.). Lypsylehmän ruokinta ja hoito. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 88–91.
- MTT Maaninka. 2012 MTT. [Viitattu 21.10.2012.]. Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/maaninka>
- Moore, K. J., Moser, L. E., Vogel, K. P., Waller, S.S., Johnson B. E. & Pedersen, J. F. 1991. Describing and Quantifying Growth Stages of Perennial Forage Grasses. [pdf]. [Viitattu 16.12.2012.]. Saatavissa: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1507&context=agronomyfacpub&sei-redi>
- Niskanen, M. & Kemppainen, J. 2012. Timotei. Teoksessa. Kangas, A. & Harmoinen, T. (toim.). Peltokasvilajikkeet 2012. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 63–66.
- Niskanen, M. & Niemelä, O. 2010. Nurmikasvien ominaisuudet. Teoksessa. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 31–42.
- Niskanen, M. & Nykänen, A. 2010. Siemenseokset nurmiviljelyssä. Teoksessa. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 31–42.
- Niskanen, M. & Suomela, R. 2012. Nadat. Teoksessa. Kangas, A. & Harmoinen, T. (toim.). Peltokasvilajikkeet 2012. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 67–71.
- Nousiainen, J., Niskanen, H., Kainulainen, P. & Toivakka, M. 2010. Korjuu. Teoksessa. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy 76.
- Nurminata. 2011. Hyttinen, H. [Valokuva]. [Viitattu 23.3.2013.].
- Parikka, P. 2012. Heinien siemenviljelykset. Kasvitaudit. Teoksessa. Ahvenniemi, P. (toim.) Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 123–140.
- Parikka, P. 2012. Niitonurmet ja laitumet. Teoksessa. Ahvenniemi, P. (toim.) Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 123–140.
- Pekkarinen, E., Liskola, K. & Luoma, T. 1982. Rehujen korjuu-, varastointi- ja ruokintatappiot. Helsinki: Työtehoseuran julkaisu 247, 28.
- Peltoalan käyttö 1910 ja 1920–2012. [Tilastot]. Maataloustilastot. [Viitattu 14.3.2013]. Saatavissa: <http://www.maataloustilastot.fi/kaytossa-oleva-maatalousmaa>

Pietola, L. 2002. Juurten kasvu maassa. Teoksessa. Alakukku, L. & Teräväinen, H. (toim.). Maan rakenteen hoito. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 16–23.

Punkki, P. 2007. Rantala, J. 2007. Pohjoissavolaista peltoviljelyä. Teoksessa. Heikkinen, A-M., Pakarinen, K., Punkki, P., Rossi, A., Puurunen, T., Sairanen, A. & Virkajärvi, P. (toim.). Pohjois-Savon nurmiopas – Tavoitteena valtakunnan parhaat nurmet. Pelto tuottamaan – Pohjois-Savoon valtakunnan parhaat nurmet – hanke, 3-5.

Puurunen, T. & Mero, H. 2010. Nurmiviljelyn suunnittelu. Teoksessa. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 4-15.

Puurunen, T. & Virkajärvi, P. 2010. Onnistunut perustaminen varmistaa nurmen kasvun. Teoksessa. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 43–48.

Puurunen, T., Virkajärvi, P. & Nykänen, A. 2010. Rikkakasvien torjunta. Teoksessa. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 49–57.

Rantala, J. 2007. Säilörehun laadun merkitys ruokinnassa. Teoksessa. Heikkinen, A-M., Pakarinen, K., Punkki, P., Rossi, A., Puurunen, T., Sairanen, A. & Virkajärvi, P. (toim.). Pohjois-Savon nurmiopas – Tavoitteena valtakunnan parhaat nurmet. Pelto tuottamaan – Pohjois-Savoon valtakunnan parhaat nurmet – hanke, 38–41.

Raininko, K. 1985. VIII Nurmet. Teoksessa Köppä, P. (toim.). Kasvinviljelyoppi 2. Rauma: Oy Länsi-Suomi, 213–263.

Rinne, M. & Nousiainen, J. 2010. Rehuarvot ja rehujen sulavuus. Teoksessa. Kytäjä, J., Nokka, S. & Harmoinen, T. (toim.). Lypsylehmän ruokinta. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 75–81.

Rinne, M. & Sairanen, A. 2010. Hyvän nurmirehun ominaisuudet. Teoksessa. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 16–20.

Sairanen, A., Juutinen, E. & Vauhkonen, E. 2012. Säilörehun korjuuajan vaikutus maitotilan talouteen lyhyellä aikavälillä. Teoksessa. Nurmesta se kaikki lähtee! Karjatilän kannattava peltoviljely -hankkeen julkaisu, 18–20.

Saarinen, A. 2007. Nurmien rikkakasvitorjunnalla terveellistä ja tuottavaa nurmea. Teoksessa. Heikkinen, A-M., Pakarinen, K., Punkki, P., Rossi, A., Puurunen, T., Sairanen, A. & Virkajärvi, P. (toim.). Pohjois-Savon nurmiopas – Tavoitteena valtakunnan parhaat nurmet. Pelto tuottamaan – Pohjois-Savoon valtakunnan parhaat nurmet – hanke, 25–27.

Seppälä, R., Ryhänen, M., Sipiläinen, T., Rinne, M., Huhtanen, P. & Suokannas, A. 2002. I. Säilörehu maitotilan taloudessa – pitkän aikavälin näkökulma. Teoksessa. Ryhänen, M. & Sipiläinen, T. (toim.). Nurmisäilörehu maitotilan taloudessa. Helsinki: Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos, 7-54.

Simon, U. & Park, B. H. 1981. A Descriptive Scheme for Stages of Development in Perennial Forage Grasses. Teoksessa. Allan Smith, J. (toim.). Proceedings of the XIV International grassland congress at Lexington. Kentucky: University of Kentucky, College of Agriculture, 416–418.

Suokannas, A., Nysand, M. & Niskanen, H. 2010. Korjuumenetelmät. Teoksessa. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 71–86.

Säilörehulla vaikutetaan lypsylehmän maidontuotantoon. 2013. Hyttinen, H. [Valokuva]. [Viitattu 23.3.2013.].

Timotei. 2011. Hyttinen, H. [Valokuva]. [Viitattu 23.3.2013.].

Timotein kehitysaste 33. Mustonen, A. & Kykkänen, S. 2012. MTT Maaninka. [Valokuva]. [Viitattu 23.3.2013.].

Timotein kehitysaste 47. Mustonen, A. & Kykkänen, S. 2012. MTT Maaninka. [Valokuva]. [Viitattu 23.3.2013.].

Timotein kehitysasteet 21, 22, 23 ja 24. Mustonen, A. & Kykkänen, S. 2012. MTT Maaninka. [Valokuva]. [Viitattu 23.3.2013.].

Vanhatalo, A. 2010. Ravintoaineiden sulatus ja käyttö. Teoksessa. Kyntäjä, J., Nokka, S. & Harmoinen, T. (toim.). Lypsylehmän ruokinta. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 27–38.

Vanhatalo, A. 2010. Ruoansulatus. Teoksessa. Kyntäjä, J., Nokka, S. & Harmoinen, T. (toim.). Lypsylehmän ruokinta. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 19–26.

Vesander, L. 2012. Kevät joka viikko. *Savon Sanomat*. 3.2.2013.

Virkajärvi, P. 2013. Nurmituotannon professori. [Henkilökohtainen tiedonanto]. [Viitattu 26.3.2013.].

Virkajärvi, P., Hyrkäs, M. & Suomela, R. 2011. Kannattaako säilörehun kolmas korjuu?. *Leipä leveämmäksi*. 2011 nro 4, 34–35.

Virkajärvi, P. & Pakarinen, K. 2010 Nurmikasvin sadonmuodostus. Teoksessa. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 25–30.

Virkajärvi, P., Pakarinen, K. & Nykänen, A. 2010. Nurmien lannoitustarve. Teoksessa. Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy, 58–70.

Kasvuston kehitysasteet (mukaillen Simon & Park 1981)

Koodi	Kuvaus	Huom
Tupen pidentyminen		
20	Ei pidentyneitä lehtituppia	
21	Yksi pidentynyt (=yksi kieleke/korvake näkyvissä)	
22	Kaksi pidentynyttä	
...		
29	9 tai useampi pidentynyt	
Varren pidentyminen		
31	Ensimmäinen solmu tunnettavissa	
32	Toinen solmu tunnettavissa	
33	Kolmas..	
34	Neljäs...	
35	Viides...	
37	Lippulehti juuri näkyvissä	
39	lippulehden kieleke juuri näkyvissä	
Tupen turpoaminen		
45	Tuppi turvonnut	
47	Tuppi haljennut auki	
49	Tähkä juuri ja juuri näkyvissä	
Tähkän/röyhyn esiintulo		
50	Ylin 1-2 cm tähkästä näkyvissä	
52	¼ tähkästä näkyvissä	
54	½ tähkästä näkyvissä	
56	¾ tähkästä näkyvissä	
58	Tähkän/röyhyn tyvi näkyvissä	
Kukinta		
60	Kukinta kohta alkamassa (preanthesis)	Kukinnan alapuolinen nivelväli näkyvissä, ei ponsia
62	Kukinnan alku	Ensimmäiset ponnet näkyvissä
64	Täysi kukinta	Siitepölyn tuotto suurimmillaan
68	Kukinnan loppu	Siitepölyä ei irtoa
Siementen kypsyminen		
75	Siemenvalkuainen maitomainen	Kukinto vihreä
85	Siemenvalkuainen pehmeä, jauhoinen	Siemenet eivät irtoa lyötäessä kukintoa kämmeneen
87	Siemenvalkuainen kova, jauhoinen	Kukinto menettää lehtivihreää, muutamia siemeniä irtoaa
91	Siemenvalkuainen kova	Kukinnan alapuolinen nivelväli menettää lehtivihreää, siemeniä irtoaa runsaasti
93	Siemenvalkuainen kova ja kuiva	Siemenen kehityksen loppuvaihe, enimmäkseen siemenet varisseet

Kuiva-ainesato

Kuiva-ainesato vuosittain ja niitoittain (kg ka/ha)						
Koejäsen		Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	1	3006 a	4416 a	3172 a	3532
2	Aikainen	1	2977 a	4250 a	3533 a	3587
3	Myöhäistetty	1	5099 b	5776 b	5095 b	5323
4	Erittäin myöhäinen	1	6161 c	8667 c	6110 c	6979
	SEM			151,8		
	p-arvot					
	Korjuustrategia			<0,001		
	Vuosi			<0,001		
	Korjuustrategia*vuosi			<0,001		
Koejäsen		Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	2	3489 a	3349 b	2842 a	3227
2	Aikainen	2	5857 b	4299 c	5787 c	5314
3	Myöhäistetty	2	4398 a	3324 b	4848 c	4190
4	Erittäin myöhäinen	2	3692 a	1939 a	4079 b	3237
	SEM			190,1		
	p-arvot					
	Korjuustrategia			<0,001		
	Vuosi			<0,001		
	Korjuustrategia*vuosi			<0,001		
Koejäsen		Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	3	2102	211	3535	1950
	SEM			165,3		
	p-arvot					
	Vuosi			0,009		

ME-sato

ME-sato vuosittain ja niitoittain (GJ/ha)						
Koejäsen		Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	1	34,0 a	50,7 a	35,8 a	40,2
2	Aikainen	1	33,7 a	48,9 a	39,4 a	40,7
3	Myöhäistetty	1	53,3 b	61,7 b	54,2 b	56,4
4	Erittäin myöhäinen	1	60,0 c	87,3 c	61,6 c	69,6
	SEM			1,6		
	p-arvot					
	Korjuustrategia			<0,001		
	Vuosi			<0,001		
	Korjuustrategia*vuosi			<0,001		
Koejäsen		Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	2	37,9 a	37,6 bc	31,5 a	35,7
2	Aikainen	2	63,9 b	45,4 c	60,4 c	56,5
3	Myöhäistetty	2	47,7 a	36,3 b	51,9 bc	45,3
4	Erittäin myöhäinen	2	44,5 a	22,1 a	43,7 b	35,8
	SEM			2,0		
	p-arvot					
	Korjuustrategia			<0,001		
	Vuosi			<0,001		
	Korjuustrategia*vuosi			<0,001		
Koejäsen		Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	3	25,2	24,2	39,1	22,3
	SEM			1,9		
	p-arvot					
	Vuosi			0,010		

D-arvo

D-arvo vuosittain ja niitoittain (g/kg ka)						
Koejäsen	Niittostrategia	Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	1	707 c	717 c	706 c	710
2	Aikainen	1	708 c	719 c	697 c	708
3	Myöhäistetty	1	653 b	667 b	665 b	662
4	Erittäin myöhäinen	1	608 a	629 a	630 a	623
	SEM			3,6		
	p-arvot					
	Korjuustrategia			<0,001		
	Vuosi			0,001		
	Korjuustrategia*vuosi			0,038		
Koejäsen	Niittostrategia	Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	2	679 a	702 c	691 b	691
2	Aikainen	2	682 a	660 a	652 a	664
3	Myöhäistetty	2	678 a	682 b	669 c	676
4	Erittäin myöhäinen	2	704 a	715 d	669 c	696
	SEM			5,7		
	p-arvot					
	Korjuustrategia			0,004		
	Vuosi			0,009		
	Korjuustrategia*vuosi			<0,001		
Koejäsen	Niittostrategia	Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	3	750	738	690	726
	SEM			2,3		
	p-arvot					
	Vuosi			<0,001		

NDF

NDF vuosittain ja niitoittain (g/kg ka)						
Koejäsen	Niittostrategia	Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	1	585 a	554 a	590 a	577
2	Aikainen	1	583 a	557 a	601 a	580
3	Myöhäistetty	1	656 b	607 b	610 ab	624
4	Erittäin myöhäinen	1	643 b	607 b	639 b	630
	SEM			5,9		
	p-arvot					
	Korjuustrategia			<0,001		
	Vuosi			0,006		
	Korjuustrategia*vuosi			0,020		
Koejäsen	Niittostrategia	Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	2	573 b	566 ab	565 a	568
2	Aikainen	2	556 ab	581 b	596 b	578
3	Myöhäistetty	2	562 ab	569 ab	583 ab	571
4	Erittäin myöhäinen	2	547 a	557 a	577 ab	560
	SEM			6,7		
	p-arvot					
	Korjuustrategia			0,145		
	Vuosi			0,036		
	Korjuustrategia*vuosi			0,002		
Koejäsen	Niittostrategia	Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	3	462	521	561	515
	SEM			14,7		

Raakavalkuainen

Raakavalkuainen vuosittain ja niitoittain (g/kg ka)						
Koejäsen	Niittostrategia	Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	1	169 b	162 c	155 c	162
2	Aikainen	1	179 b	160 c	148 c	162
3	Myöhäistetty	1	125 a	115 b	112 b	117
4	Erittäin myöhäinen	1	113 a	78 a	92 a	95
	SEM			3,0		
	p-arvot					
	Korjuustrategia			<0,001		
	Vuosi			<0,001		
	Korjuustrategia*vuosi			0,008		
Koejäsen	Niittostrategia	Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	2	155 c	131 c	175 c	154
2	Aikainen	2	103 a	86 a	81 a	90
3	Myöhäistetty	2	121 b	109 b	93 a	108
4	Erittäin myöhäinen	2	131 b	146 d	119 b	132
	SEM			4,3		
	p-arvot					
	Korjuustrategia			<0,001		
	Vuosi			0,089		
	Korjuustrategia*vuosi			<0,001		
Koejäsen	Niittostrategia	Sato	2009	2010	2011	2009–2011
1	Kolme niittoa	3	114	135	99	116
	SEM			6,1		

Korrelaatioiden keskiarvot

		Keskiarvot									
NITTO	Koejäsen	Lehtien osuus %	Timotein kehitysaste	Nurminadan kehitysaste	Kasvuston korkeus	Lämpösusma	Keskiämpöttä	Kuiva-ainesato			
1	1	43,7	39	31	67	275	11,5	3532			
	2	45,4	40	33	67	275	11,5	3587			
	3	30,2	51	41	86	368	12,0	5323			
	4	22,5	54	46	103	481	12,8	6979			
2	1	68,1	31	23	57	455	17,0	3227			
	2	45,5	34	23	70	781	17,6	5314			
	3	47,8	33	22	67	715	18,2	4190			
	4	66,4	32	22	60	602	18,5	3237			
3	1	67,1	28	23	44	652	14,2	1950			

