



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Annika Lillvik

Tilannetajuisen laidunnuksen vaikutus laitumen biomassatuotantoon ja hiilensidontaan

Ilmastosoturit-hanke

Opinnäytetyö
Kevät 2022
Agrologi (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Ruoka

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Tuotantoprosessit

Tekijä: Annika Lillvik

Työn nimi: Tilannetajuisen laidunnuksen vaikutus hiilensidontaan ja biomassatuotantoon

Ohjaaja: Arja Nykänen

Vuosi: 2022

Sivumäärä: 59

Liitteiden lukumäärä: 0

Vuonna 2021 tuli voimaan eurooppalainen ilmastolaki, jonka tavoitteena on hiilineutraalius vuoteen 2050 mennessä, ja vähintään 55 % päästövähennystavoite vuoteen 2030 mennessä. Tavoitteet ovat kaikkia Euroopan maita sitovia. Maatalous on merkittävässä osassa päästövähennystavoitteita, ja niitä voidaan saavuttaa esimerkiksi hiiliviljelyllä. Käynnissä on useita hankkeita, joissa pyritään selvittämään maatalouden taloudellisesti kannattavia päästövähennyskeinoja. Yksi näistä on Ilmastositurit-hanke, jonka pilottitilalta opinnäytetyön materiaali on kerätty. Hiiliviljely on osa regeneratiivista, eli uudistavaa viljelyä. Hiiliviljelymenetelmillä pystytään parantamaan viljelymaan laatua ja kasvukuntoa, ja sen tavoitteena on lisätä maaperässä olevan hiilen määrää ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Keinoja tähän ovat esimerkiksi kasvipeitteisyyden lisääminen ja syväjuuristen kasvien viljely.

Opinnäytetyössä selvitettiin, vaikuttaako tilannetajuinen laidunnus maaperän hiilensidontaan ja biomassatuotantoon. Haluttiin myös selvittää mahdollinen biomassatuotannon ja maahengityksen välinen yhteys sekä tilallisten kokemukset hiiliviljelystä. Materiaali on kerätty lihakarjatilalta, jossa karja laiduntaa tilannetajuisen laidunnuksen menetelmin. Maahengitystä mitattiin ja biomassanäytteitä kerättiin kasvukaudella 2021 kahdelta eri laitumelta, jotka oli jaettu kahteen laidunlohkoon.

Laitumien kuiva-ainepitoisuuden nousu oli keskimäärin 26 % kasvukauden aikana. Laitumella 2 biomassan päiväkasvu kesäkuussa oli 154 kg/ha, ja elokuussa 92,3 kg/ha. Mittauksista havaittiin, että biomassan ollessa runsaimmillaan myös maahengitys oli voimakkaampaa. Heikoin mitattu maahengitys oli laitumella 2, 13 kg CO₂/ha/d, joka mitattiin elokuussa laitumen syöttölohkon lepokauden aikana. Tuolloin biomassan määrä laitumella oli 926 ka kg/ha. Voimakkain mitattu maahengitys oli myös laitumella 2, 138 kg CO₂/ha/d, joka mitattiin laitumen syöttölohkon lepokauden aikana kesäkuussa. Silloin laitumella oli biomassaa 2 404 ka kg/ha.

¹ Asiasanat: laidunnus, hiiliviljely, hiilensidonta, biomassatuotanto, ilmastoneutraalius

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: Seinäjoki University of Applied Sciences

Degree programme: Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Production Processes

Author/s: Annika Lillvik

Title of thesis: Impact of adaptive grazing on carbon sequestration and biomass production

Supervisor(s): Arja Nykänen

Year: 2022

Number of pages: 59

Number of appendices: 0

The EU aims to be climate-neutral by the year 2050, and cut the greenhouse gases by at least 55% by 2030. In agriculture these targets can be achieved in different ways. One way is to farm by using regenerative cultivation methods e.g. carbon cultivation. Regenerative cultivation methods increase agricultural sustainability and carbon sequestration for example through adaptive grazing and use of collector plants. There are a great number of projects going on at the moment, where the goal is to find methods for carbon sequestration. One of these projects is called Ilmastosit. The material for this thesis was collected from one of the piloting farms.

This thesis aimed to find out the effects of adaptive grazing on carbon sequestration and biomass production. Possible connection between biomass production and soil respiration and the farmers' experiences of carbon farming were also studied. The data for the study was collected from a beef cattle farm, where the animals graze using adaptive grazing. Soil respiration was measured and biomasses were collected in the summer of 2021. Material was collected from two pastures, which were divided into two pasture sections.

Dry matter in the pastures increased by 26 % in the summer. In pasture 2, the biomass growth was 154 kg/ha in June and 92,3 kg/ha/d in August. Soil respiration was stronger when there was more biomass in the pasture. The weakest soil respiration was measured from pasture 2, 13 kg CO₂/ha/d, in August. The amount of biomass was 926 dry matter kg/ha. The strongest soil respiration was also measured from pasture 2 in June, being 138 kg CO₂/ha/d, and the amount of biomass 2 404 dry matter kg/ha. The strongest and weakest soil respirations were measured during the resting period of the pasture section.

¹ Keywords: grazing, regenerative/carbon cultivation, carbon sequestration, biomassproduction, climate-neutral

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO	9
2 HIILIVILJELY	11
2.1 Hiilensidonta kasveissa	11
2.2 Hiilensidonta maaperässä	12
2.3 Nurmen kasvivalinta ja hiilensidonta	14
3 LAIDUNTAMINEN JA SEN MENETELMÄT	17
3.1 Hiilen sidontaa lisäävät laidunnusmenetelmät.....	17
3.2 Naudat laiduntajina.....	19
3.3 Tilannetajuisen laidunnuksen hyödyt.....	20
3.4 Tilannetajuisen laidunnuksen haasteet	21
3.5 Laidunnuksen suunnittelu.....	23
4 TUTKIMUSASETELMA	24
4.1 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset	24
4.2 Laidunlohkot	24
4.3 Mittaukset ja analyysit	28
5 TULOKSET	31
5.1 Kasvukauden sääolot	31
5.2 Biomassatulokset	32
5.2.1 Kesäkuu	32
5.2.2 Elokuu	34
5.3 Droonikuvat	39
5.3.1 Kesäkuu	39
5.3.2 Elokuu	42

5.4	Maahengitysmittauksen tulokset	44
5.5	Biomassojen ja maahengityksen yhteys.....	46
5.6	Laidunnuskokemukset.....	49
6	TULOSTEN TULKINTA	51
6.1	Kuiva-ainesato.....	51
6.2	Maahengitys	52
6.3	Maahengityksen ja biomassan yhteys	54
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	55
	LÄHTEET	56

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Eri laidunnusmenetelmien periaatteet laidunkierrossa.....	18
Kuva 2. Syöttökaistojen aitaamiseen suunniteltu laidunpyörä	22
Kuva 3. Karttakuva Laidun 1:stä. Kuvaan on merkitty laidunlohkot ja niiden tunnisteet. Biomassanäytteenottoaikat on merkattu karttaan mustalla, maahengitysmittarin mittauskohdat punaisella.	26
Kuva 4. Karttakuva laitumesta 2. Kuvaan on merkattu laidunlohkot ja niiden tunnisteet, sekä biomassanäytteiden näytteenotokohdat mustalla ja maahengitysmittarin mittapistet punaisella.	27
Kuva 5. Biomassanäytteestä erotetut kuivuneet korret kuvan alaosassa, yläosassa hyvälaatuinen nurmi.....	37
Kuva 6. Droonin kartoittamaa kuvaa laidun 1:ltä 10.6. Kuvan alaosassa näkyy kartoituksen NDVI-indeksin skaala.	40
Kuva 7. Droonin kartoittamaa kuvaa laidun 2:sta 10.6. 11 päivän lepokauden jälkeen. Kuvan alaosassa näkyy kartoituksen NDVI-indeksin skaala.....	41
Kuva 8. Laidun 1 elokuussa 27.8. lepokauden alussa.	42
Kuva 9. Laidun 2 elokuussa 23.8. sekä 27.8. Kuvien välillä neljän päivän lepokauden ero.....	43
Kuvio 1. Kasvien sisältämän hiilen määrä (kg/ha) laitumella 1.	38
Kuvio 2. Kasvien sisältämän hiilen määrä (kg/ha) laitumella 2.	39
Kuvio 3. Laitumen 1 maahengitys (kg CO ₂ /ha/d), vuorokautta kohti laskettuna kesän 2021 mittauksissa.	45

Kuvio 4. Laitumen 2 maahengitys (kg CO ₂ /ha/d), vuorokautta kohti laskettuna kesän 2021 mittauksissa	46
Kuvio 5. Biomassa- ja maahengitysmittauksen tulokset laitumella 1 kesän 2021 aikana. .	47
Kuvio 6. Biomassa- ja maahengitysmittauksen tulokset laitumella 2 kesän 2021 aikana. .	48
Taulukko 1. Laitumeen käytetyt kylvöseokset ja niiden prosenttiosuudet, sekä seoksien sisältämien kasvilajien prosenttiosuudet.	27
Taulukko 2. Biomassanäytteenottojen päivämäärät laidunlohkoittain.	28
Taulukko 3. Vuosien 2010-2021 kesäkuukausien keskilämpötilat tilaa lähimmällä sääasemalla.....	32
Taulukko 4. Keskimääräinen sadesumma kuukausittain vuosien 2010-2021 välillä tilaa lähimmällä sääasemalla.....	32
Taulukko 5. Kesäkuun biomassanäytteiden tulokset.	33
Taulukko 6. Laitumen 1 biomassamittauksien tulokset elokuussa kesällä 2021.....	34
Taulukko 7. Laitumen 2 biomassamittausten tulokset elokuussa kesällä 2021.	35

Käytetyt termit ja lyhenteet

Biomassa	Elollisesta materiaalista peräisin olevaa orgaanista ainetta. Tässä yhteydessä termiä käytetään laitumien kasvimassasta (Heinonsalo 2020).
Hiilinielu	Hiilivarasto joka kasvaa. Hiilinielu varastoi enemmän hiiltä kuin vapauttaa sitä. Hiilinieluna voi toimia esimerkiksi kasvillisuus ja maaperä (Laulajainen 2019).
Hiilitase	Sitoutuneen hiilen määrän muutos tietyllä aikavälillä (Laulajainen 2019).
Hiilivarasto	Kasvillisuuteen ja maahan sitoutuneen hiilen määrä (Carbon Action, Hiilitermistö haltuun 2021).
Hiiliviljely	Yleisnimitys niille maataloustoimenpiteille, joilla pyritään varastoimaan ilmakehän hiilidioksidia maaperään. Hiiliviljelyllä pyritään myös estämään hiilen vapautuminen. Tällä tavalla pystytään vähentämään maatalouden päästöjä. Hiiliviljelytoimenpiteitä ovat esimerkiksi viljelykierron monipuolistaminen ja kasvillisuuden lisääminen esimerkiksi aluskasvien muodossa (Laulajainen 2019).
Uudistava laidunnus	Termi pitää sisällään useita erilaisia laidunnusmenetelmiä, joiden kaikkien tavoite on sitoa hiiltä maaperään ja parantaa maaperän kasvukuntoa. Näille laidunnusmenetelmille on ominaista olla nopeatempoisia, jolloin laiduntamisjaksot ovat lyhyitä ja lepojaksot pidempiä (Laulajainen 2019).

1 JOHDANTO

Ilmasto lämpenee tällä hetkellä 0,2°C vuosikymmenessä ihmisen toiminnan seurauksena (Euroopan komissio, Ilmastomuutoksen syyt, [viitattu 26.4.2022]). Vuonna 2020 Suomen kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt olivat 48,1 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia (milj. t CO₂-ekv). Maatalouden osuus päästöistä oli 6,5 milj. t CO₂-ekv. Maatalouden päästöt ovat vähentyneet vuoteen 1990 verrattuna 13 prosenttia. Syytä tähän ovat esimerkiksi väkilannoitteiden käytön vähentäminen ja maatalouden kehitys. (Tilastokeskus, [viitattu 24.4.2022]). Koska päästöt ovat kuitenkin uhka, esimerkiksi Euroopan komissio on hyväksynyt joukon ehdotuksia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi (Euroopan komissio, Euroopan vihreän kehityksen ohjelma, [viitattu 24.4.2022]).

Vuoden 2019 joulukuussa Euroopan komissio julkaisi vihreän kehityksen ohjelman. Siinä esitellään erilaisia keinoja, joilla hiilineutraalius voitaisiin saavuttaa vuoteen 2050 mennessä. Eurooppalainen ilmastolaki tuli voimaan kesällä 2021. Sen myötä ilmastoneutraaliustavoite vuoteen 2050 mennessä ja vähintään 55 % päästövähennystavoite vuoteen 2030 mennessä ovat laillisesti sitovia. (Eurooppatiedotus 4.3.2020). Käynnissä on myös useita hankkeita ilmaston suojelemiseksi. Yksi näistä on Ilmatoruokaohjelma, jossa tavoitteena on tukea yhteiskunnan siirtymistä kohti ilmastokestävää ruokajärjestelmää. Hanke on käynnistynyt vuoden 2020 alussa. (Maa- ja metsätalousministeriö, [viitattu 8.9.2021]). Tässä, kuten myös monissa muissa aiheita koskevissa hankkeissa mainitaan maatalouden yhdeksi ilmastotoimeksi hiiliviljely ja hiilinielujen sekä -varastojen vahvistaminen.

Hiiliviljelyllä tarkoitetaan sellaisia maatalouskäytäntöjä, jolla voidaan lisätä maaperässä olevan hiilen määrää ja vähentää maatalouden kasvihuonekaasupäästöjä. Erilaisia tapoja peltomaan hiilen määrän lisäämiseen ovat esimerkiksi syväjuuristen kasvien viljely, monipuolinen viljelykierto, kasvibiomassan jättäminen maahan sekä alus- ja kerääjäkasvien käyttö. Muita keinoja ovat esimerkiksi kasvipeitteisyyden lisääminen, muokkaustoimenpiteiden keventäminen sekä maan multavuuden parantaminen. (Heinonsalo 2020).

Erilaisilla laidunnusmenetelmillä ja -käytännöillä voidaan sitoa hiiltä ilmakehästä. Keväällä monivuotiset nurmikasvit aloittavat yhteyttämisen, jolloin ne alkavat tuottaa hiilihydraatteja

energiakseen. Hiilihydraatit syntyvät fotosynteesissä, ja tuottamansa hiilihydraatit kasvit käyttävät kasvuunsa ja kasvuston ylläpitoon. Hiilihydraatit syötetään juuristoon, ja niitä käytetään uudelleenkasvun aloitukseen. Juuristosta hiilihydraatit syötetään edelleen maaperän mikrobien ravinnoksi. Maaperän mikrobit vapauttavat kasvinjätteiden hajotuksen tuloksena ravinteita, joita kasvit hyödyntävät kasvuprosessissaan. (Laulajainen 2019). Hiiliviljelyn mukaisia laidunkiertoja ja -menetelmiä on erilaisia, mutta niille kaikille ominaista ovat lyhyet laidunjaksot ja pitkät laitumen lepojaksot (Mattila & Saarinen 2020). Yksi laitumen käytön periaatteista on "ota puolet, jätä puolet", joka tarkoittaa käytännössä sitä, että kasvin maanpäällisestä osasta syötetään laidunjakson aikana noin puolet. Tämä mahdollistaa kasvin nopeamman palautumisen laitumen lepokauden aikana. (Laulajainen 2019).

2 HIILIVILJELY

Hiiliviljelyllä tarkoitetaan maanviljelyksen toimenpiteitä, joilla pyritään varastoimaan hiiltä viljelymaahan sekä estämään sen vapautumista (Laulajainen 2019). Hiiliviljely on laaja kokonaisuus, ja sillä on monia erilaisia vaikutuksia. Hiilensidonnalla voidaan parantaa maaperän rakennetta, vesitaloutta, vähentää eroosiota sekä parantaa sadon laatua. (Silveira, Hanlon, Azenha & Silva 2012).

Hiiliviljelyn kolme periaatetta ovat yhteyttämisen, mikrobitoiminnan ja suojan maksimointi. Yhteyttämistä voidaan maksimoida jatkuvalla kasvipeitteisyydellä, tasapainoisella kasvinravitsemuksella sekä suurella lehtipinta-alalla. Juuriston kasvattaminen edistää pieneliöstön esiintymistä ja mikrobitoimintaa. Mikrobitoimintaa pystytään edistämään eloperäisen aineksen lisäämisellä maaperään, pitämällä maaperän pH-arvo neutraalina sekä monipuolisella runsasjuurisella kasvustolla. Torjunta-aineiden vähäinen käyttö, maaperän rakenteen ja muruisuuden ylläpito sekä muokkauksien vähentäminen maksimoivat maaperän suojaa. (Laulajainen 2019).

2.1 Hiilensidonta kasveissa

Villeä ja kostea ilmasto sekä maaperän hienojakoisuus lisäävät hiilensidontaa (Heinonsalo 2020). Hiili sitoutuu yhteyttämisen kautta, kun kasvit muodostavat auringon energian avulla vedestä ja hiilidioksidista hiilihydraatteja. Hiilihydraattien avulla kasvi rakentaa uusia kasvinosia ja ylläpitää olemassa olevien osien elintoimintoja. (Hiilipuu, Hiilen kierto, [viitattu 10.12.2021]). Keskimääräinen hiilen määrä kasveissa on noin 378-543 mg kuiva-ainekilossa (Jensen ym. 2005).

Viljelykierto ja laiduntamismenetelmät vaikuttavat hiilen varastoitumiseen. Satoisia ja syväjuurisia kasveja viljelemällä pystytään kasvattamaan biomassakertymää, johon hiili on sitoutuneena. Monivuotisilla kasveilla pystytään kasvattamaan juuristomassaa ja hyödyntämään koko kasvukauden jatkuvaa yhteyttämistä. Maaperän mikrobit ovat hiilensidonnassa tärkeässä roolissa. Orgaanisia lannoitteita käyttämällä ja kasvinjätteitä lisäämällä tarjotaan mikrobeille ravintoa ja lisätään näin hiilensidontaa. Peltomaan muokkaustoimenpiteiden vähentäminen tai keventäminen on myös tärkeää hiilensidonnan

tehokkuuden kannalta. Suurin osa hiilestä varastoituu muokkauskerrokseen, jolloin muokkaaminen saattaa vapauttaa maahan varastoituneen hiilen. (Laulajainen 2019). Tämä johtuu siitä, että maan muokkaaminen kiihdyttää mikrobien hajotustoimintaa (Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto 2018).

2.2 Hiilensidonta maaperässä

Maaperämikrobit vaikuttavat suureen osaan maaperässä tapahtuvista toiminnoista. Ne esimerkiksi hajottavat kuolleita kasvinosia, muokkaavat ravinteita kasveille käyttökelpoiseen muotoon ja varastoivat hiiltä eloperäiseen ainekseen. (Earthlabs, [viitattu 10.12.2021]).

Maan orgaanisen aineksen pitoisuus eli multavuus vaikuttaa hiilensidonnan määrään. Paljon orgaanista ainesta sisältävä maa todennäköisesti vapauttaa hiiltä sen varastoimisen sijaan, sillä hajottajamikrobit vapauttavat hiilidioksidia ilmakehään hajotuksen seurauksena. Maaperän mururakenne vaikuttaa myös hiilensidonnan määrään. Sidotun hiilen määrä kasvaa, kun peltomaassa on partikkelikooltaan pientä kivennäisainesta kuten savea tai hiesua. Silloin maaperässä on enemmän orgaanista ainesta sitovia ja suojaavia pintoja. Sitoutuminen mururakenteeseen suojaa hiiltä mikrobien hajotukselta. Mikrobitoiminnan aiheuttaman hajotuksen estyminen on siis eduksi hiilitaseelle. (Laulajainen 2019).

Maaperään sitoutuvan hiilen määrä riippuu mikrobeille jäävästä ravinnosta. Kun mikrobit aloittavat esimerkiksi kasvibiomassan hajottamisen, hajottajabakteerit ja sienirihmastot ympäröivät jäljelle jääneen orgaanisen aineksen. Hajottajabakteerien ja sienirihmastojen erittämään eritteeseen tarttuu saveshiukkasia, ja näistä saveshiukkasista alkaa muodostua maamuruja. Murun pinnalle liimautuu uusia hiukkasia hajottajien eritteiden seurauksena. (Laulajainen 2019). Mikrobien tuottamat lima-aineet stabiloivat maamuruja, jolloin niiden kestävyys paranee. Tämä vaikuttaa positiivisesti esimerkiksi maaperän vesitalouteen, mutta se myös vähentää maan eroosioriskiä. (Heinonsalo 2020).

Mikrobien ravintoa, eli orgaanista ainetta ovat esimerkiksi kuolleet kasvit ja mikrobit. Hiilen lisäksi orgaaninen aines sisältää esimerkiksi typpeä ja happea. Hiili sitoutuu orgaaniseen ainekseen yhteyttämisen kautta, kun kasvit sitovat ilmakehän hiilidioksidin tuottamiensa hiilihydraattien rakenneosaksi. Orgaaninen aines luokitellaan sen hajoamisnopeuden

perusteella. Labiili, eli nopea orgaaninen aines hajoaa kuukausien tai vuosien kuluttua, kun taas vastaavasti stabiili orgaaninen aines voi säilyä maaperässä jopa satoja vuosia. Stabiili, eli hidas orgaaninen aines syntyy, kun hajotuksen eri vaiheissa syntyvät yhdisteet ja mikrobiperäinen aines reagoi maan kivennäisaineksen kanssa. Näin niiden välille syntyy kemiallinen sidos, joka yhdessä maan mururakenteen kanssa suojaa sitä hajoamiselta. Tällä tavoin hiili säilyy maaperässä. Hiilen määrä maassa kasvaa kuolleella kasviaineksella, juurieritteellä, eläinperäisten jätteen ja orgaanisten lannoitteen myötä. Osa hiilestä poistuu hajotuksen sekä eroosion mukana. Labiili, eli nopeasti hajoava hiili kuitenkin toimii myös ravintona maan mikrobeille, joiden toiminnan vuoksi orgaaniseen ainekseen sitoutuneita ravinteita vapautuu uudelleen kasvien käyttöön. (Heinonsalo 2020).

Hiilivaraston kasvattamiseksi voidaan siis joko hidastaa hajotustoimintaa, eli mikrobiaktiivisuutta, tai lisätä hiilisyötettä, eli kasvintähteitä, juuristoa ja juurieritteitä. Maaperän hiilen hajoamisnopeus riippuu maan mikrobiaktiivisuudesta, lämpötilasta ja kosteudesta. Ihanteellisin lämpötila mikrobeille on 15-20 °C. Maan lämpenemistä ja kosteuden haihtumista voidaan ehkäistä kasvipeitteisyydellä. Kasvintähteiden tuottamiseksi tarvitaan kasvava kasvi. (Mattila & Saarinen 2020).

Kasvien juurieritteet ovat liukoisia kasvintähteitä, joita sekä liukenee että eritetään maaperään juuristosta. Juurieritteiden määrä riippuu monesta seikasta. Näitä ovat esimerkiksi kasvin terveys, maaperän mikrobisto sekä maaperän ravinteisuus. Juurieritteitä saadaan eniten silloin, kun maaperän mikrobisto on monipuolinen ja kasveilla on runsaasti yhteytystuotteita, mutta samalla kilpailua maaperän ravinteista. Uusimmissa tutkimuksissa on havaittu, etteivät maaperän hiilivarastot koostu hajoamattomista kasvintähteistä, vaan kuolleesta mikrobimassasta. Mikrobit kasvavat hajottaessaan kasvintähteitä, ja kuolleet mikrobit varastoituvat maamineraalien pinnoille. Lannan sisältämät mikrobit ja liukoinen hiili lisäävät mikrobiaktiivisuutta ja nopeuttavat hiilen kiertoa maaperässä. Osa mikrobin hajottamasta hiilestä käytetään mikrobimassan tuotantoon. (Mattila & Saarinen 2020).

Osa hiilestä vapautuu takaisin ilmakehään kasvin hengittäessä, sekä kuolleen orgaanisen aineen hajotuksesta (Heinonsalo 2020). Tätä tapahtumaa kuvataan termillä maahengitys. Hiilidioksidipäästöt ovat osin peräisin kasvisolujen ja mikrobin orgaanisten molekyylien hapetuksesta. Näin ne vapauttavat itselleen kemiallista energiaa, jonka jäännöstuotteena

vapautuu hiiltä. (Hiilipuu, Hiilen kierto, [viitattu 10.12.2021]). Maahengityksen nopeuteen vaikuttaa erityisesti maan lämpötila ja sen kosteus. Jos maa on lämmin ja kostea, mikrobien toiminta kiihtyy, joka taas nopeuttaa maahengitystä. (Hiilipuu, Maahengitys, [viitattu 13.12.2021]).

Hiilinielu siis kerää ja varastoi hiilidioksidia. Hiilitaseella tarkoitetaan varastoidun hiilen muutosta yleensä vuositasona. Jos hiilitase on positiivinen, kasvusto on toiminut hiilinieluna. Jos vastaavasti hiilitase on negatiivinen, se on toiminut hiilidioksidin lähteenä. (Bioenergia, [viitattu 13.12.2021]).

Maaperän hiilivaraston tase on riippuvainen kasvien sitoman hiilen ja mikrobitoiminnan vapauttaman hiilen suhteesta. Mikrobien hajotusvoimakkuuteen vaikuttaa kasvitähteen hiili-typisuhde, koska hajottajat tarvitsevat hiiltä energiakseen ja typpeä solujensa rakennusaineeksi. Hajottajat tarvitsevat hiiltä 25 kertaa enemmän kuin typpeä. Optimaalinen hiili-typisuhde on 25:1. Kun tilanne on hajottajille optimaalinen, ne varastoivat typen hitaasti vapautuvaksi kasvien käyttöön. Jos suhdearvo on pienempi kuin 25:1, typpi mineralisoituu eli vapautuu. Jos taas vastaavasti suhdearvo on suurempi kuin optimi, hajotettavan materiaalin typpi ei riitä mikrobien solurakennusaineeksi. (Laulajainen 2019).

2.3 Nurmen kasvivalinta ja hiilensidonta

Hiilensidontan kannalta ei ole optimaalista, että kasvin kasvu ja yhteytys hiipuu kasvukauden edetessä (Laulajainen 2019). Kasvien kasvu perustuu yhteyttämiseen, jota voidaan lisätä muutamalla eri tavalla. Yksi näistä menetelmistä on ”vihreiden viikkojen” käyttö, eli yhteyttämisaajan lisääminen. Toinen on lehtialaindeksin hyödyntäminen, eli kasvitiheyden lisääminen. (Mattila & Saarinen 2020).

Kasvilajeilla ja -lajikkeilla on vaikutuksia hiilivaraston suuruuteen. Nurmikasveilla keskeisenä tekijänä on verso-juuri-suhteet, ja biomassan koostumus, joka vaikuttaa sen hajoamisnopeuteen ja hiilisyötteen pysyvyyteen. Juuribiomassan ja juuristomikrobien kautta syntyvien kasvintähteen jakautuminen maassa on tasaisempaa, jos kasvustossa on mukana syväjuurisia kasveja. Kasvilajien monimuotoisuus itsessään lisää maaperän mikrobien monimuotoisuutta. (Heinonsalo 2020).

Tyypillisimmät monivuotiset nurmikasvilajit Suomessa ovat timotei (*Phleum pratense*), nurminata (*Festuca pratensis*), ruokonata (*Festuca arundinacea*), punanata (*Festuca rubra*), niittynurmikka (*Poa pratensis*), koiranheinä (*Dactylis glomerata*), sekä englanninraiheinä (*Lolium perenne*). Yksivuotisista nurmikasvilajeista käytetään pääasiassa westerwoldinraiheinää (*Lolium multiflorum westerwoldicum*) ja italianraiheinää (*Lolium multiflorum*). Apiloista yleisimmin käytetään monivuotisia puna-apilaa (*Trifolium pratense*), valkoapilaa (*Trifolium repens*) sekä alsikeapilaa (*Trifolium hybridum*). Monipuolisissa seoksissa käytössä ovat yleensä myös sinimailanen (*Medicago sativa*) tai rehumailanen (*Medicago sativa varia*). (Laulajainen 2019).

Timotei on yleisimmin käytetty nurmikasvilaji Suomessa. Sen kevätkasvu on nopea, mutta jälkikasvu niiton jälkeen on heikompi. Timotei on talvenkestävä laji. Nurminata ei talvehdi yhtä hyvin, mutta sen jälkikasvukyky on parempi kuin timoteilla. Ruokonadalla on hyvin laaja juuristo, sillä on hyvä talvehtivuus ja jälkikasvukyky. (ProAgria 2020). Punanata ja niittynurmikka kestävät poikkeuksellisen hyvin talletusta ja myös niillä on hyvä jälkikasvukyky (Suomen hevostietokeskus, [viitattu 15.9.2021]).

Koiranheinällä on syvä juuristo, ja sen jälkikasvukyky on nopea. Nurmilajina se on aikainen, ja korsiintumisen vuoksi sen sulavuus laskee nopeasti. Englanninraiheinän monivuotinen kasvi, jonka juuristo on matala, mutta sen kasvurytmi on nopeampi muihin heiniin verrattuna. Sen sadontuottokyky useimmiten laskee ensimmäisen satovuoden jälkeen, sillä sen talvenkestävyys on vaihtelevaa. Yksivuotisia kasveja ovat westerwoldinraiheinä ja italianraiheinä. (ProAgria 2020). Westerwoldinraiheinälle tyypillistä on nopea kasvu, jonka vuoksi se korsiintuu nopeasti (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus 13.12.2004). Italianraiheinä on lehtevä ja runsasjuurinen kasvi. Useimmiten sen kasvu jatkuu pidemmälle syksyyn kuin muilla kasveilla. (Malin 2020).

Apiloista puna-apila on talvenkestävin sekä satoisin, ja sillä on syvä paalujuuri. Juurinystryöiden avulla se sitoo typpeä ilmakehästä. Puna-apilalajikkeet jaetaan tetraploideihin ja diploideihin. Tetraploidit ovat tyypillisesti reheväkasvuisempia ja ne sisältävät enemmän kasviestrogeenia kuin diploidit. Alsikeapila on puna-apilaan verrattuna kasvurytmiltään nopeampi, ja se sisältää vähemmän kasviestrogeenia. Sen paalujuuri ei ole yhtä syvä kuin puna-apilalla. Valkoapilan biologinen typensidonta on hieman tehokkaampaa

verrattuna puna-apilaan. (ProAgria 2020). Puna-apilaa ja valkoapilaa käytettäessä tulee huomioida niiden osuus kasvustossa. Niiden sisältämät saponiinit aiheuttavat pötsin sisällön vaahtoamista, joka voi aiheuttaa eläimelle puhaltumisen. (Luomuwiki, [Ei viitattu 23.11.2021]). Puhaltumisessa eläimen pötsiin kehittyy kaasua, joka aiheuttaa pahimmillaan eläimen kuoleman (Pyörälä & Tiuhonen 2005).

Sinimailasella on todella syvät juuret, ja se kestää hyvin kuivuutta. Sen talvenkestävyys on vaihtelevaa, mutta jälkikasvukyky on hyvä. Typpiympätty siemen varmistaa biologisen typensidonnan. Rehumailanen on ominaisuuksiltaan hyvin samanlainen kuin sinimailanen. Rehumailanen on verrattuna talvenkestävämpi ja sietää paremmin tallausta. (ProAgria 2020).

Markkinoilla on saatavilla runsaasti erilaisia laitumen kylvöseoksia. Niistä yksinkertaisimmat sisältävät eri heinäkasveja ja apiloita. Monipuolisimmat seokset voivat sisältää esimerkiksi sikuria ja mailasia.

3 LAIDUNTAMINEN JA SEN MENETELMÄT

3.1 Hiilen sidontaa lisäävät laidunnusmenetelmät

Erilaisia laidunnusmenetelmiä on olemassa paljon, ja termiä ”lohko” käytetään rajatusta alueesta, johon eläimet päästetään laiduntamaan. Eri laidunnusmenetelmien termien käyttö ei ole vielä vakiintunutta, ja ne voivat kansainvälisesti erota toisistaan paljon. Esimerkiksi ”Rotational grazing” eli rotaatiolaidunnus tarkoittaa Yhdysvalloissa yksinkertaista lohkosyöttöä, jossa lohkoja on useampi, mutta joiden laidunnusjaksot voivat olla kymmenien päivien mittaisia. Suomalaisittain termiä ”rotaatiolaidunnus” käytetään, kun laiduntavien eläinten syöttölohkoja siirretään jopa päivittäin. (Laulajainen 2019). Termeistä huolimatta, suurimmat hiilensidontamäärät on saavutettu sellaisilla menetelmillä, joissa laidunnuspaine on lyhytaikainen ja voimakas, jonka jälkeen kasvuston annetaan palautua ennen seuraavaa kertaa (Mattila & Saarinen 2020). Lyhyen ja voimakkaan laidunnuspaineen menetelmät ovat vastakohtia jatkuvalla laidunnukselle, jossa eläimet viettävät suurimman osan laidunkaudesta joko yhdellä tai muutamalla laidunalueella. (Atriatuottajat, tehokas laidunkierto kaksinkertaistaa laitumien satotasot, [viitattu 24.6.2021]).

Suomessa rotaatiolaidunnusta pidetään yhteisterminä kiertävälle laidunnukselle, joka pitää sisällään kaistalaidunnuksen ja lohkosyötön. Kiertolaidunnuksella tarkoitetaan laidunnusmallia, jossa laidunnettava alue jaetaan syöttölohkoihin, joissa eläimet kiertävät vaihtaen syöttölohkoa muutaman päivän välein. Intensiivisessä lohkosyötössä alue jaetaan pieniin osalohkoihin, joissa eläimiä kierrätetään päivittäin. Kaistalaidunnuksessa eläimet siirretään vähintään kerran päivässä uudelle kaistalle (Kuva 1.). Näissä laidunmenetelmissä eläinaitoja siirretään siten, etteivät eläimet pääse palaamaan jo laidunnetulle lohkolle takaisin. (Atriatuottajat, tehokas laidunkierto kaksinkertaistaa laitumien satotasot, [viitattu 24.6.2021]).



Kuva 1. Eri laidunnusmenetelmien periaatteet laidunkierrossa (Atriatuottajat, Tehokas laidunkierro kaksinkertaistaa laitumien satotasot [viitattu 24.6.2021]).

Hiilensidonnasta ja käytännön kannalta parhaat laidunnuskäytännöt ovat adaptiivisia. Tällä tarkoitetaan sopeutuvuutta, mutta tätä paremmin kuvaava sana on tilannetaju. Tilannetajuisella laidunnuksella pyritään tiettyihin tavoitteisiin, mutta tiedostetaan tilanteiden asettamat rajoitteet ja mahdollisuudet. Tilanteen tiedostamisella tarkoitetaan esimerkiksi kasvuston tilan havainnointia ja ennakoimista. Silloin siirtoa syöttölohkolle ei tehdä silloin, kun kasvusto näyttää vielä palautuvan, eikä vastaavasti laidunnusta jatketa loholla jos seuraavan lohkon kasvusto on syöttövalmis. (Mattila & Saarinen 2020).

Hiilensidontaa lisäävällä laidunnuksella on monta erilaista nimeä ja termiä, mutta kaikissa peruseriaate on sama. Laidunnusjaksot pyritään pitämään lyhyinä, noin 1-5 päivän mittaisina. Tällöin laidunlohkoja kannattaa jakaa aitojen avulla pienemmiksi. Hitaan kasvun aikana laidunkiertoa on pidennettävä, jotta kasvien lepojaksot toteutuvat. Laitumen lepojaksot voidaan pidentää lisäämällä laidunlohkojen määrää. Laidunkierron pidentäminen lisää jo syötetyn lohkon lepojaksot. Liiallista varovaisuutta tulisi kuitenkin välttää, koska eri kasvien lepojaksot ovat eri pituisia. Jotkut kasvit voivat esimerkiksi korsiintua, jolloin ne eivät

ole enää maittavia eläimille. Tällöin ongelmaksi saattaa muodostua pistemäinen laidunnus, jolloin osa kasveista jää syömättä. Lepojaksojen aloituksessa on huomioitava, että kasville jää lehtiä uuteen kasvuun ja että kasvusto peittää vielä maaperän. Maahan tallattu rehu ruokkii maaperäeliöitä ja säilyttää kosteutta. Yksi laidunnusta ohjaava periaate on myös ”ota puolet, jätä puolet”, jolla tarkoitetaan sitä, että kasvien massasta laidunnetaan noin puolet ennen siirtoa. (Mattila & Saarinen 2020).

3.2 Naudat laiduntajina

Laiduntaessaan naudat syövät pääasiassa heiniä ja ruohokasveja, mutta myös puiden ja pensaiden lehtiä. Ne voivat hyödyntää myös yrtejä sekä leveälehtisiä kasveja kuten apiloita. Ravintonsa suhteen ne eivät ole niin valikoivia kuten esimerkiksi hevoset. Laiduntaessaan naudat pääsevät toteuttamaan niille lajityypillistä käyttäytymistä. Ne pystyvät muodostamaan laitumella niille ominaisen päivärytmin. Silloin ne käyttävät syömiseen vuorokaudesta noin 10 tuntia viidessä jaksossa. Ensimmäinen jakso alkaa auringon noustessa, ja se voi kestää jopa kolme tuntia. Toinen pitkä jakso ajoittuu myöhään iltapäivällä kestäen auringonlaskuun saakka. Näiden pääjaksojen sisällä on lyhyempiä syömisjaksoja, märehtimisjaksoja 15-20 kappaletta. Lepoon ja märehtimiseen eläimet käyttävät vuorokaudesta 4-9 tuntia. Rotaatiolaidunnuksessa laitumen vaihto kannattaa suorittaa vasta illalla, kun eläinten laiduntamistaipumus on suurimmillaan. (Räisänen ym. 2005).

Nautojen peruskäyttäytymiseen kuuluu synkronoitu käyttäytyminen. Tällä tarkoitetaan lauman yhtäaikaisuutta. Synkronoitua käyttäytymistä ovat esimerkiksi samanaikainen syöminen ja lepääminen. Kun naudat eivät syö tai etsi ravintoa, niille on ominaista hakeutua märehtimään yhdessä ryhmänä. Laiduntaessaan naudat voivat toteuttaa luontaista ravinnonhankkimiskäyttäytymistään. Naudoille on ominaista repiä rehu maasta, ja käyttää ruuanhankintaan ja syömiseen noin puolet vuorokaudesta. Laitumien avulla voidaan päästä eroon joistakin häiriökäyttäytymismalleista, kuten esimerkiksi kielen pyörittelystä. Laidun tarjoaa eläimelle laadukkaan tilan toteuttaa myös sen sosiaalisia käyttäytymismalleja. (Raussi & Hänninen 2005).

3.3 Tilannetajuisen laidunnuksen hyödyt

Jos naudat vaeltaisivat luonnossa vapaana, niille ominaista käyttäytymistä olisi uudistavassa laidunnuksessa sovellettavat käytännöt. Kuten tilannetajuisessa laidunnuksessa, myös luonnossa ne söisivät yhden alueen kerrallaan, vaeltaisivat seuraavalle, ja lopuksi palaisivat ensimmäiselle laidunnuskohteelle. Tällä tavalla ensimmäisenä laidunnettu lohko saa aikaa levätä ja kasvaa ennen seuraavaa laidunnuskertaa. (Laulajainen 2019).

Lajityypillisen käyttäytymisen mahdollistaminen lisää eläimen terveystasoa. Ravinnon perässä liikkuminen kohentaa eläimen kuntoa, joka taasen välillisesti vaikuttaa poikimisen onnistumiseen ja makuulle menon helpottumiseen. Makuulle menon helppous motivoi eläintä lepäämään riittävästi. On myös havaittu, että eläinten sorkka- ja jalkaterveys sekä hedelmällisyys paranevat laidunkaudella. Jalkaterveyden paraneminen johtuu pehmeästä ja verrattain puhtaasta maasta, joka kuluttaa sorkkia tasaisesti. Kesän valoisuus taas vaikuttaa positiivisesti eläinten hormonitoimintaan ja kiimojen näyttämiseen. (Laulajainen 2019).

Näillä laidunnusmenetelmillä pyritään ehkäisemään pistemäistä laidunnusta. Jos eläintiheys on pieni ja laidunlohko suuri, silloin yleensä osa laidunlohkosta syödään lyhyeksi, ja osa kasveista etenee siemenvaiheeseen. Lyhyeksi syötyjen kasvien palautuessa kasvussaan eläimet todennäköisesti syövät ne uudestaan, jolloin ravintoarvoiltaan parhaimmat kasvit häviävät ja huonommat kasvit valtaavat laidunalan. (Laulajainen 2019).

Tehokkaassa laidunnuskierrossa eläimet korjaavat rehua tasaisesti, jolloin reuhävikki pienenee ja lisäruokinnan tarve vähenee. Kun laidunnus toteutetaan tasaisesti lyhyen ajanjakson aikana, on todennäköisempää, että eläimet syövät myös vähemmän maittavaa rehua. Tällöin laitumen kasvivalikoima pysyy optimaalisempana. Kun kasveista lyhennetään tietty määrä kasvustoa tasaisin väliajoin, se kertoo kasville tarpeesta kasvaa ja lisätä lehtipinta-alaa. Tämä johtaa lisääntyneeseen yhteyttämiseen ja lisääntyneeseen hiilisyötteeseen, jotka sitten taas edelleen johtavat maaperän kasvukunnon paranemiseen. Toivottujen kasvien elinvoimaisuus johtaa myös siihen, ettei rikkakasveilla ole niin paljoa tilaa vallattavana. (Laulajainen 2019). Tämä edistää myös laitumen kasvipeitteisyyttä, joka vähentää maaperän lämpenemistä. Ihanteellisin lämpötila maan mikrobeille on 15-20 °C, ja

lämpötilan noustessa mikrobitoiminta kiihtyy, jolloin hiilen hajotustoiminta voimistuu. (Mattila & Saarinen 2020).

Laidunnuksessa hiiltää päätyy maaperään kolmea eri reittiä pitkin, eli kasvintähteinä, juurieritteinä tai lantana. Kasvintähteillä tarkoitetaan kuolleita kasvinosia, kuten lehtiä tai juuria. Nämä hajoavat melko nopeasti, mutta osa jää maaperään multavuudeksi. Laidunnuksessa tätä syntyy esimerkiksi maahan tallatusta nurmesta. (Mattila & Saarinen 2020). Lantaa levittyy laitumelle tasaisesti eläinten laiduntaessa. Tasainen lannanlevitys johtaa maaperän hedelmällisyyteen ja orgaanisen aineksen lisääntymiseen. Tämä edesauttaa kasvien kasvua laidunnusten välisenä lepoaikana ja mikrobien hyvinvointia maaperässä. Tällä tavalla pystytään pienentämään ostolannoitteiden tarvetta, joka taasen edesauttaa tuotantokustannusten pienenemistä. Orgaanisen aineksen lisääntymisellä saadaan laitumelle lisää kuivuudenkestävyyttä, sillä orgaaninen aines pidättää itseensä paremmin vettä jopa siinä määrin, että yksi gramma hiiltä pystyy pidättämään jopa 4-5 grammaa vettä. Tällä tavoin rehun tuotantoa pystytään lisäämään, sillä maaperällä on mahdollisuus puskuroida kuivuutta vastaan, jolloin kasvien kasvu pysyy parempana pidempään kuivinakin kausina. (Laulajainen 2019).

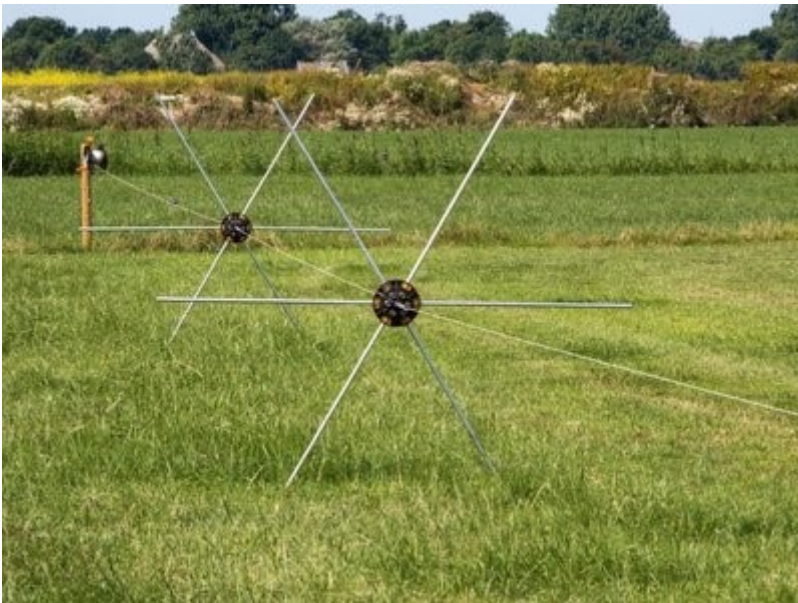
3.4 Tilannetajuisen laidunnuksen haasteet

Tilannetajuisen laidunnuksen nopeatempoisuuden vuoksi laidunrakenteiden siirreltävyyteen tulisi kiinnittää huomiota. Kaikki syöttökaistat voidaan rakentaa etukäteen, mutta vaihtoehtoisesti laidunlohko voidaan kokonaisuudessaan aidata järeämmällä aidalla ympäri, jolloin kaistojen vaihdossa voidaan käyttää väliaitaa. Vesipisteiden sijoittaminen ja kivennäisten jako voi olla myös haastavaa, kun laidunnusrytmi on nopea.

Väliaitana voidaan käyttää esimerkiksi kuvassa 2 näkyvää siirreltävää eräänlaista laidunpyörää. Sen toimintaperiaate perustuu tuotteen muotoon. Tätä aitajärjestelmää pystyy käyttämään myös yksin. Sen toimintaperiaate perustuu siihen, että aitalanka on vedetty laidunrenkaiden läpi. Laidunrenkaat pitävät aidan paikallaan. Aita koostuu kahdesta päätytolpasta, aitalankakelasta ja tarvittavasta määrästä laidunrenkaita. Väliaidan molempiin päihin asetetaan päätytolpat, ja toiseen päätytolppaan kiinni aitalankakela. Kun väliaitaa halutaan siirtää, aidan sähkövirta kytketään pois. Sen jälkeen päätytolppa

aitalankakelalla irroitetaan maasta, ja aitaa ryhdytään kuljettamaan tällä tavoin haluttuun paikkaan. Laidunrenkaiden avulla pidempikin väliaita niin sanotusti seuraa perässä. Kun aidan päätytolppa on kuljetettu haluttuun kohtaan, se laitetaan takaisin maahan kiinni ja sähkövirta kytketään päälle. (Gallagher Electric Fencing, [viitattu 8.9.2021]).

Aitojen siirtämisen helpottamiseksi voidaan käyttää erilaisia pika-aitaratkaisuja, kuten laidunpyöriä (Kuva 2.) (Atriatuottajat, Tehokas laidunkierto kaksinkertaistaa laitumien satotasot, [viitattu 24.6.2021]).



Kuva 2. Syöttökaistojen aitaamiseen suunniteltu laidunpyörä (Gallagher Electric Fencing, [viitattu 8.9.2021]).

Laiduntamiseen liittyviä ongelmia ovat myös helteet ja loiset. Naudat kestävät lämpötilavaihteluita kohtuullisen hyvin, mutta lämmön noustessa karkearehun syönti laskee. Tämä näkyy selkeämmin tuotoksen laskuna erityisesti suurituotoksisilla eläimillä. Myös maidon solutasojen on havaittu nousevan lämpoisemmällä säällä. Loisista ongelmaa on pääasiassa vasikoille ja hiehoille, sillä vanhemmilla eläimillä on parempi vastustuskyky yleisimpiä laidunloisia kohtaan. Yleisimmin vaivaa aiheuttavat kokkidit ja sukkulamadot.

Loisia pystytään ehkäisemään laidunhygienialla ja nopealla laidunkierrolla. (Laulajainen 2019).

3.5 Laidunnuksen suunnittelu

Laidunnuksen suunnittelu voi olla myös yksi haaste. Haasteita saattavat tuottaa kasvilajivalinnat, laidunnuksen rytmitys sekä aitarakenteiden suunnittelu. Tällaiset laidunnusmenetelmät vaativat myös reaktiivisuutta ja havainnointia, sillä esimerkiksi kasvuston kasvua ei voi ennustaa. Aiheesta ei ole vielä kovin paljoa tutkittua tietoa tai kokemusta saatavilla. Suunnittelutyötä voi kuitenkin jonkin verran helpottaa eri laidunlaskureilla. Laskurit on suunniteltu hahmottamaan eläinten rehuntarvetta sekä helpottamaan laidunsatojen arviointia. Vuonna 2020 julkaistiin Laidunlaskuri (Carbon Action, Laidunlaskuri 2021), ja vuonna 2021 Laitumen sadon arviointityökalu emolehmätiloille (Atriatuottajat, Pilottitilojen satoa 2021). Molemmat laidunlaskurit ovat saatavilla ilmaiseksi, ja niitä käytetään Microsoft Excel -ohjelmalla.

4 TUTKIMUSASETELMA

4.1 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tilannetajuisen laidunnuksen vaikutukset laitumien biomassatuotantoon ja hiilensidontaan. Lisäksi haluttiin selvittää, millaisilla toimilla hiilensidontaa voitaisiin lisätä. Tutkimuskysymyksinä käytettiin seuraavia:

1. Miten tilannetajuinen laidunnus vaikuttaa biomassan määrään ja laitumen hiilensidontaan
2. Onko maahengityksen voimakkuudella ja kasvuston biomassan määrällä yhteys
3. Pystytäänkö tilannetajuisella laidunnuksella lisäämään laitumen hiilensidontaa?

4.2 Laidunlohkot

Yhdellä Ilmastositurit -hankeen pilottitilalla haluttiin selvittää kahdella laidunlohkolla tehtävien mittausten perusteella tilannetajuisen laidunnuksen vaikutukset laitumien biomassatuotantoon ja hiilensidontaan. Laitumilta otettiin erilaisissa laidunkierron tilanteissa biomassanäytteitä. Lisäksi tilalla mitattiin maahengitystä Licor Smart Chamber -maahengitysmittarilla, sekä kuvattiin dronilla laitumien NDVI-indeksit eri laidunkierron ajankohtina. Tila sijaitsee Etelä-Pohjanmaalla, ja mittaukset on tehty kasvukaudella 2021.

Tilalla hankepelloilla laiduntavia eläimiä oli 63. Näistä eläimistä yksi oli sonni, emoja 31 ja vasikoita myös 31. Karjan määrää vähennettiin 10.8. alkaen, jonka jälkeen laiduntavia eläimiä oli 40. Näistä 20 olivat emolehmiä, ja loput 20 vasikoita.

Laitumen 1 pinta-ala oli noin 5 hehtaaria, ja se syötettiin kesällä 2021 vaihtelevissa lohkoissa. Syöttölohkojen määrä vaihteli yhden ja kolmen välillä sen mukaan, paljonko laitumella oli syötävää. Tiedonkeruuta varten laidun on jaettu kahteen lohkoon. Laitumen

keskimääräinen syöttöaika oli 3-5 päivää. Vastaavasti laitumen 2 pinta-ala oli noin 2,1 hehtaaria, ja se syötettiin kahdessa syöttölohkossa. Keskimääräinen syöttöaika oli 1-2 päivää.

Laidun 1 (Kuva 3.) on maalajiltaan runsasmultainen hieno hieta. Viljavuustutkimuksen mukaan laitumen pH on 6.2, ja kalsiumin, kaliumin ja magnesiumin viljavuusluokka on tyydyttävä. Puutetta on jonkin verran fosforista ja rikistä, ja ne ovat saaneet viljavuusanalyysissä välttävän arvon. Laitumen kylvöseoksesta ei ole tarkkaa tietoa, sillä pelto on ostettu valmiiksi perustettuna laitumena. Tiedetään kuitenkin, että lohkolla kasvaa ainakin koiranheinää, timoteita ja nurminataa. Kyseisellä lohkolla saattaa olla myös kylvettynä englanninraiheinää sekä valkoapilaa.



Kuva 3. Karttakuva Laidun 1:stä. Kuvaan on merkitty laidunlohkot ja niiden tunnisteen. Biomassanäytteenottoaikat on merkattu karttaan mustalla, maahengitysmittarin mittauskohdat punaisella.

Laidun 2 (Kuva 4.) on maalajiltaan myös runsasmultainen hieno hieta, ja sen pH on 6.2. Viljavuusanalyysin perusteella kalsiumin ja magnesiumin taso on hyvä. Fosforin, kaliumin ja rikin määrä on ollut tyydyttävä. Laidun on kylvetty suojaviljaan vuonna 2019. Viljelijällä muistiinpanot kylvömäärästä oli merkattu prosentteina, eikä tarkkoja kilomääriä ollut saatavilla. Hän muistaisi kuitenkin kylvömäärän olleen noin 25 kiloa hehtaaria kohden. Vähän reilu puolet seoksesta on ollut Naturcomin täydennysnurmea. Samalla seoksella on täydennyskylvetty laidun 1. vuonna 2019 (Taulukko 1.). Käyttömäärä on ollut noin 10 kg/ha.



Kuva 4. Karttakuva laitumesta 2. Kuvaan on merkattu laidunlohkot ja niiden tunnisteen, sekä biomassanäytteiden näytteenottokohtat mustalla ja maahengitysmittarin mittapisteet punaisella.

Taulukko 1. Laitumeen käytetyt kylvöseokset ja niiden prosenttiosuudet, sekä seoksien sisältämien kasvilajien prosenttiosuudet.

	Laitumen kylvöseos 45 %	Täydennysnurmiseos 55 %
Timotei	25	55
Englanninraiheinä	10	30
Nurminata	8	-
Italianraiheinä	-	10
Puna-apila	2	-
Valkoapila	-	5

4.3 Mittaukset ja analyysit

Tilalta kerättävää aineistoa olivat laidunnurmen biomassanäytteet sekä maahengitysmittauslaitteen mittaamat arvot. Aineiston tukena käytettiin myös droonin keräämää kuvakarttaa. Kerätyn mittausdatan lisäksi haluttiin kuulla tilallisten ajatuksia siitä, millaisena he ovat kokeneet laidunnuksen toteutuksen. Tiedot kerättiin kesällä 2021.

Biomassanäytteet kerättiin laidunlohkoilta kesäkuussa ja elokuussa 2021. Biomassanäytteet otettiin nurminäytekehikon avulla 0,25 neliömetrin alalta leikaten jäljelle jäävä kasvusto noin 10 senttimetrin korkeuteen. Niittokorkeus pidettiin korkeana, sillä laidunnuksen tavoitteena on jättää kasvusto noin 10 senttimetrin pituiseksi.

Osanäytteitä otettiin neljä syöttölohkoa kohden. Osanäytteiden tuorepainot punnittiin erikseen, jonka jälkeen osanäytteet yhdistettiin ja sekoitettiin. Osanäytteistä muodostettiin kaksi koko laidunta edustavaa 100 gramman kokoista kuiva-ainenäytettä, joka leikattiin noin 2 senttimetrin mittaiseksi silpuksi. Tämän jälkeen näytteitä kuivattiin noin vuorokauden ajan 100 asteen lämpötilassa, jonka jälkeen ne punnittiin uudestaan. Tällä tavoin näytteistä saatiin laskettua laitumen tuoresato sekä kuiva-ainesato hehtaaria kohden. Alla olevassa taulukossa on esitetty näytteenottopäivämäärät laidunkohtaisesti.

Taulukko 2. Biomassanäytteenottojen päivämäärät laidunlohkoittain.

	7.6.2021	10.6.2021	13.8.2021	18.8.2021	23.8.2021
Laidun 1	x		x		x
Laidun 2		x	x	x	x

Maahengitystä voidaan mitata erilaisilla laitteilla. Laitteet ovat ikään kuin kammioita, jotka asetetaan maan pinnalle kasvustoon. Kammion avulla pystytään seuraamaan hiilidioksidipitoisuuden muutosta. Hiilidioksidipitoisuuden muutoksella aikayksikköä kohden lasketaan hiilidioksidivuon, eli maahengityksen voimakkuus. (Hiilipuu, Miten mitata maahengitystä, [viitattu 13.12.2021]).

Maahengitystä mitattiin Licor Smart Chamber-mittarin avulla. Sillä mitattiin tiloilla kolme kertaa kesällä 2021. Mittauksia varten tiloille käytiin asentamassa toukokuussa 2021 lieriöt, jotka upotettiin maahan siten, että maanpäällinen osuus niistä oli noin neljä senttimetriä. Lieriöitä käyttäen Licor Smart Chamber pystyi muodostamaan ilmatiiviin kammion, jotta maahengitystä saatiin mitattua. Mittauskohteita Licorilla oli 4 per syöttölohko. Mittaustoistoja yhdessä mittauksessa mittapaikkaa kohden oli viisi. Mittauspäivät olivat 10.6., 23.8. sekä 27.8. ja mittaukset tehtiin molemmilla laitumilla.

Droonikuvaus tehtiin molemmilla laitumilla kolme kertaa kesän aikana. Laidun 1 kuvattiin kaksi kertaa kesäkuussa, 7.6. ja 10.6., sekä kerran elokuussa 27.8. Laidun 2:n kuvaus tehtiin kerran kesäkuussa 10.6. ja kahdesti elokuussa, 23.8. ja 27.8.

Alkuvalmisteluna droonin karttaohjelmaan luotiin lentoreitti, jonka avulla drooni pystyi kuvaamaan laitumista karttakuvaa automaattisesti. Tällä tavoin droonia ei tarvinnut manuaalisesti ohjata. Karttaohjelmaan määritettiin lentokorkeus, reitti ja haluttu kuvien päällekkäisyys. Päällekkäisten kuvien määrä vaikuttaa siihen, kuinka tarkan karttakuvan droonin kuvaamasta materiaalista pystyy muodostamaan.

Droonikuvasta muodostettiin NDVI-kuva. NDVI, eli Normalized Difference Vegetation Index kuvaa lehtivihreän määrää ja kasvillisuuden tiheyttä. Indeksiksi lasketaan lähi-infrapunan ja punaisen värin heijastusarvojen perusteella. (Palva & Teinilä 2021). Tällä tavoin kuvissa vihreältä näyttävillä alueilla on kasvustoa, ja punaisilla alueilla sen kasvuston määrä on joko vähäinen tai sitä ei ole ollenkaan (Ceres, [viitattu 11.2.2022]).

Mittausten lisäksi tilallisia haastateltiin. Haastattelu tehtiin sähköpostin välityksellä. Haastattelun tarkoituksena oli selvittää heidän omakohtaisia kokemuksia laidunnusstrategian mahdollisista hyödyistä ja haitoista.

Tilallisilta kysyttiin seuraavat kysymykset:

1. Kauanko tilalla on harjoitettu tilannetajuista laidunnusta?
2. Millaisia käyttäjäkokemuksia sinulla on tästä laidunnusstrategiasta?
3. Oletko huomannut eroja kasvillisuudessa verrattuna aiempaan laidunnustapaan?

4. Oletko havainnut eroja eläinten käyttäytymisessä tai fyysisissä ominaisuuksissa tilannetaujan laidunnuksen myötä?

5 TULOKSET

5.1 Kasvukauden sääolot

Terminen kasvukausi alkoi kyseisellä paikkakunnalla 11.5.2021. Terminen kasvukausi määritetään alkaneeksi, kun vuorokauden keskilämpötila nousee pysyvämmiin +10 asteen yläpuolelle. (Ilmatieteen laitos, Termiset vuodenaajat, [viitattu 7.1.2022]).

Kesäkuussa lämpösummaa kertyi 371,4°C. Heinäkuussa lämpösumma oli 426,3°C ja elokuussa 275,4°C. Kesä-elokuun välisenä aikana lämpösummaa kertyi 1 073,1°C. Lämpösummat on laskettu käyttäen tietoja kesän vuorokausien keskilämpötilasta. Tiedot on haettu tilaa lähimpänä olevalta sääasemalta. Kuukausien tehoisat lämpösummat on laskettu niiltä päiviltä, jolloin vuorokauden keskilämpötila on ollut yli +5 astetta. Vuorokauden keskilämpötilasta on vähennetty tuo +5 astetta, jonka jälkeen vuorokausien keskilämpötilat on laskettu yhteen. Jos keskilämpötila on jäänyt alle +5 asteen, summaa ei ole kertynyt, mutta se ei ole myöskään vähentynyt. (Ilmatieteen laitos, Terminen kasvukausi, [viitattu 10.3.2022]).

Vuosi 2021 oli kymmenen vuoden keskiarvon nähden hieman lämpimämpi (Taulukko 3). Kesän keskilämpötila oli vuonna 2021 yksi korkeimmista viimeisen 10 vuoden aikana. Kesän keskimääräinen lämpötila oli 14,6 astetta, joka on toiseksi suurin keskilämpötila viimeisen 10 vuoden ajalta. Hieman kuumempaa on ollut vain vuonna 2018, jolloin keskilämpötila oli 15,4 astetta. (Ilmatieteen laitos, Havaintojen lataus).

Taulukko 3. Vuosien 2010-2021 kesäkuukausien keskilämpötilat tilaa lähimmällä sääasemalla.

Kuukausi	Kuukauden keskilämpötila vuosien 2010-2020 aikana (°C)	Kuukauden keskilämpötila vuoden 2021 aikana (°C)
Toukokuu	9,5	8,5
Kesäkuu	13,6	17,4
Heinäkuu	16,4	18,8
Elokuu	14,6	13,9

Suurin ero sadesummassa kymmenen vuoden keskiarvoon oli elokuussa, jolloin vettä tuli 51,1 mm enemmän kuin yleensä (Taulukko 4.). Kesän sadesumma oli yhteensä 305,7 mm, kun vastaavasti esimerkiksi vuonna 2019 sadesumma oli vain 172,5 mm (Taulukko 4). (Ilmatieteen laitos, Havaintojen lataus).

Taulukko 4. Keskimääräinen sadesumma kuukausittain vuosien 2010-2021 välillä tilaa lähimmällä sääasemalla.

Kuukausi	Keskimääräinen sadesumma vuosien 2010-2020 välillä (mm)	Sadesumma vuonna 2021 (mm)
Toukokuu	48,6	65,5
Kesäkuu	61,2	52,2
Heinäkuu	65,7	63,6
Elokuu	73,3	124,4

5.2 Biomassatulokset

5.2.1 Kesäkuu

Ensimmäiset mittaukset tehtiin 7.6.2021. Silloin näytteet otettiin laidun 1:ltä. Osanäytteet A otettiin kaistalta, jota eläimet juuri laidunsivat, ja vastaavasti näytteet B kaistalta, johon eläimiä oltiin saman päivän iltana siirtämässä. Tämä oli laitumen ensimmäinen syöttökerta. Laiduntamattomassa osassa, eli lohko B:llä kasvusto oli jo noin puoli metriä korkea. Koiranheinä oli jo ehtinyt korsiintua molemmilla lohkoilla, minkä vuoksi se ei enää maistunut eläimille. Lohko A:n kuiva-ainesato oli 382 kg/ha, ja lohko B:n kuiva-ainesato 1 340 kg/ha (Taulukko 5.).

Seuraavat mittaukset tehtiin 10.6.2021. Laidun 1:n A-osa oli puhdistusniitetty. Karja oli siirretty laiduntamaan lohkon keskelle, eli B-osan vasemmalle puolelle. Tällöin mitattiin myös maahengitys Licor Smart Chamber -maahengitysmittarilla. Biomassanäytteet otettiin vain laidun 2:lta. Kyseinen lohko oli laidunnettu jo kerran aikaisemmin tänä vuonna aikavälillä 28.5.-30.5. Ensimmäisenä oli laidunnettu lohkon B-osa, jonka jälkeen osa A. B-lohkon kuiva-ainesato oli 1 958 kg/ha, A-lohkolla 2 404 kg/ha (Taulukko 5).

Taulukko 5. Kesäkuun biomassanäytteiden tulokset.

Lohko	Laidun 1 (7.6.)		Laidun 2 (10.6.)	
	A*	B**	A***	B***
Tuoresato kg/ha	2 258	8 568	9 816	7 665
Kuiva-ainesato kg/ha	382	1 340	2 404	1 958
Kuiva- ainepitoisuus %	16,9	15,7	24,5	25,5

*syötön lopussa

**ennen kesän ensimmäistä laidunnusta

***laidunnettu jo kerran

Kesäkuun biomassamittauksissa laitumen 1 lohko B:llä kuiva-ainesato oli 958 kg/ha enemmän kuin lohkolla A. Lohko A oli juuri laidunnettu, ja eläimet siirrettiin samana päivänä lohkolle B. Lohkon B korkeaa kuiva-ainesatoa voi selittää muutama eri tekijä. Lohkolla ei ollut laidunnettu vielä kertaakaan kasvukauden aikana, joka on kaikista todennäköisin syy korkealle sadolle. Toisaalta lohkolla kasvoi runsaasti koiranheinää, joka on myös saattanut nostaa kuiva-ainesatoa. Kuiva-ainepitoisuutta tarkastellessa voidaan kuitenkin todeta, että sadon lisäys ei ole todennäköisesti ollut koiranheinien vuoksi kovin suuri. Osa koiranheinistä oli jo korsiantunut, ja tämän pitäisi nostaa kuiva-ainepitoisuutta. Lohkolla B oli kuitenkin matalampi kuiva-ainepitoisuus verrattuna lohkoon A.

Laitumella 2 kuiva-ainesatoa oli enemmän lohkolla A, 446 kg/ha. Laidun oli laidunnettu kerran kasvukauden aikana, ja se oli biomassanäytteenoton ajankohtana ollut lepokaudella 11-12 päivää. Ensimmäisenä oli laidunnettu lohko B, jonka jälkeen lohko A. Kuitenkin ensimmäisenä laidunnetun lohkon kuiva-ainesato oli matalampi, kuin viimeisenä laidunnetun. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että lohkolla A olisi ollut vielä laidunnettavaa siirron aikana, joka voisi selittää eron lohkojen kuiva-ainesadossa.

5.2.2 Elokuu

Elokuussa biomassamittaukset tehtiin kolmesti. Ensimmäisellä näytteenotokerralla 13.8. näytteet otettiin molemmilta hankelaitumilta. Laidun 1 oli poikkeuksellisesti syötetty kokonaisuutena ilman syöttölohkoja 22.7.-26.7. Laidun 1:sen kuiva-ainesato lohko A:lla oli 1 006 kg/ha. Lohkolla A kuiva-ainepitoisuus oli 30,7%. Lohko B:llä kuiva-ainesato oli 653 kg/ha. Kuiva-ainepitoisuus tällä lohkolla oli 44,2% (Taulukko 6.).

Taulukko 6. Laitumen 1 biomassamittausten tulokset elokuussa kesällä 2021.

Syöttölohko	Laidun 1			
	A		B	
Mittauspäivä	13.8.*	23.8.**	13.8.*	23.8.**
Tuoresato kg/ha	3 153	2 761	1 991	1 815
Kuiva-ainesato kg/ha	1 006	580	653	396
Kuiva-ainepitoisuus %	30,7	42	44,2	43,6

*Laidunnettu 2,5 viikkoa aiemmin

**Juuri laidunnuksessa

Syöttölohkoilla biomassan määrä erosi toisistaan jonkin verran. Lohkolla A biomassan määrä lepojaksen aikana on ollut 353 kg/ha enemmän kuin lohkolla B. Oletettavasti tämän vuoksi biomassan määrä laidunnuksen aikana on myös ollut suurempi lohkolla A. Näytteenoton ajankohtana lohkolla B on ollut noin 200 kg/ha vähemmän biomassaa

verrattuna lohkon A. Syitä tähän voi olla esimerkiksi lohkon A biomassan pienempi kuiva-ainepitoisuus. Aiemmalla syöttökerralla eläimet olivat laiduntaneet ilman syöttölohkoja, jonka vuoksi eläimet ovat saattaneet laiduntaa epätasaisesti.

Laidun 2 oli laidunnettu edellisellä kerralla 20.7.-21.7. välisenä aikana siten, että karja oli laiduntanut ensin lohko A:n, ja sen jälkeen lohko B:n. Laidun 2:sen lohkolla A kuiva-ainesato oli 1 429 kg/ha ja lohkolla B 950 kg/ha (Taulukko 7.)

Taulukko 7. Laitumen 2 biomassamittausten tulokset elokuussa kesällä 2021.

Syöttölohko	Laidun 2					
	A			B		
Mittauspäivä	13.8.*	18.8.**	23.8.***	13.8.*	18.8.**	23.8.***
Tuoresato kg/ha	4 679	1 523	3 703	3 595	1 257	3 765
Kuiva- ainesato kg/ha	1 429	514	926	950	453	964
Kuiva- ainepitoisuus %	25,6	33,7	50	24,2	36,1	51,2

*Laidunnettu 4 viikkoa aiemmin

** Laidunnettu 2-3 päivää aiemmin

***Laidunnettu viikko aiemmin

Kesän aikana lohkot oli puhdistusniitetty kaksi kertaa. Laitumelle 1 tämä syöttökerta oli viides, laitumelle 2 syöttökerta oli kolmas. Laiduntavan karjan määrä oli vähennetty 10.8. alkaen. Tämän jälkeen laiduntavia eläimiä oli 40. Näistä 20 olivat emolehmiä, 20 vasikoita.

Seuraavalla kerralla näytteitä otettiin 18.8. Tällä kerralla näytteet otettiin vain laidun 2:lta, joka oli laidunnettu aikavälillä 14.8.-16.8. Ensin oli laidunnettu lohko B. Sen kuiva-ainesato oli näytteenotokerralla 453 kg/ha. Lohkolla A kuiva-ainesato oli 514 kg/ha. Laitumelta eläimet on siirretty laitumelle 1.

Viimeinen näytteenotto tapahtui 23.8. Laidun 1:lle eläimet oli siis siirretty 16.8., ja siirto pois tapahtui 24.8. Poikkeuksellisesti eläimet laidunsivat ilman syöttölohkoja, eli niillä oli vapaa pääsy koko laitumen alalle. Mittauskerta toteutettiin ennen siirtoa laitumelta pois. Silloin laidun 1:sen A-lohkon kuiva-ainesato oli 580 kg/ha ja lohko B:n 396 kg/ha.

Laidun 2 oli siis tässä vaiheessa ollut lepokaudella viikon. Lohkolta A saatiin kuiva-ainesadoksi 926 kg/ha. Lohkolla B vastaavasti kuiva-ainesato oli 964 kg/ha (Taulukko 7).

Elokuussa lohkolla A biomassan määrä on ollut suurempi lepokauden lopussa sekä alussa verrattuna lohkoon B. Kuukauden lepojaksen jälkeen lohkolla A oli 479 kg/ha enemmän biomassaa kuin lohkolla B. Lepokauden alussa muutamien päivien kuluttua laidunnuksen lopetuksesta lohkolla A oli noin 61 kg/ha enemmän biomassaa, jolloin ero ei enää ollut suuri. Viikon lepojaksen jälkeen kuitenkin lohkolla A oli vajaa 40 kg/ha vähemmän biomassaa kuin lohkolla B. Tulokset antavat ymmärtää, että lohkot on laidunnettu yhtä tasaisesti molemmilla lohkoilla laiduntamisen aikana. Lohkolla A kuukauden lepojaksen jälkeen biomassan määrä oli suurempaa kuin lohkolla B, joka saattaa tarkoittaa sitä, että kasvit olivat jo hieman korsiintuneet. Tästä johtuen lohkolla B kasvuunlähtö on ollut nopeampaa viikon lepojaksen aikana.

Tällä viimeisellä näytteenotokerralla havaittiin, että osanäytteissä oli mukana kuivia kasvien korsiä kuvan 5 mukaisesti. Kuivaa massaa kertyi molemmilta laitumilta. Massa kerättiin pois näytteistä, etteivät ne vaikuttaisi laskettuihin hehtaarisatoihin. Näytteistä kerätyistä kuivista massoista pystyttiin laskemaan, että niiden osuus kuiva-ainesadossa hehtaaria kohden olisi ollut laitumella 1 noin 10,5 %, ja laitumella 2 12,6 %.

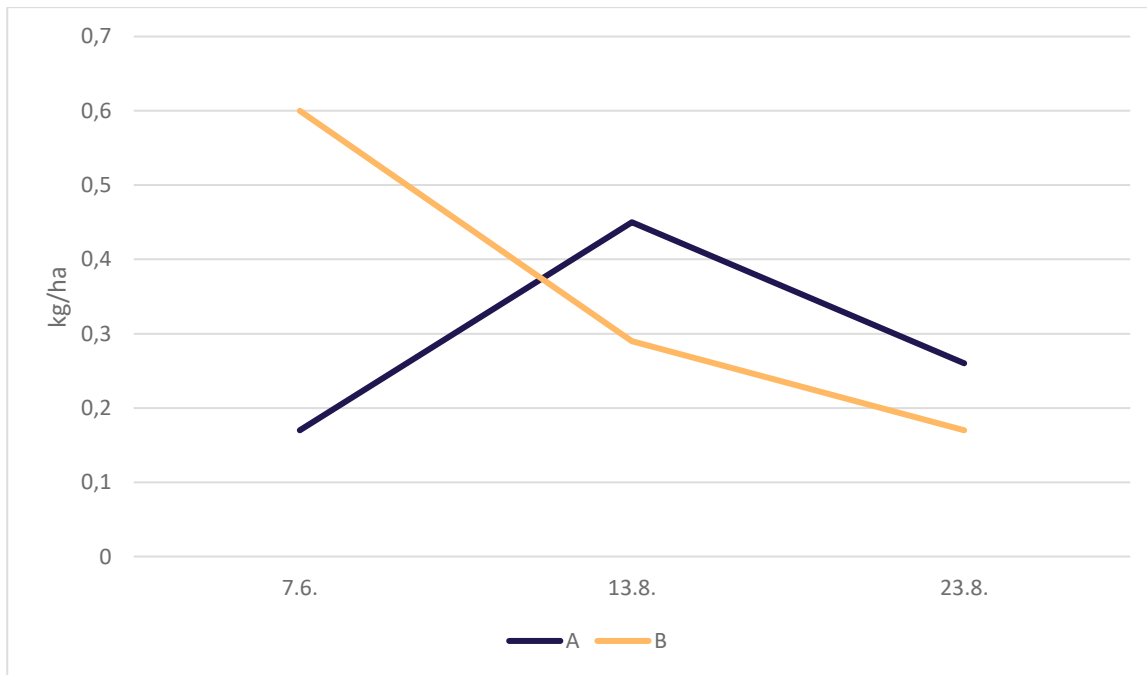


Kuva 5. Biomassanäytteestä erotetut kuivuneet korret kuvan alaosassa, yläosassa hyvälaatuinen nurmi.

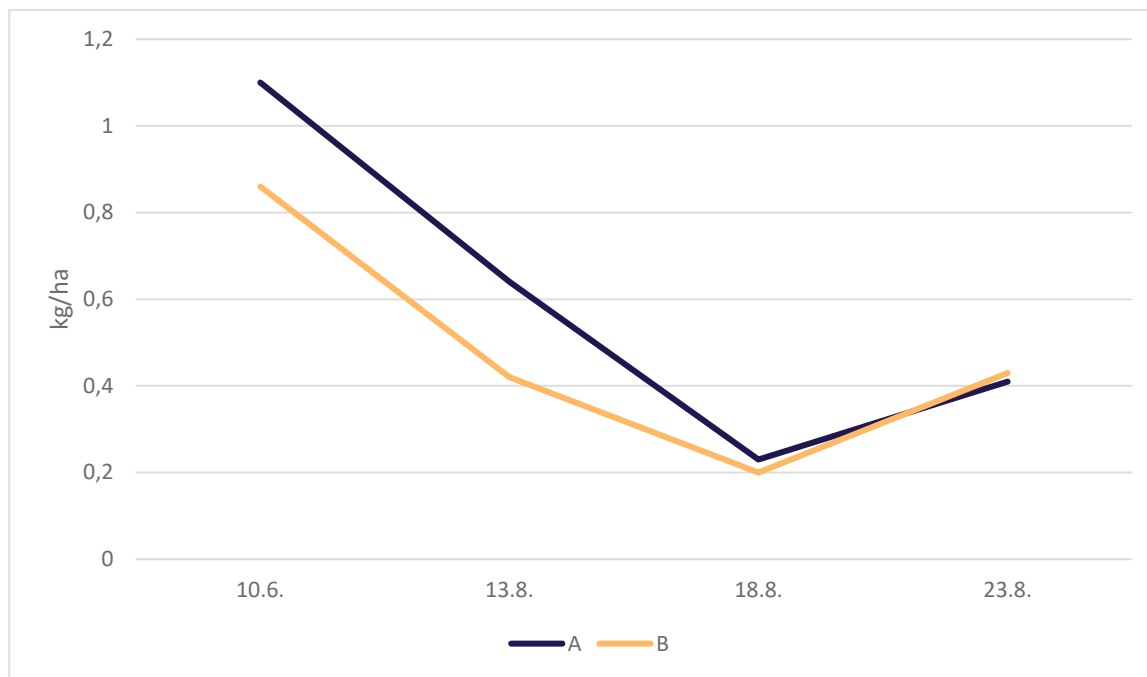
Laidun 1:n A-osassa kuiva-ainesato hehtaaria kohden oli 580 kg, ja kuivan massan osuus olisi lisännyt satoa 60,9 kg hehtaaria kohden. Vastaavasti B-lohkolla kuiva-ainesato oli 396 kg/ha, ja kuiva massa olisi lisännyt kuivan aineen hehtaarisatoa 43,1 kg.

Syy kuivan massan muodostumiseen ei johdu selkeästi kasvilajivalinnoista. Pienempi osuus kuivaa massaa kerättiin laitumelta 1, vaikka oletettiin, että koiranheinän nopea kasvurytmi lisäisi kuivaa kortta kasvustoon. Laitumen 2 näytteestä kuivaa massaa kerättiin hiukan enemmän, vaikkei sen kasvilajivalinnoissa ole tyypillisesti aikaisesti korsiintuvia kasveja. Kuivan massan muodostumisen syyksi voidaan epäillä joko sateiden vähyyttä tai liian lyhyeksi laidunnettua kasvustoa.

Jos oletetaan, että hiilen määrä on noin 449,4 milligrammaa kuiva-ainekilossa, voidaan biomassamittauksista laskea suuntaa antava hiilen määrä kasvien maanpäällisessä osassa. Näytteessä ei ole mukana sänkeä tai juuristoa, vaan näytteet ovat otettu 10 senttimetriä maanpinnan yläpuolelta. Suurin hiilen määrä saavutettiin silloin, kun kasvusto oli palautunut ja valmis uuteen syöttöön. Laitumella 1 hiilen määrä kasvustossa nousi lohkolla A, ja laski lohkolla B (Kuvio 2.). Laitumella 2 hiilen määrä kasvustossa laski (Kuvio 3.).



Kuvio 1. Kasvien sisältämän hiilen määrä (kg/ha) laitumella 1.

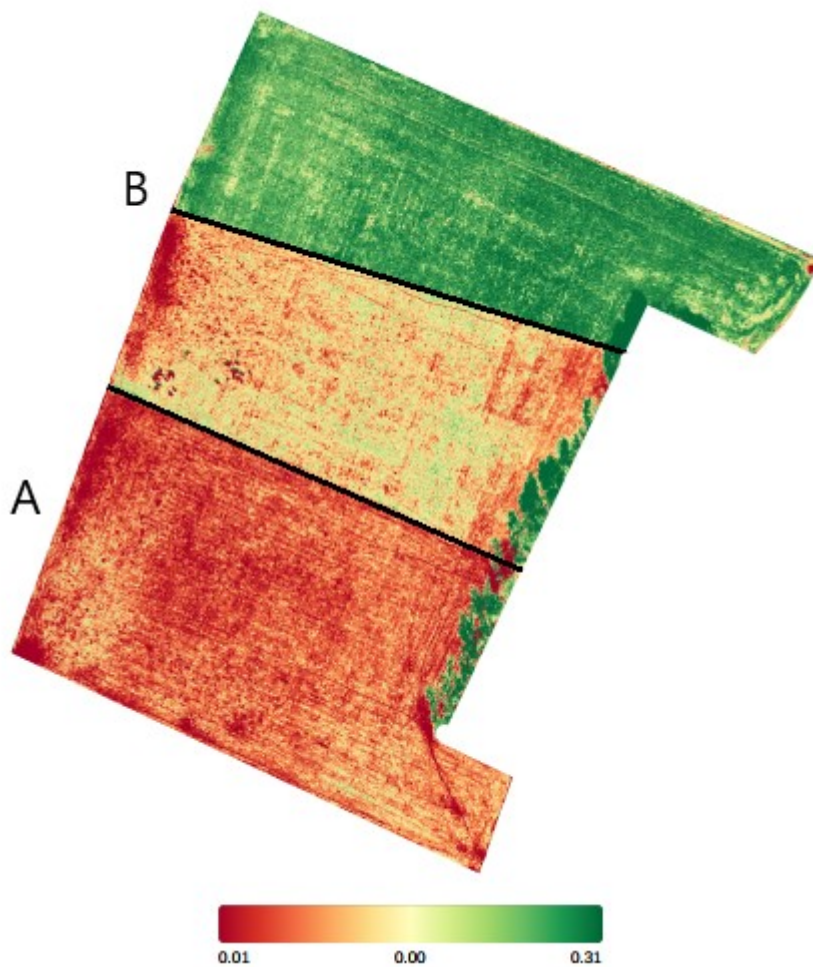


Kuvio 2. Kasvien sisältämän hiilen määrä (kg/ha) laitumella 2.

5.3 Droonikuvat

5.3.1 Kesäkuu

Droonikuvia on käsitelty rajaamalla kuvista pois niihin kuulumattomia alueita, kuten esimerkiksi laitumen ohi kulkeva tie sekä oja. Kuvan oikeassa reunassa kuitenkin näkyy metsän varjo vihreänä, jonka poistaminen kuvasta olisi haitannut jonkin verran laitumen NDVI-indeksin tarkastelua. Kuviin on myös lisätty syöttölohkojen erottava raja, sekä tieto laidunlohkoista. Nämä käsittelyt on tehty kuvien selkeyttämiseksi ja tulkinnan helpottamiseksi. Laitumien sekä lohkojen väri kuvissa riippuu niiden NDVI-indeksistä. NDVI kuvaa lehtivihreän määrää kasvustossa. Kuvien alaosassa on NDVI-indeksin skaala, jossa on ilmoitettu värien vaihtuvuus tuloksesta riippuen. Vihreillä alueilla kasvuston tila on hyvä, ja vastaavasti punaisilla alueilla kasvusto on heikkoa (Kuva 6.).

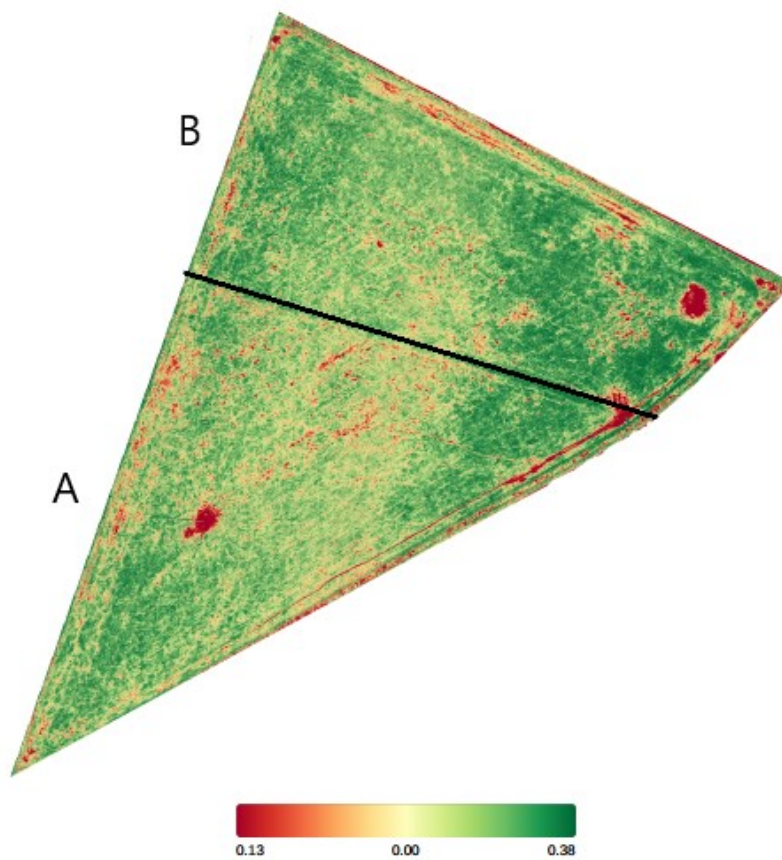


Kuva 6. Droonin kartoittamaa kuvaa laidun 1:ltä 10.6. Kuvan alaosassa näkyy kartoituksen NDVI-indeksin skaala.

Ensimmäisellä syöttökerralla (Kuva 6.) laidun on jaettu kolmeen osaan. Tavallisesti laidun on syötetty kahdessa syöttölohkossa, mutta droonikuvauksen aikaan laidun oli jaettuna poikkeuksellisesti kolmeen syöttölohkoon.

A-osan laidunnus on päätetty 7.6., ja kasvusto on tässä vaiheessa lepokaudella, mikä näkyy punaisena värinä. Keskellä oleva osa on droonikuvauksen hetkellä ollut laidunnuksessa. Eläimet näkyvät lohkolla pieninä pisteinä lohkon vasemmalla puolella. B-lohkoa ei kuvaushetkellä ole vielä laidunnettu, ja se näkyykin kuvassa vihreänä indikoiden sitä, että laitumella kasvuston tila on ollut rehevä.

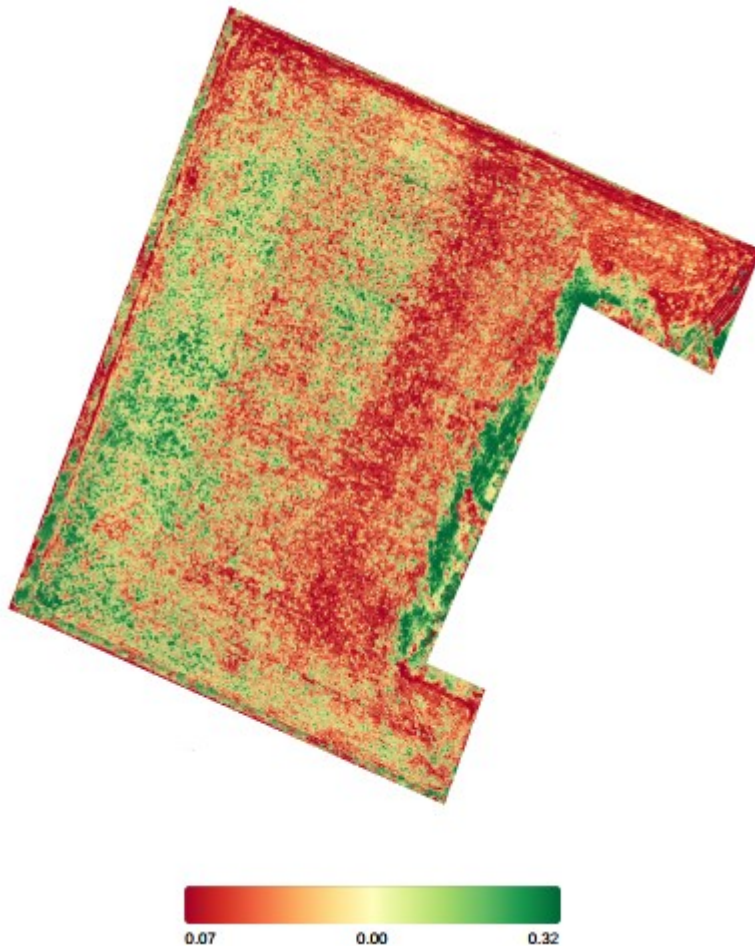
Laidun 2 on ollut kuvaushetkellä 10.6. ollut lepokaudella 11 päivää (Kuva 7.). Eläimet on siirretty laitumen A-osaan aamulla 28.5., ja B-osaan illalla 29.5. Eläimet on siirretty pois laitumelta illalla 30.5., jolloin laitumen lepokausi on alkanut. Kuvasta on havaittavissa molemmissa osissa punaiset pisteet. A-osassa punaisessa kohdassa on sähkötolppa, B-osassa punaisessa kohdassa on eläinten tallaama alue.



Kuva 7. Droonin kartoittamaa kuvaa laidun 2:sta 10.6. 11 päivän lepokauden jälkeen. Kuvan alaosassa näkyy kartoituksen NDVI-indeksin skaala.

5.3.2 Elokuu

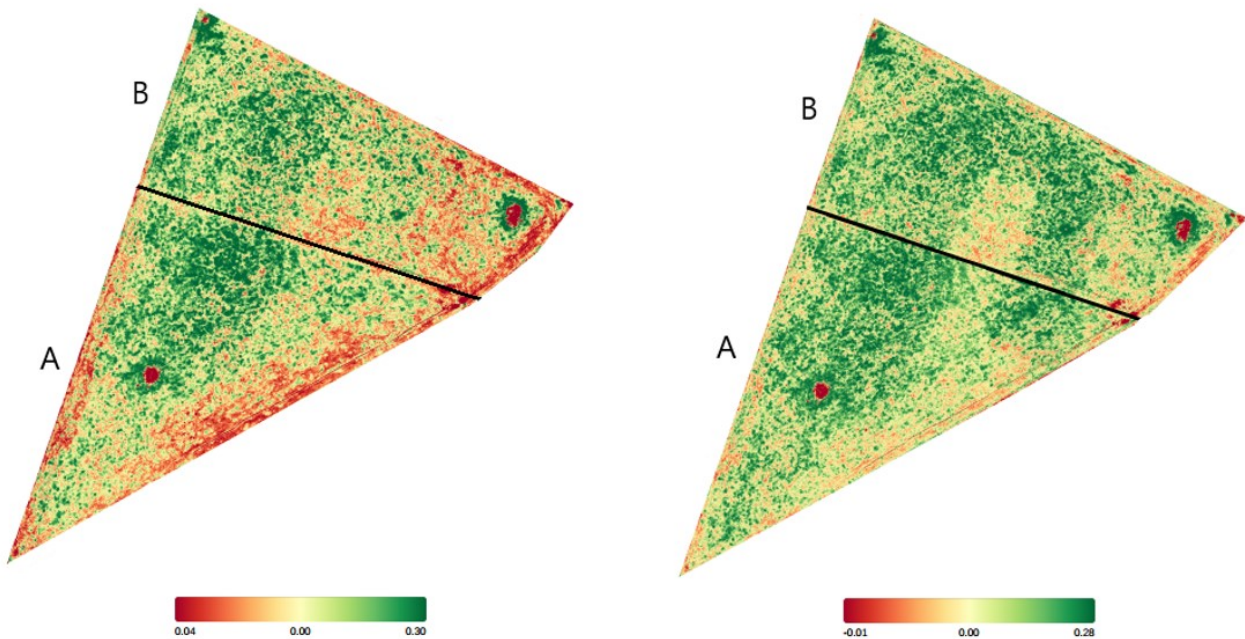
Elokuussa droonikuvaus tehtiin kerran laitumelle 1 ja kaksi kertaa laitumelle 2. Laidun 1 kuvattiin 27.8., eli laitumen lepokauden ensimmäisenä päivänä (Kuva 8.). Eläimet siirrettiin pois laidunelta 26.8. Laidun oli poikkeuksellisesti syötetty yhtenä syöttölohkona.



Kuva 8. Laidun 1 elokuussa 27.8. lepokauden alussa.

Kuvista voi huomata, että laitumelle on syntynyt polkuja ja sitä on laidunnettu pistemäisesti. Tämä johtuu siitä, että syöttölohko on ollut liian suuri laidunnettavaksi, sekä todennäköisesti siitä, että osa laitumella kasvaneista kasveista oli tässä vaiheessa ehtinyt korsiintua. Tällöin ne eivät enää ole olleet eläimille maittavia. Tämä syöttökerta oli laidun 1:lle viides.

Laitumella 2 tehtiin kaukokartoitus kaksi kertaa, 23.8. sekä 27.8. Karja oli viimeksi laiduntanut alueen 14.-16.8., ensin osan B, sitten osan A. Tämä syöttökerta oli laitumen kolmas. Alla olevassa kuvassa on rinnakkain molempien droonikuvausten NDVI-kartat. Vasemmalla puolella on tilanne 23.8., kun laidun on ollut lepokaudella seitsemän päivää. Oikean puolen kartta kuvastaa tilannetta 27.8., kun lepokautta on kulunut 11 päivää.



Kuva 9. Laidun 2 elokuussa 23.8. sekä 27.8. Kuvien välillä neljän päivän lepokauden ero.

Vasemmalla olevasta kuvasta voi havaita, että kasvustossa on jonkin verran eläinten tekemiä polkuja. Ero neljän päivän päästä kartoitettuun kuvaan on nähtävillä. Siitä on havaittavissa, että eläinten tekemät polut eivät näy kartoituksessa enää yhtä selkeästi. Myös punertavat osat kartassa ovat vähentyneet ja vihreiden osien väri voimistunut. Biomassanäytteiden perusteella lasketusta hehtaarisadosta havaittiin, että biomassan lisäys laitumen lepokaudella 18.8-23.8. välisenä aikana oli molemmilla syöttölohkoilla keskimäärin 92,3 kuiva-ainekiloa hehtaaria kohden päivässä.

5.4 Maahengitysmittauksen tulokset

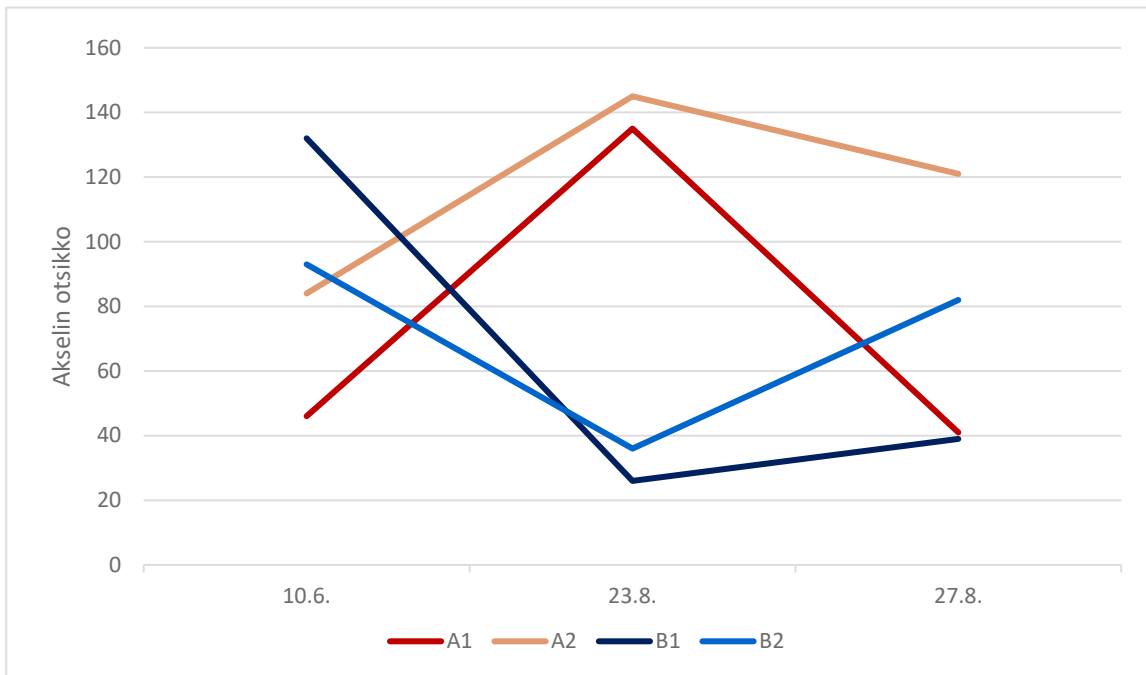
Maahengitysmittarina käytettiin Licor Smart Chamberia, ja mittaukset tehtiin kolme kertaa kesän aikana. Mittauskerroilla mitattiin molempien laitumien maahengitystä. Mittaukset tehtiin 10.6., 23.8. ja 27.8.

Laitumella 1 mittapiste A1 on kulkureitillä lähellä lohkon porttia, jota kautta laitumelle kuljetetaan eläimet. Mittapiste A2 sijaitsee keskellä syöttölohkoa. Mittapiste B1 on myös kulkureitillä, ja vastaavasti mittapiste B2 syöttölohkon keskellä.

Laitumella 2 mittapiste A1 sijaitsee kulkureitillä, jota käytetään kun eläimet vaihtavat laitumen sisällä syöttölohkoa. Mittapiste A2 sijaitsee keskellä syöttölohkoa. Mittapiste B1 sijaitsee kulkureitillä, jota kautta karja kulkee laitumelle. Mittapiste B2 sijaitsee keskellä syöttölohkoa.

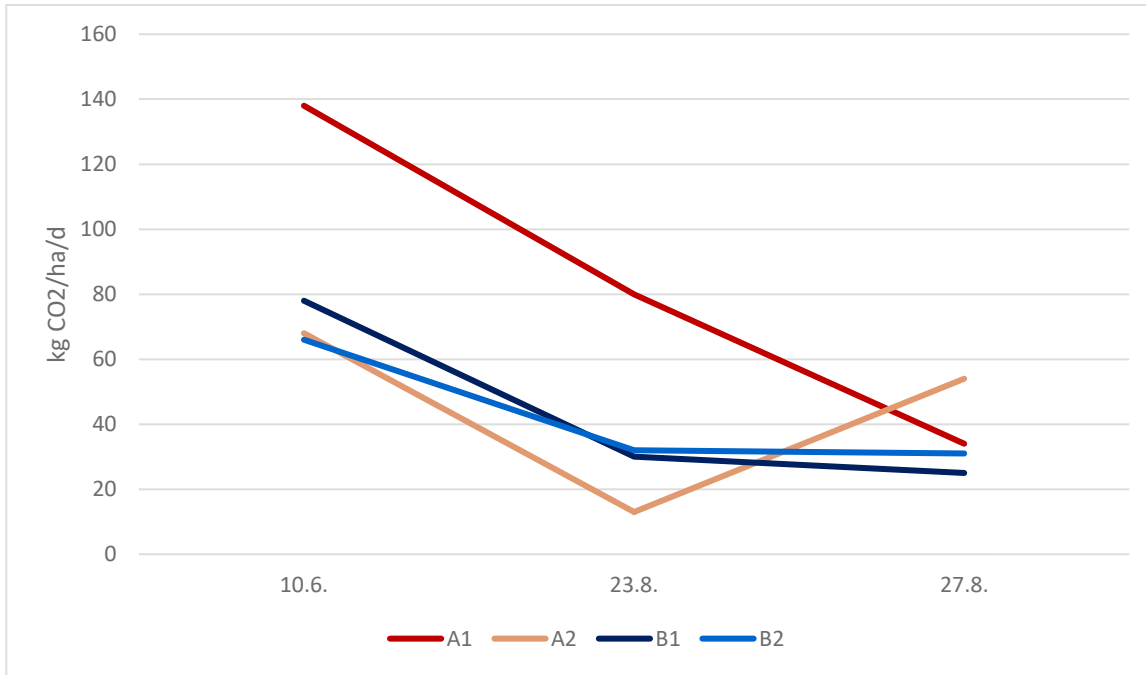
Maahengitysmittarin mittausaika mittakohteessa oli kaksi minuuttia, jonka perusteella maahengitys on laskettu koko vuorokaudelle. Tulokset on ilmoitettu hiilidioksidin määränä kg CO₂/ha/d.

Ensimmäisellä mittauskerralla 10.6. laitumen 1 A-osa oli laidunnettu, ja B-osa oli laiduntamatta. Tällä mittauskerralla laiduntamattomalla osalla maahengitys oli voimakkaampaa, kuin juuri laidunnetulla loholla. Seuraavalla mittauskerralla 23.8. karjan määrää oli vähennetty. Laidun oli mittaushetkellä laidunnuksessa ilman syöttölohkoja, ja karja on siirretty lohkolta pois seuraavana päivänä. Mittauskerralla laitumen A-osan maahengitys oli voimakkaampaa kuin osan B. A-osassa saatiin mittauskertojen korkein maahengitys, 145 kg CO₂/ha/d. Viimeisellä mittauskerralla 27.8. laidun oli ollut lepokaudella kolme päivää. Kaaviosta on havaittavissa, että A-osan maahengitys on laskenut edellisestä mittakerrasta, kun taas B-osassa maahengityksen määrän on hiukan noussut (Kuvio 1.).



Kuvio 3. Laitumen 1 maahengitys (kg CO₂/ha/d), vuorokautta kohti laskettuna kesän 2021 mittauksissa.

Laitumella 2 maahengityksen määrä pääasiassa laski kesän aikana. Ensimmäisellä mittauskerralla 10.6. laidun oli ollut lepokaudella 11 päivää ensimmäisen syötön jälkeen. Ensimmäisenä oli laidunnettu B-osa, ja sen jälkeen osa A. B-osassa maahengitys oli voimakkaampaa, mittausajankohtana parhaimmillaan 138 kg CO₂/ha/d. Kuitenkin maahengitys muuten molemmilla syöttölohkoilla oli lähes yhtä voimakasta, 66-78 kg CO₂/ha/d. Seuraavalla mittauskerralla 23.8. karjan määrää oli vähennetty. Mittausajankohtana laidun oli ollut lepokaudella viikon ajan. A-osasta saatiin laitumen mittauskertojen heikoin tulos, jolloin maahengitystä tapahtui vain 13 kg CO₂/ha/d. Seuraavan kerran maahengitystä mitattiin 27.8., jolloin laidun oli ollut lepokaudella 11 päivää. Aiemmalla mittauskerralla saadun heikon tuloksen mittakohdassa oli kuitenkin tapahtunut muutos, ja maahengitystulos oli tämän mittauskerran koko laitumen voimakkain, 54 kg CO₂/ha/d.. Muuten laitumen hiilensidonta oli laskenut edellisestä kerrasta muissa mittapaikoissa lähes samalle tasolle, jolloin hiilensidontaa tapahtui noin 25-35 kg CO₂/ha/d. (Kuvio 2.).

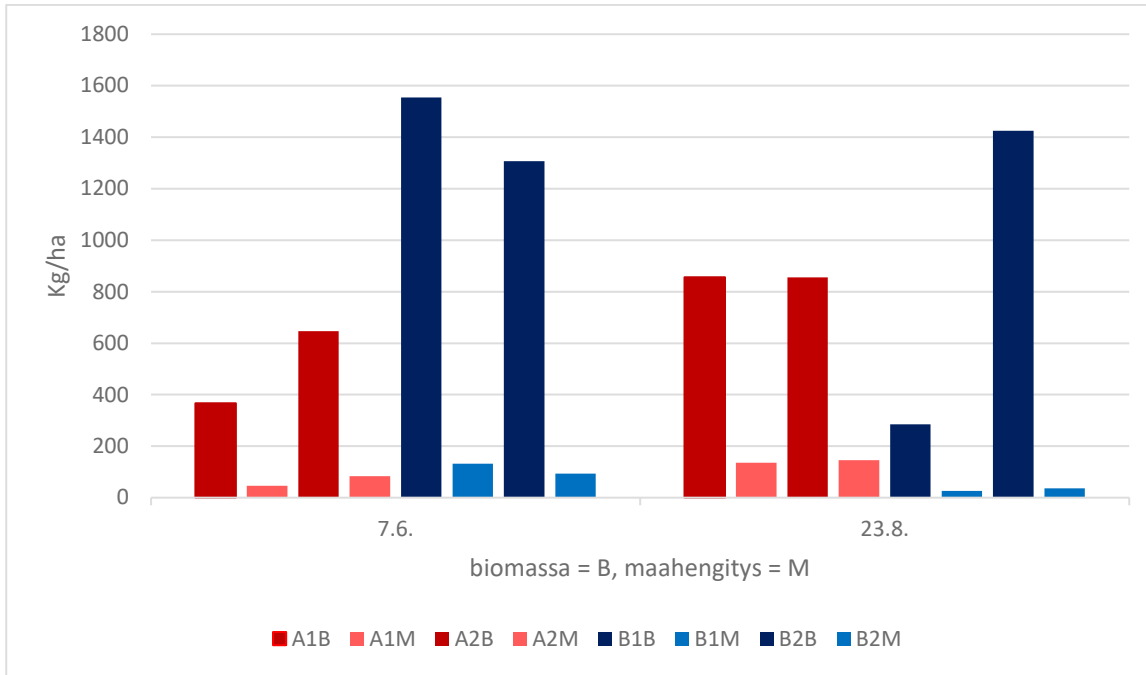


Kuvio 4. Laitumen 2 maahengitys (kg CO₂/ha/d), vuorokautta kohti laskettuna kesän 2021 mittauksissa

5.5 Biomassojen ja maahengityksen yhteys

Maanpäällisen kasvuston biomassan määrän ja maahengityksen voimakkuuden mahdollinen yhteys haluttiin selvittää. Tätä varten laskettiin lähimpänä maahengityksen mittausta sijaitsevasta biomassanäytteenotto paikasta uusi hehtaarisato, jota käytettiin apuna tarkastelussa. Yhdestä biomassanäytteenotto paikasta laskettu hehtaarisato ei kuvaa laitumen todellista hehtaarisatoa, mutta sen avulla voitiin tarkastella mahdollista yhteyttä maahengityksen voimakkuuteen.

Kesäkuussa maahengityksen suhde biomassoihin on samansuuntainen laitumella 1 (Kuvio 4.). Mitä enemmän laitumella on ollut biomassaa, sitä voimakkaampaa on ollut maahengitys. Tulee kuitenkin huomioida, että kesäkuussa biomassanäytteenotto tapahtui kolme päivää ennen maahengityksen mittausta lohkolla A. Tämä saattaa olla syy sille, että kesäkuun näytteenoton aikaan lohkolla A maahengitys vaikuttaa suuremmalta biomassan määrään nähden verrattuna myöhempään biomassan ja maahengityksen suhteeseen. Kesäkuun mittausten ajankohtana laitumen A-osa oli puhdistusniitetty, ja B-osa maahengitysmittauksien kohdasta oli vielä laiduntamaton.



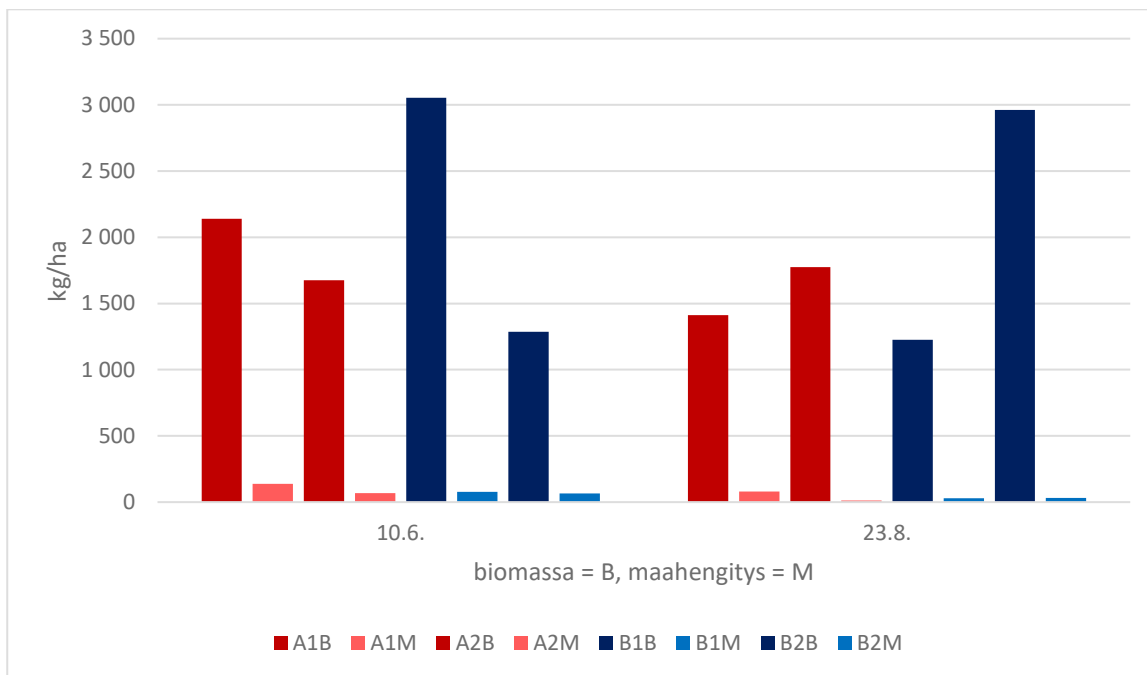
Kuvio 5. Biomassa- ja maahengitysmittauksen tulokset laitumella 1 kesän 2021 aikana.

Elokuussa tilanne on ollut samankaltainen, poislukien lohkon B maahengitysmittapaikan 2 tulokset. Tällöin biomassan määrä mittapaikalta on ollut 1 425 kg ka/ha, mutta maahengitystä on ollut vain 36 kg CO₂/ha/d. Mittausajankohtana laidun oli syötön lopussa, ja eläimet siirrettiin sieltä seuraavana päivänä pois.

Laitumen 2 tulokset ovat hieman poikkeavat (Kuvio 5.). Syitä tälle voi olla esimerkiksi laidunlohkojen keskinäiset eroavaisuudet, ja myös se, että mittaukset on tehty aina laitumen lepokaudella. Ensimmäisellä näytteenotokerralla laidun oli ollut lepokaudella noin 1,5 viikkoa, ja elokuun näytteenoton aikaan laidun oli ollut lepokaudella viikon. Tällöin laidun ei enää ole ollut nopeimmassa vaiheessa kasvuaan, joka selittäisi suuren biomassan määrän, mutta heikomman maahengityksen.

Laitumen 2 A- ja B-osan mittapaikkojen 1 mittaustulokset eivät ole vertailussa kovin todenmukaiset, sillä biomassanäytteenottoaikat eivät sijainneet maahengitysmittarin mittauspaikan välittömässä läheisyydessä, jolloin kasvuston määrä on voinut olla eri. Silmämääräistä eroa biomassanäytteenottoaikkojen ja maahengitysmittarin mittapaikan

kasvillisuudessa ei ollut. Ne kuitenkin tukevat laitumelta 1 havaittua samansuuntaisuutta. Kesäkuussa suurempi biomassan määrä aiheutti voimakkaampaa maahengitystä.



Kuvio 6. Biomassa- ja maahengitysmittauksen tulokset laitumella 2 kesän 2021 aikana.

Poikkeavuudet tuloksissa saattavat johtua esimerkiksi siitä, että biomassanäytteenotot on otettu silmämääräisesti arvioiden samasta paikasta jokaisella kerralla. Tässä on saattanut tapahtua erehdys näytteenottopaikan kohdasta, jolloin näyte on saatettu ottaa eri kohdasta kuin aiemmin. Elokuun biomassanäytteenotokerroilla myös havaittiin näytteissä huomattava määrä aiemmin mainittua kuivaa massaa. Voidaan olettaa, että maahengitys on elokuun mittauskerralla ollut heikompaa kasvustosta löytyneen kuivan massan vuoksi. Silloin kasvusto ei ole enää yhteyttänyt yhtä tehokkaasti, mikä on vähentänyt juurien kuljettamaa hiilisyötettä maamikrobeille.

Kuivan kasvuston aiheuttaman mikrobitoinnin epäaktiivisuus on siis saattanut heikentää maahengitystä. Kuivan massan muodostumisen syyksi voidaan epäillä esimerkiksi kuivuutta tai liian lyhyeksi laidunnettua kasvustoa. Pystyttiin kuitenkin havainnoimaan, että maahengityksen voimakkuus lisääntyi biomassan määrän kanssa samansuuntaisesti, elleivät lohkot sisältäneet kuivaa massaa.

5.6 Laidunnuskokemukset

Tilallisia haastateltiin sähköpostin välityksellä.

He kertoivat harjoittaneensa tilannetajuista laidunnusta noin viisi vuotta. He ovat havainneet laidunnustavassa sekä haasteita että hyötyjä. Haasteeksi he mainitsevat menetelmän työläyden. He kertovat tällaisen laidunnusmenetelmän vaativan tiivistä tarkkailua ja ennakkointia sekä eläinten että kasvuston tilassa. Koska laidunalat ovat pieniä, he joutuvat vaihtamaan vesipisteen paikkaa usein. He kuitenkin kokevat, että vesipisteiden kanssa voitaisiin toimia myös eri tavoin. Yhdeksi ratkaisuksi he mainitsevat vesipisteen sijoittamisen isomman lohkon keskelle, ja tästä laidunkaistojen rajaamisen säteittäisesti. Kivennäiset tulee siirtää myös joka kerta, mutta tilalliset eivät koe tätä erityisen hankalaksi.

Toiseksi haasteeksi he mainitsevat vasikoiden opettamisen siirtoihin. Siirrot tosin muuttuvat helpommaksi muutaman siirtokerran jälkeen, kun vasikat ovat oppineet siirrot. Useimmiten eläimet yhdistävät tilalliset laidunsiirtoihin, jonka vuoksi eläinten tarkkailu voi olla hankalaa. Useimmiten eläimet tosin ymmärtävät, ettei isäntävään havaitseminen tällä kertaa tarkoita lainkaan laitumen vaihtamista, jonka jälkeen ne jatkavat puuhiaan normaalisti. Tämän laidunnusmenetelmän he kokevat vaikeammaksi silloin, jos heillä on kesällä mahdollisuus hieman pidempään lomaan, mutta jos siirtoja tarvitsisi tehdä usein. Ilmeisesti aina ei ole tarjolla sellaista lomittajaa, joka nämä siirrot voisi ja osaisi tehdä.

Kasvuston ylläpito tosin vaatii jonkin verran aitauksen suunnittelua ja muutamia puhdistusniittoja vuosittain. He kokevat puhdistusniitot jonkin verran työläemmäksi heidän laidunnusmenetelmässään, koska laidunkaistat ovat pieniä ja koska puhdistusniitto olisi hyvä tehdä aina heti laidunnuksen jälkeen. Alkukesäisin he eivät koe puhdistusniittoa tarpeelliseksi, koska kasvusto tulee syödyksi tasaisemmin. Suunnittelussa tulee huomioida myös useamman laidunryhmän läheisyydet, jos laumoissa on sonneja. Lähekkäiset sonnilaumat voivat aiheuttaa meteliä ja maan kuopimista.

Tietoa tilannetajuisesta laidunnuksesta Suomeksi ei heidän kokemuksensa mukaan ole ollut saatavilla juuri laisinkaan. Tästä syystä toinen tilallisista on ostanut ja lukenut paljon englanninkielisiä laidunaiheisia kirjoja. Aluksi toinen tilallisista myös toi sekä tilasi ulkomailta

välineitä ja tarvikkeita laitumien tekoon. He kokevat tiedon tilannetajuisesta laidunnuksesta olevan nykyisin paljon helpommin saatavilla.

Kysyttäessä mahdollisista eroavaisuuksista kasvillisuudessa aiempaan verrattuna, he kertoivat havainneensa kasvuston kasvavan tasaisemmin ja nopeammin laidunnuksen jälkeen lepokauden aikana. Heidän mielestään rikkakasvit laitumilla ovat myös vähentyneet. He ovat halunneet koittaa, pystyisikö laidun siementämään itsensä uudestaan pitkässä, yli viisi vuotta kestävässä nurmen kierrossa. Vasikoiden kasvu on heidän mielestään ollut parempaa, ja he uskovat sen johtuvan siitä, että vasikoille on koko ajan hyvää syötävää tarjolla laitumella.

6 TULOSTEN TULKINTA

6.1 Kuiva-ainesato

Mittausten perusteella havaittiin, että molemmilla laitumilla kasvuston kuiva-ainepitoisuus nousi keskimäärin 26 %-yksikköä kesäkuun alun ja elokuun lopun välisenä aikana. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että kasvit ovat ehtineet vanhentua ja korsiintua elokuuhun mennessä. Selittävä tekijä voisi olla myös sateiden vähyys, jolloin kasvit ovat sisältäneet vähemmän vettä.

Laidun 1:llä kuiva-ainepitoisuus nousi kesän aikana. Myös kuiva-ainesato nousi. Kesäkuun alussa syötön jälkeen kuiva-ainesato oli 382 kg/ha, kun taas elokuussa vastaavassa tilanteessa kuiva-ainesato oli 488 kg/ha. Kuiva-ainepitoisuuden nousu on saattanut vaikuttaa laitumen kuiva-ainesatoon. Kuiva-ainepitoisuus on todennäköisesti noussut kasvuston korsiintumisen vuoksi. Tästä johtuen karjan laiduntaminen on saattanut olla heikompaa, kun kasvusto ei ole enää ollut niille maittavaa. Tämä voisi olla syy siihen, miksi vaikuttaa siltä että kuiva-ainesato olisi noussut biomassan kasvun vuoksi.

Droonikuvauksissa ensimmäiset pistemäisesti laidunnetut kohdat ja muodostuneet polut näkyivät vasta elokuun lopussa. Syitä tähän voi olla monia. Laidun 1 oli heinäkuun lopusta lähtien laidunnettu ilman syöttölohkoja, ja eläimillä oli pääsy koko laitumelle. Biomassanäytteissä oli tällöin ilmennyt myös kuivaa massaa, joka on osaltaan saattanut ajaa eläimet laiduntamaan pistemäisesti. Silmämääräisesti näitä polkuja ja hylkylaikkuja oli kuitenkin hankala havaita.

Laidun 2:lla havaittiin, että kuiva-ainesato laski hieman. Kesäkuun alussa ensimmäisen laidunnuksen ja 11 päivän lepojaksen jälkeen laitumen kuiva-ainesato hehtaaria kohden oli noin 2 185 kiloa. Elokuun puolessa välissä kuukauden lepojaksen jälkeen vastaava luku oli 1 189,5 kuiva-ainekiloa hehtaaria kohden. Kuitenkin viikon lepojaksen aikana aikavälillä 16.8.-23.8. biomassan lisäys hehtaarin alalle oli noin 92,3 kiloa hehtaaria kohden päivässä. Lohko A:n hehtaarisato oli koko kesän suurempi kuin lohkolla B, mutta kuitenkin lohkon B päiväkasvu viikon lepojaksolla päivää kohti oli suurempi. Ero lohkojen välillä oli vajaa 20 kiloa päivässä.

Kasvua on todennäköisesti edesauttanut juurikin tilannetajuinen laidunnus. Koska kasvustosta ei ole tarjottu eläimille kuin puolet, sen on ollut helpompi palautua. Nopean kasvun syyksi voidaan myös epäillä maaperän sisältämää hiiltä, sillä yksi gramma hiiltä pystyy sitomaan itseensä jopa viisinkertaisen määrän vettä (Laulajainen 2019). Kesä oli kuivempi ja kuumempi keskimääräiseen kesään nähden, mutta kasvit ovat saattaneet saada vettä maaperästä kasvuunsa.

Laskettiin, että laitumella 1 kesän alussa 7.6. juuri syötetyllä lohkolla hiilen määrä biomassassa hehtaaria kohden oli noin 0,17 kiloa. Syötön jälkeen 23.8. määrä oli 0,21 kiloa. Laitumella 2 kesäkuussa 11 päivän lepojaksion jälkeen hiilen määrä oli lohko A:lla 1,1 kg/ha, ja kuukauden lepojaksion jälkeen elokuussa 0,64 kg/ha. Viikon lepojaksion aikana elokuussa hiilen määrän lisäys biomassassa hehtaaria kohden oli lohkolla A 0,18 kiloa, ja vastaavasti lohkolla B 0,23 kiloa.

6.2 Maahengitys

Maahengitys oli kesän aikana vaihtelevampaa laitumella 1. Mittauskertojen välillä oli osin huomattaviakin eroja, jotka tosin selittyvät laitumen syöttöjaksojen sekä lepokausion ajankohdilla. Sen sijaan laitumella 2 maahengitys pääasiassa väheni kesän aikana.

Laitumella 1 lohkolla A maahengitys oli heikointa 10.6. lepokauden alussa. Saman päivän iltana eläimet siirrettiin lohkolle B. Maahengityksen määrä oli 46-84 kg CO₂/ha/d. Samana päivänä lohkolla B mitattiin voimakkain maahengitys, kun kasvusto oli lepokauden lopussa. Maahengityksen määrä oli 93-132 kg CO₂/ha/d. Syy lohkon A heikkoon maahengitykseen saattaa johtua siitä, että kasvustoa on ollut vähän, jolloin mikrobit eivät ole olleet niin aktiivisia. Lohkolla B maahengityksen voimakkuus on todennäköisesti johtunut mikrobien aktiivisuudesta.

Lohkolla A mitattiin voimakkain maahengitys 23.8., jolloin sitä mitattiin 135-145 kg CO₂/ha/d. Samalla mitattiin lohkon B heikoin maahengitys, 26-36 kg CO₂/ha/d. Tuolloin eläimet olivat laiduntaneet laitumen yhdessä syöttölohkossa, ja eläimet siirrettiin laitumelta pois seuraavana päivänä. Syy laitumen voimakkaimman sekä heikoimman maahengitysmittauksen tuloksiin elokuussa saattaa johtua laitumen syöttötavasta. Eläimet

eivät välttämättä laiduntaneet laidunta tasaisesti, joka voisi selittää huomattavan eron lohkojen maahengitysmittausten tulosten välillä.

Laitumella 2 maahengitys oli heikointa molemmilla lohkoilla 27.8., kun laidun oli ollut lepokaudella 11-12 päivää. Tuolloin maahengitystä mitattiin lohkolta A 34-54 kg CO₂/ha/d, ja vastaavasti lohkolta B 25-31 kg CO₂/ha/d. Voimakkain maahengitys mitattiin molemmilta lohkoilta 10.6., jolloin maahengitys oli lohkolta A 68-138 kg CO₂/ha/d ja lohkolta B 66-78 kg CO₂/ha/d. Laidun oli laidunnettu jo kerran kesän aikana, ja se oli mittausajankohtana ollut lepokaudella 11-12 päivää. Laitumen heikoimmat sekä voimakkaimmat maahengitykset mitattiin siis samankaltaisessa tilanteessa, kun laidun oli ollut lepokaudella vajaa kaksi viikkoa. Kesäkuussa laitumella biomassan määrä on todennäköisesti vaikuttanut maahengityksen voimakkuuteen, mutta elokuussa kuiva massa kasvustossa on saattanut heikentää maahengitystä.

Kuitenkin molemmilla laitumilla maahengityksen voimakkuus pääasiassa väheni kesän aikana odotetusti. Laitumella 2 maahengityksen heikentyminen oli tasaisempaa. Ainoastaan laitumella 1 lohkolta A maahengitys oli yhdessä mittapaikassa voimakkaampaa kesäkuuhun verrattuna. Kesäkuussa mittapaikasta saatu arvo oli 84 kg CO₂/ha/d, kun elokuun lopussa samassa mittapaikassa arvoksi saatiin jopa 121 kg CO₂/ha/d. Laitumella 1 kahdessa mittapaikassa maahengityksen voimakkuus oli vain hieman heikompaa kesä- ja elokuun välillä. Kesäkuussa saatu maahengityksen arvo oli vain noin 5,-11 kg CO₂/ha/d suurempi kuin elokuussa.

On huomioitavaa, että laskelmissa ei pystytä ottamaan huomioon yön vaikutusta. Mittaukset on tehty vaihtelevassa säässä yleensä keskipäivän aikaan, mutta mittauksia ei ole tehty esimerkiksi illalla tai yöllä auringon laskettua. Tämän vuoksi yön vaikutus hiilensidontaan tai sen vapauttamiseen on hankala ottaa huomioon. Luvut ovat laskettu sillä periaatteella, että laitumella olisi aina päivä.

6.3 Maahengityksen ja biomassan yhteys

Havaittiin, että biomassan ollessa runsaimmillaan, myös maahengitys oli voimakkaampaa. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että kasvit ovat kasvaessaan vapauttaneet itselleen kasvisolujen ja mikrobien orgaanisten molekyylien hapetuksesta itselleen energiaa, jonka jäännöstuotteena vapautuu hiiltä.

Tarkempia tuloksia olisi voitu saada esimerkiksi tiheämmillä mittauskerroilla tai jatkuvatoimisella mittaamisella. Myös sekä biomassan että maahengitysmittarin mittauspaikkoja olisi voitu lisätä, jolloin näytteet ja mittaustulokset olisivat olleet vertailukelpoisempia keskenään. Tällä tavoin näytteiden ja mittausten hajontaa olisi saatu vähennettyä. Tulokset olisivat olleet todennäköisesti tarkemmat, jos mittaukset olisi toistettu esimerkiksi viikottain, tai jos mittaukset olisi pystynyt tekemään ennen ja jälkeen jokaisen syöttökerran. Apuna olisi voitu myös käyttää tallentavaa lämpötila-anturia, joka olisi sijoitettu hiukan maan pinnan alapuolelle. Tällä tavoin tallentuneiden lämpötilatietojen perusteella olisi voitu laskea suuntaa antava maahengityksen määrä myös öisin. Ongelmaksi olisi tosin muodostunut lämpötila-anturin sijoitus laitumelle siten, etteivät eläimet olisi talloneet anturia. Tarkempia tuloksia olisi voitu saada käyttämällä GPS-paikanninta biomassanäytteenottoa paikkojen tarkkojen sijaintien säilyttämisessä. Tällä tavoin olisi voitu varmistua siitä, että näyte on jokaisella kerralla otettu täysin samasta kohdasta.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kesäkuussa laitumella 1 lohkon B kuiva-ainesato oli korkeampi kuin loholla A. Biomassanäytteenoton ajankohtana lohko A oli juuri laidunnuksessa, eikä lohkoa B ollut laidunnettu vielä kertaakaan. Kuitenkin elokuussa laitumella 1 lohkon A kuiva-ainesato oli korkeampi sekä lepokauden että laidunnuksen jälkeen. Eläimet laidunsivat enemmän kasvustoa lohkolta A. Syy tähän voi olla esimerkiksi se, että loholla A oli matalampi kuiva-ainepitoisuus, jolloin nurmi on ollut niille maittavampaa. Maahengityksen voimakkuus vaihteli laitumella 1 niin, ettei johdonmukaisuuksia saatu näkyviin. Tämä saattoi johtua mittausajankohtien keskinäisistä eroavaisuuksista.

Laitumen 2 loholla A kuiva-ainesato oli koko kesän suurempi kuin loholla B. Kesäkuussa laitumen biomassan päiväkasvu oli 154 kg/ha, ja elokuussa 92,3 kg/ha. Päiväkasvu oli kesäkuussa voimakkainta loholla A, mutta elokuussa loholla B eron ollessa kesäkuussa 25,4 kg/ha ja elokuussa 19,8 kg/ha. Laitumella 2 maahengitys heikentyi kasvukauden edetessä, ja syynä voidaan olettaa olevan kasvuston vanhenemisen.

Mittausten perusteella havaittiin, että laidunnus päätettiin yleensä silloin, kun hyödynnettävää biomassaa oli laitumella vielä noin 400 kg/ha. Tällä tarkoitetaan 10 senttimetrin pituuden ylittävää kasvustoa. Molemmilla laitumilla kasvuston kuiva-ainepitoisuus nousi kesän aikana. Tämä voi johtua kasvuston vanhenemisestä sekä kasvien sisältämän veden vähyydestä. Maahengityksen voimakkuudella ja biomassan määrällä havaittiin positiivinen yhteys.

Tilallisten mukaan vasikat kasvoivat kesän aikana hyvin, ja tämä oli havaittavissa eläimiä tarkastellessa. Laidunnuksen voidaan olettaa myös edesauttaneen eläinten terveyttä, sillä kesän aikana ei ollut havaittavissa esimerkiksi yhtäkään ontuvaa eläintä. Laitumien kasvu oli tasaista, eikä pistemäistä laidunnusta juurikaan ilmennyt.

Mielenkiintoista tutkimusta voisi olla yksityiskohtaisempi tarkastelu kasvilajivalintojen vaikutuksesta maahengitykseen ja hiilensidontaan. Myös selvitys tilannetajuisella laidunnuksella sidotun hiilen määrästä syvemmissä maaperäkerroksissa verrattuna muihin laidunnustrategioihin on ajankohtainen.

LÄHTEET

Atriatuottajat. Ei päiväystä. Tehokas laidunkierto kaksinkertaistaa laitumien satotasot. [Verkkosivut]. A-Rehu. [Viitattu 24.6.2021]. Saatavana:

<https://www.atriatuottajat.fi/tuotannonkehitys/nautasuomi/nauta-artikkelit/tehokas-laidunkierto-kaksinkertaistaa-laitumien-satotasot/>

Atriatuottajat. 28.5.2021. Pilottitilojen satoa: Uusi työkalu laidunsatojen arviointiin ja tueksi laidunten tuotantokustannuslaskelmaan. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.12.2021]. Saatavana:

<https://www.atriatuottajat.fi/hankkeet/nurminauta--tuottava-nautatilan-nurmi/pilottitilojen-satoa-uusi-tyokalu-laidunsatojen-arviointiin-ja-tueksi-laidunten-tuotantokustannuslaskentaan/>

Bioenergia. Ei päiväystä. Hiilensidonta. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.12.2021]. Saatavana:

<https://www.bioenergia.fi/tietopankki/hiilensidonta/>

Carbon Action. 18.2.2021. Hiilitermistö haltuun. [Verkkosivu]. Baltic Sea Action Group.

[Viitattu 26.4.2022]. Saatavana: <https://carbonaction.org/fi/materials/hiilitermistohaltuun/>

Carbon Action. 17.12.2021. Laidunnusopas: Hiiltä maksimaalisesti sitova laidunnus – Löydä lohkojesi hiilensidontapotentiaali. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.12.2021]. Saatavana:

<https://carbonaction.org/fi/materials/laidunnusopas-hiilta-maksimaalisesti-sitova-laidunnus-loyda-lohkojesi-hiilensidontapotentiaali/>

Ceres. Ei päiväystä. Imagery and analytics: NDVI. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.2.2022].

Saatavana: <https://www.ceresimaging.net/ndvi>

Earthlabs. Ei päiväystä. Soil and The Carbon Cycle. [Verkkosivu]. [Viitattu 10.12.2021].

Saatavana: <https://serc.carleton.edu/eslabs/carbon/5a.html>

Eurooppatiedotus. 4.3.2020. Mikä EU:n Green Deal? [Verkkosivu]. Euroopan komissio.

[Viitattu 23.11.2021]. Saatavana: <https://eurooppatiedotus.fi/2020/03/04/mika-eun-green-deal/>

Euroopan komissio. Ei päiväystä. Euroopan vihreän kehityksen ohjelma. [Verkkosivu].

[Viitattu 24.4.2022]. Saatavana: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fi

Euroopan komissio. Ei päiväystä. Ilmastonmuutoksen syyt. [Verkkosivu]. Euroopan

komissio. [Viitattu 26.4.2022]. Saatavana: https://ec.europa.eu/clima/climate-change/causes-climate-change_fi

- Gallagher Electric Fencing. Ei päiväystä. Gallagher Grazing Tumble Wheel. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.9.2021]. Saatavana: <https://gallagherelectricfencing.com/products/gallagher-tumble-wheel-5-pack>
- Gallagher Electric Fencing. Ei päiväystä. [Valokuva]. Gallagher Grazing Tumble Wheels. [Viitattu 8.9.2021]. Saatavana: <https://gallagherelectricfencing.com/products/gallagher-tumble-wheel-5-pack>
- Hiilipuu. Ei päiväystä. Hiilen kierto. [Verkkosivu]. [Viitattu 10.12.2021]. Saatavana: <http://www.hiilipuu.fi/fi/artikkelit/hiilen-kierto>
- Hiilipuu. Ei päiväystä. Maahengitys. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.12.2021]. Saatavana: <http://www.hiilipuu.fi/fi/artikkelit/maahengitys>
- Hiilipuu. Ei päiväystä. Miten mitata maahengitystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.12.2021]. Saatavana: <http://www.hiilipuu.fi/fi/artikkelit/miten-mitata-maahengityst%C3%A4>
- Heinonsalo, J. 2020. Hiiliopas: Katsaus maaperän hiileen ja hiiliviljely perusteisiin. [Verkkojulkaisu]. Carbon Action ja Baltic Sea Action Group. [Viitattu 8.9.2021]. Saatavana: <https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/01/BSAG-hiiliopas-1.-painos-2020.pdf>
- Ilmatieteen laitos. Ei päiväystä. Havaintojen lataus. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.1.2022]. Saatavana: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>
- Ilmatieteen laitos. Ei päiväystä. Termiset vuodenaajat. [Verkkosivu]. [Viitattu 7.1.2022]. Saatavana: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/termiset-vuodenaajat>
- Ilmatieteen laitos. Ei päiväystä. Terminen kasvukausi. [Verkkosivu]. [Viitattu 10.3.2022]. Saatavana: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/terminen-kasvukausi>
- Jensen, L., Salo, T., Palmason, F., Breland, A., Henriksen, T., Stenberg, B., Perderson, A., Lundström, C., Esala, M. 2005. Influence of biochemical quality on C and N mineralisation from a broad variety of plant materials in soil. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 14.3.2022]. Saatavana: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-004-8128-y>
- Laulajainen, J. 2019. Opas rotaatiolaidunnukseen: Tavoitteena hiiltä maksimaalisesti sitova laidunnus. [Verkkojulkaisu]. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. [Viitattu 24.6.2021]. Saatavana <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/267215/Rotaatiolaidunnusopas.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Luomuwiki. Ei päiväystä. Kotieläintuotanto: Palkokasvit ruokinnassa. [Verkkosivu]. Maa- ja metsätalousministeriö. [Viitattu 23.11.2021]. Saatavana: https://www.luomuwiki.fi/doku.php?id=luomuwiki:palkokasvit_ruokinnassa

- Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 13.12.2004. Yksivuotinen raiheinä kelpaa rehukasviksi. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 23.11.2021]. Saatavana: <http://www.mtt.fi/koetoiminta/pdf/mtt-kjak-v61n04s13a.pdf>
- Maa- ja metsätalousministeriö. Ei päiväystä. Vastuullinen ruokaketju: Ilmastoruokaohjelma. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.9.2021]. Saatavana: <https://mmm.fi/ilmastoruokaohjelma>
- Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto. 22.11.2018. Kasvit sitovat hiilidioksidia ilmakehästä. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.12.2021]. Saatavana: <https://www.mtk.fi/-/kasvit-sitovat-hiilidioksidia-ilmakehasta>
- Malin, E. 2020. Kerääjäkasviopas: Käytännön ohjeita kerääjäkasvien hyödyntämiseen Suomessa. [Verkkojulkaisu]. Baltic Sea Action Group. [Viitattu 15.9.2021]. Saatavana: <https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/06/Keraajakasviopas2020.pdf>
- Mattila, T., Saarinen, P. 2020. Laidunnusopas: Hiiltä maksimaalisesti sitova laidunnus. [Verkkojulkaisu]. Carbon Action & Baltic Sea Action Group. [Viitattu 23.11.2021]. Saatavana: https://carbonaction.org/wp-content/uploads/2020/12/Laidunnusopas_VALMIS.pdf
- Palva, R., Teinilä, T. 20.5.2021. Droonit kasvuston kuvaamisesta. [Verkkosivu]. Digimaatalous. [Viitattu 11.2.2022]. Saatavana: <https://www.digimaatalous.fi/droonit-kasvuston-kuvaamisessa/>
- ProAgria. 2020. Nurmiopas. [Verkkojulkaisu]. ProAgria Länsi-Suomi: ProAgrian hankejulkaisut 10. [Viitattu 8.9.2021]. Saatavana: <https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/nurmiopas2020-web.pdf>
- Pyörälä, S., Tiihonen, T. 2005. Nautojen sairaudet: Ruuansulatuskanavan sairaudet. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 23.11.2021]. Saatavana: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/1975/544/12_ruuansulatuskanavan_sairaudet.pdf?sequence=8&isAllowed=y
- Raussi, S., Hänninen, L. 17.3.2005. Naudan lajinmukainen käyttäytyminen. [Verkkojulkaisu]. Nurmitieto 3.2.2. [Viitattu 2.7.2021]. Saatavana: http://www.nurmiyhdistys.fi/Nurmitieto/NT_3-2-2.pdf
- Räisänen, J., Ukkola, O., Järvi, M., Huuskonen, A., Kiljala, J., Nevalainen, R. 2005. Emolehmuotanto Perämeren rantalaitumilla. [Verkkojulkaisu]. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Julkaisu 48. [Viitattu 2.7.2021]. Saatavana: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts84.pdf>
- Silveira, M., Hanlon, E., Azenha, M., Silva, H. 2012. Carbon Sequestration in Grazing Land Ecosystems. [Verkkojulkaisu]. Department of Soil and Water Sciences. [Viitattu 10.12.2021]. Saatavana: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/SS574>

Suomen hevostietokeskus. Ei päiväystä. Nurmikasvilajikkeet ja niiden ominaisuudet. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.9.2021]. Saatavana: <https://hevostietokeskus.fi/i/hoito/hevosen-pitopaikka/laitumella-pito/nurmikasvilajikkeet-ja-niiden-ominaisuudet>

Tilastokeskus. Ei päiväystä. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2020. [Verkkosivu]. [Viitattu 24.4.2022]. Saatavana: https://www.stat.fi/til/khki/2020/khki_2020_2021-12-16_kat_001.fi.html