



Laidunnusopas

Hiiltä maksimaalisesti sitova laidunnus
– löydä lohkojesi hiilensidontapotentiaali



CARBON
ACTION



Sisällys

Johdanto	3
Osa 1 Näin teoriassa... ..	4
Millaisella laidunnuksella on saavutettu suurimmat hiilensidontamäärät?	4
Miten laidunnuksella vaikutetaan hiilensidontaan?	7
Kasvi vastaa laidunnukseen, mutta palautuminen vie aikaa	10
Laidunjakso ja lepo – tärkeimmät laidunnusjärjestelmän muuttujat.....	12
Osa 2 ...entä käytännössä?	14
Mihin pyrit laidunnuksella? Millä lohkoilla?.....	14
Laidunnuksen sopeuttaminen olosuhteisiin	16
Tilaesimerkki: Kokonaisvaltainen laidunnus Mantereen tilalla	19
Käytännön välineitä tilannetajuisen laidunnuksen tueksi	20
Lopuksi	24
Viitteet.....	25
Kirjallisuutta	26

Laidunnusopas

Hiiltä maksimaalisesti sitova laidunnus
– löydä lohkojesi hiilensidontapotentiaali
Tuomas Mattila ja Pyy Saari

Kannen kuva: Ylämaankarja laiduntaa päivän laidunkaistaa Mantereen tilalla. Kuva: Pyy Saari

1. painos
joulukuu 2020

Painopaikka: Nurmiprint Oy
Taitto: Mainostoimisto Kuke Oy

Lisätietoja
carbonaction.fi
bsag.fi

Johdanto

Laidunnus on yksi vanhimmista ja yleisimmistä maankäyttömuodoista, noin 20–40 % maanpinnasta on erilaisia laidunmaita. Laitumet ja nurmet edustavat 26 % koko maanpeitteestä ja yli 70 % kaikesta ruuantuotannon maa-alasta¹ sekä tuottavat elannon noin 800 miljoonalle ihmiselle². Euroopassa laidunnus ylläpitää korkean lajirunsauden perinnebiotooppeja³ ja muita luonnonarvoiltaan rikkaita maatalouskohteita (*HNV, high nature value*)⁴. Laidunnus ei kuitenkaan ole aina kestävä, vaan se on globaalisti yksi keskeinen tekijä aavikoitumiselle ja maan tuottavuuden heikkenemiselle (*land degradation*)⁵. Useimmissa tutkimuksissa nurmimaissa laidunnus on vähentänyt tuottavuutta.⁶ Miksi laidunnuksella saadaan erilaisia tuloksia ekosysteemin kannalta? Miten laidunnus voisi olla ekosysteemin kuntoa parantavaa (*regenerative*)?

Laidunnus on monimutkaista ekosysteemin hallinnointia. Laidunpainetta, eläintiheyttä, laidunjaksoja ja lepojaksia vaihtelemalla voidaan saada erilaisia lopputuloksia. Kuivilla alueilla (yli)laidunnus voi johtaa eroosioon, maan karikepeitteen vähenemiseen ja heikentyneeseen veden imeytymiseen⁷. Kosteammassa oloissa (kuten Suomessa) laidunnus voi tiivistää pintamaata ja harventaa kasvitiheyttä⁸. Toisaalta yhä useammassa tutkimuksessa on saatu laidunnuksella sidottua runsaasti hiiltä ja parannettua maan kasvukuntoa⁹. Hiilensidontamäärät ovat tyypillisesti luokkaa 0,3–1,4 t C/ha/vuosi¹⁰. Laidunkäytäntöjä kehittämällä, nykyisilläkin laitumilla voidaan sitoa keskimäärin 0,4 t C/ha/vuosi¹¹. Joissain tapauksissa laidunnuksella on saavutettu huomattavasti suurempia hiilensidontamääriä, luokkaa 3–8 t C/ha/vuosi¹². Missä tilanteissa ja miten nämä korkeammat hiilensidontamäärät on saavutettu?

Laidunnuksesta on kirjoitettu lukuisia hyviä oppaita. ”The Art and Science of Grazing”¹³ kuvaa laidunnuksen tasapainoilun eläimen hyvinvoinnin, kasvin hyvinvoinnin ja taloudellisen hyvinvoinnin välillä. Suomen oloihin tuotettu laidunnusopas ”Laiduntaminen kannattaa”¹⁴ tarjoaa perusteet laidunnuksesta ja tietoa eri suomalaisten laidunkasvien kasvurytmistä. Tässä oppaassa pyritään täydentämään aiempia oppaita keskittymällä siihen, miten laidunnusta käytetään työkaluna mahdollisimman suureen hiilensidontaan. Eri eläinlajeilla ja -ryhmillä (lypsylehmät, emolehmät, hiehot, lampaat, vuohet, jne.) on erilaisia ravitsemuksellisia vaatimuksia ja laidunnustapoja. Ohjeissa pyritään nurmen ravitsemuksellisen laadun säilyttämiseen, mutta käytännön soveltamisessa kannattaa huomioida eläinryhmäkohtaiset erityisvaatimukset ja seurata eläinten sekä laitumen kuntoa muutoksia tehdessä.

Oppaan lopun osiossa ”Käytännön välineitä tilanetajuisen laidunnuksen tueksi” käydään läpi hyödyllistä välineistöä laidunnustavan muutoksen tueksi. Opas pyrkii olemaan tieteellinen, mutta käytännönläheinen. Lähdeviitteet on merkitty numeroilla ja viitteet löytyvät oppaan lopusta. Tutkimustiedon lisäksi oppaassa on käytännön kokemuksia ”hiililaidunnuksen” edelläkävijöiltä sekä kansainvälisesti hyväksi todettuja menetelmiä ja työkaluja laidunnuksen suunnitteluun.

Opas on jaettu kahteen osaan: ensimmäinen osa esittelee hiililaidunnuksen teoriaa, toisessa osassa esitellään käytännön esimerkkejä ja hyviä käytäntöjä, joilla oman tilan käytäntöjä voi lähteä kehittämään.



Osa 1

Näin teoriassa...

Millaisella laidunnuksella on saavutettu suurimmat hiilensidontamäärät?

Laidunnuskäytäntöjä muuttamalla voidaan sitoa hiiltä maahan. Useissa tapauksissa lisäykset ovat melko pieniä (200–500 kg C/ha^{15 16}), samaa suuruusluokkaa kuin kerääjäkasvien viljelyllä tai viljelykierron monipuolistamisella. Joissain tutkimuksissa laidunkäytäntöjen muutoksilla on saavutettu huomattavasti korkeampia, useiden tonniin vuotuisia hiilensidontamääriä. Eräässä tutkimuksessa siirtymällä yksivuotisten kasvien viljelystä tilannetajuiseen laidunnukseen saavutettiin jopa noin 8 t C/ha/vuosi hiilivaraston kasvu¹⁷.

Suurimmat hiilensidontamäärät on saavutettu tilanteeseen sopeutetulla kiertolaidunnuksella, jota kutsutaan joko AMP-laidunnukseksi (*adaptive multipaddock grazing*), HPG (*holistic planned grazing*) tai MIG (*management intensive grazing*). Kaikissa näissä menetelmissä eläinten määrä ja laidunrytmi sopeutetaan käytössä olevaan laitumeen ja sen kasvuun. Tyypillisesti menetelmissä laidunjakso-ot ovat lyhyitä ja lepojaksot laidunjaksojen välissä riittäviä kasvien palautumiselle. Lisäksi laidunusvoimakkuus on yleensä alhainen: laidunnuksen aikana kasvusta poistetaan vain noin 50 % lehdistä.



Kuva 1.
Laidunnuksen vaikutukset riippuvat laidunnustavasta. Vasemmalla adaptiivinen laidunnus lyhyellä laidunjaksolla ja pitkällä levolla, oikealla jatkuva laidunnus. (Kuva: Norman Kroon, Savory Institute.)

Taulukkoon 1 on koottu laidunpaineita, lepojaksuja ja laidunjaksoja tutkimuksista, joissa laidunnuksella on saatu selviä hiilensidontahyötyjä. Neljä ensimmäistä tutkimusta taulukossa kuvaavat AMP-laidunnusta, jossa laitumien lukumäärä on korkea ja eläimiä laidunnetaan vain lyhyitä jaksuja kerrallaan. Kaikissa tutkimuksissa laidunnus sopeutettiin nurmen kasvurytmiin ja eläinten ravitsemukselliseen tarpeeseen. Nurmen nopean kasvun vaiheessa käytettiin lyhyempää lepojaksua kuin hitaan kasvun vaiheessa. Laidunnusta ei jatkettu ennen kuin nurmikasvit olivat ehtineet palautua edellisestä laidunnuksesta.

Viides tutkimus taulukossa poikkesi edellisistä, siinä vertailtiin jatkuvaa ja rotaatiolaidunnusta belgialaisella pitkäikäisellä nurmella. Kumpikin laidunnuskäytäntö johti noin 800 kg C/ha/vuosi sitoutumiseen huhti-marraskuun välillä (muun kasvukauden kaasunvaihtoa ei mitattu). Laidunjakset olivat melko pitkiä (6 pv) ja nurmi pidettiin lyhye-

nä (laidunnus aloitettiin, kun nurmen korkeus oli 10–15 cm). Tutkimus on nostettu tässä esimerkkinä siitä, että pelkästään laidunkierto ei riitä maksimaaliseen hiilensitomiseen. Laidunkierrossa nurmelle tulisi jäädä laidunjakson jälkeen riittävästi lehtiä tehokkaaseen yhteytykseen ja lepojaksion tulisi olla riittävä juuriston kehitykselle.

Tutkimusten perusteella korkea eläintiheys tai korkea hetkellinen laidunpaine ei ole välttämätöntä voimakkaalle hiilensitoutumiselle. Eläintiheys vaihteli 120–1200 kg/ha välillä (noin 0,2–2 suomalaista nautaa/ha). Osassa tutkimuksia käytettiin melko korkeita laidunnuspaineita (68 000 kg/ha), mutta missään ei tehty ns. *mob grazing* laidunnusta (yli 100 000 kg/ha). Tätä tärkeämpää on riittävä laidunlepo (30–100 pv), eli nurmikasvien palautuminen edellisestä laidunnuksesta. Käytännössä tämä on järjestetty siten, että laidunlohkoja on hyvin monta, tai eläimet siirretään ajoittain sisäruokintaan.

Taulukko 1. Hiiltä tutkimuksissa voimakkaasti sitoneiden laidunjärjestelmien tunnuslukuja

Tutkimus ja hiilensidontamäärä	Laidunlohkojen lukumäärä	Laidunjakso (pv)	Lepojakso (pv)	Eläintiheys (kg/ha)	Hetkellinen laidunnuspaine (kg/ha)
Dowhower ym. 2020 ¹⁸ 2 t C/ha/a	41	1	30–45 nopea 80–100 hidas	122	5 000
Teague ym. 2011 ¹⁹ 2 t C/ha/a	10–41	1–3	30–50 nopea 60–90 hidas	122	Vaihteli
Stanley ym. 2018 ²⁰ 3 t C/ha/a	?	?	”Riittävä palautumiseen”	1 200	?
Machmuller ym. 2015 ²¹ 8 t C/ha/a	45–60	0,5	15–45	1 100	34 000–68 000
Gourlez de la Motte ym. 2018 ²² 0,8 t C/ha/a	1 (+ruokinta muualla)	4–8	13–45	900	8700

Rakkaalla lapsella on monta nimeä: hyvän laidunnuksen termejä

Korkeat hiilensidontamäärät on saavutettu tutkimuksissa hyödyntämällä laidunnusjärjestelmää, jolla on monta nimeä:

- **adaptive multipaddock grazing (AMP)**
- **holistic planned grazing (HPG)**
- **management intensive grazing (MiG)**

Joissain tapauksissa järjestelmiä kuvataan termeillä

- **mob grazing** tai
- **intensive rotational grazing**

Termien käyttö ei ole vakiintunutta, ja se on jossain määrin ristiriitaista eri maissa ("*mob grazing*" tarkoittaa eri asiaa Yhdysvalloissa ja Iso-Britanniassa, samoin suomalainen "rotaatiolaidunnus" ei ole sama kuin "*rotational grazing*"). "*Rotational grazing*" tarkoittaa yksinkertaista lohkosyöttöä, jossa lohkoja on useampia kuin yksi, mutta laidunnusjaksot voivat olla kymmenien päivien mittaisia. Suomalaisessa keskustelussa rotaatiolaidunnuksessa pyritään siirtämään eläimiä usein (päivittäin) ja kiertoaika säädetään usein eläinten ravitsemuksen kannalta toivotuksi. **Termeistä huolimatta suurimmat hiilensidonnat on saavutettu laidunnusjärjestelmissä, joissa laidunnuspaine on lyhytaikainen ja voimakas, minkä jälkeen kasvien annetaan palautua ennen uutta laidunnusta.**

Edellinen kuvaus laidunnuksesta on kuitenkin liian epämääräinen ja lähes kaikki **laidunnuksen harjoittajat (l. paimenet)** pyrkivät korkeaan eläinpaineeseen ja riittävään laidunlepoon. Kuinka suuri laidunpaine on ollut käytössä? Ja kuinka pitkä lepojako tarvitaan? Näihin kysymyksiin on vaikea antaa yksiselitteistä vastausta, sillä laitumien kasvu riippuu kasvukauden olosuhteista ja lohkon osien kasvukunnosta. Käytetyt laidunpaineet ovat kuitenkin olleet paljon korkeampia kuin mihin on totuttu, esimerkiksi mob grazing järjestelmässä pyritään yli 100 000 kg eläinpainoon/ha (esim. 40 nautaa 100 m x 20 m kaistalla, 0,2 ha alueella), mikä tarkoittaa eläinten siirtoa useita kertoja päivässä. Nopeat siirrot vaativat runsaan määrän laitumia ja jos laitumen kasvu hidastuu syystä tai toisesta, voi johtaa rehun nopeaan loppumiseen. Tämän johdosta parhaat laidunnuskäytännöt ovat adaptiivisia (*adaptive multipaddock grazing, AMP*). Tämän adaptiivisuuden voi kääntää sopeutuvaksi tai sopeutuvuudeksi, mutta paremmin sitä kuvaa sotilastermi tilannetaju. Tilannetajuinen laidunnus pyrkii tavoitteisiin, mutta tiedostaa kulloisenkin tilanteen asettamat rajoitteet ja mahdollisuudet.

Miten laidunnuksella vaikutetaan hiilensidontaan?

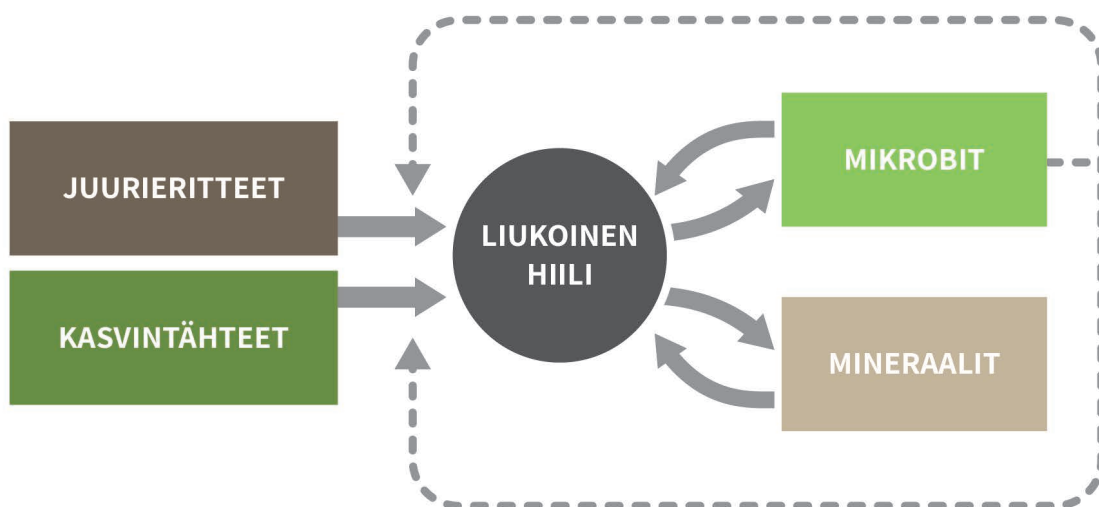
Hiilensidonnassa lisätään maaperän hiilivarastoja. Jos hiilivarastoa halutaan kasvattaa, voidaan joko hidastaa hajotustoimintaa (mikrobiaktiivisuus) tai lisätä hiilisyötettä (kasvintähteet, juuristo, juurieritteet). Laidunnuksella voidaan vaikuttaa molempiin tekijöihin.

Maaperän hiilen hajoamisnopeus riippuu maaperän mikrobiaktiivisuudesta, lämpötilasta ja kosteudesta. Paljas, kasvipeitteeton maa lämpenee voimakkaasti, jolloin mikrobitoiminta kiihtyy. Toisaalta vuorokauden sisäinen vaihtelu lämpötiloissa lisää mikrobihengitystä. Hyvin toteutetulla laidunnuksella maaperä saadaan pidettyä kasvipeitteisenä, viileänä ja sopivan kosteana. Tästä huolimatta hiiltä voimakkaasti sitova laidunnus voi johtaa erittäin suureen mikrobiaktiivisuuteen²³. Kokeissa, joissa hiilivarasto on kasvanut korkeasta hajotuksesta huolimatta, hiilisyöte on ollut erittäin korkea.

Laidunnuksessa maaperään päätyy hiiltä kolmea eri reittiä: kasvintähteinä, juurieritteinä tai lantana. Kasvintähteet ovat kuolleita kasvinosia (lehtiä, korsiä, juuria), joista suurin osa hajoaa melko nopeasti, mutta osa jää maaperän multavuudeksi. Laidunnuksessa näihin vaikuttaa kasvien juuriston

koko, juuriston uusiutuminen ja toisaalta maahan tallattava osuus nurmisadosta. Kasvien juurieritteet ovat liukoisia kasvintähteitä, joita sekä liukenee että eritetään maaperään juuristosta. Juurieritteiden määrä riippuu kasvien terveydestä, maaperän mikrobistosta ja maaperän ravinteisuudesta. Eniten juurieritteitä tulee, kun maaperän mikrobisto on monipuolinen ja kasveilla on runsaasti yhteytystuotteita, mutta kova kilpailu maaperän ravinteista. Lisäksi laidunnus poikkeaa sadonkorjuusta siinä, että laiduntavilta eläimiltä jää laitumelle lantaa. Esimerkiksi, jos nurmen sulavuus on 60 %, 40 % syödystä rehusta päättyy sulamattomana eläimen läpi.

Uusimpien tutkimustulosten perusteella maaperän hiilivarastot eivät koostu hajoamattomista kasvintähteistä vaan kuolleesta mikrobimassasta²⁴. Hiilivaraston kasvu on osa hiilen kiertoa: mikrobit kasvavat hajottaessaan kasvintähteitä ja kuolleet mikrobit varastoituvat maamineraalien pinnoille. Tutkimuksessa tätä kokonaisuutta hahmotetaan hiilenkiertomalleilla, joissa hiili virtaa eri olomuodoista toisiin (Kuva 2). Mallit voivat olla hyvin hyödyllisiä, kun mietitään keinoja lisätä hiiltä maaperään laidunnuksella.



Kuva 2. SOMIC malli²⁵ kuvaa maaperän hiilitaseen prosesseja. Hiili sitoutuu pysyvämmiin maamineraaleihin, mutta mikrobit kontrolloivat kasvintähteiden ja juurieritteiden hajotusta liukoiseen muotoon

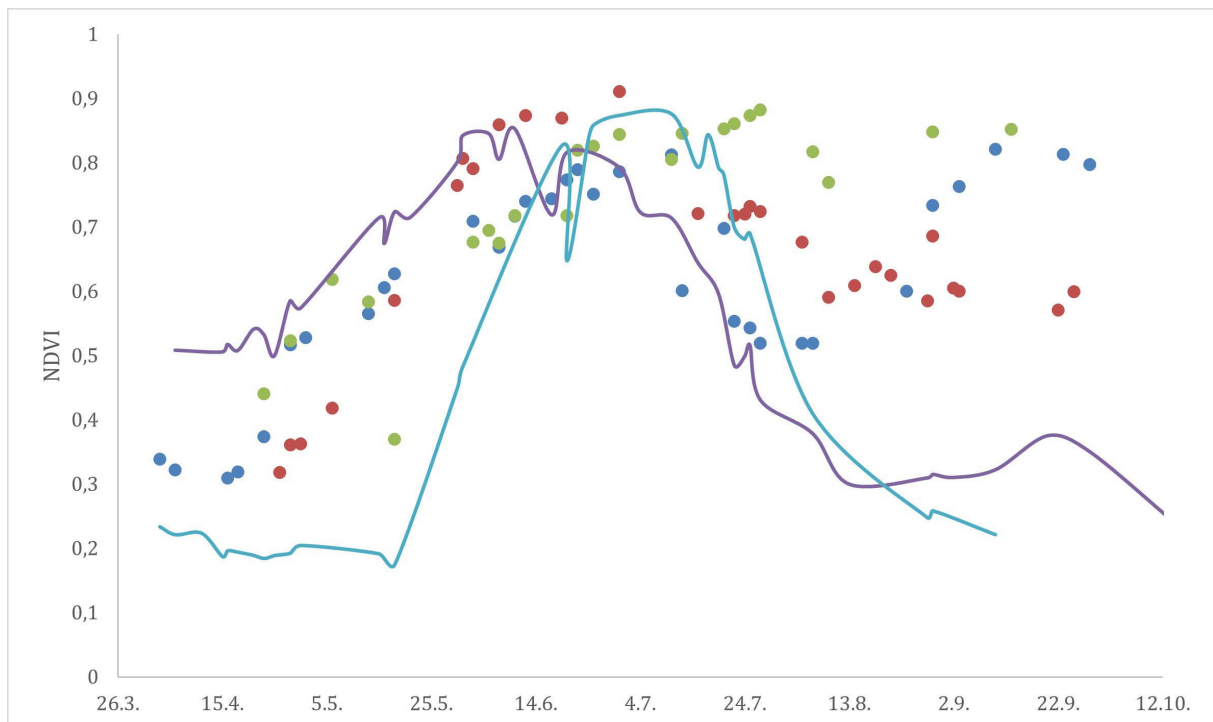
Jotta kasvit voivat tuottaa kasvintähteitä, niiden on ensin kasvettava. Kasvien kasvu perustuu yhteytykseen, jossa auringonvalon energialla muunnetaan hiilidioksidia ja vettä hiiliyhdisteiksi.

Yhteytystä voidaan lisätä kolmella tavalla: lisäämällä yhteyttävää aikaa ("vihreät viikot"), kasvi-
tiheyttä (lehtialaindeksi) ja kasvien yhteytystehoa (lehtivihreäpitoisuus).

Yhteytys voi vaihdella huomattavasti eri kasvusto-
jen välillä. Kuvassa 3 on esitetty viiden Carbon
Action -koelohkon NDVI-indeksit (*normalized
difference vegetation index*, normalisoitu kasvi-
lisuusindeksi) vuodelle 2019. Kevätviljalohkoilla
NDVI kohosi vasta kesäkuun lopussa tasolle, joka
oli saavutettu laidunlohkoilla toukokuun puolivä-
lissä. Yhteytys laski kesän kuivuuden myötä sekä
laidun että viljalohkoilla. Yhteytys kuitenkin ko-
hosi laidunlohkoilla elokuun lopulla ja pysyi osalla
laitumista korkealla tasolla kasvukauden loppuun
saakka. Vaihtelu laitumien välillä oli kuitenkin

suurta. Laidunkäytännöllä voidaan vaikuttaa sii-
hen, paljonko nurmella on lehtialaa ja mikä on
nurmen mahdollisuus yhteyttää ja kasvaa eri ai-
koina vuodesta. Muutaman viikon kasvunmenetyks
on merkittävää suomalaisessa lyhyessä, mutta va-
loisassa kasvukaudessa.

Jotta kasvien yhteyttämä hiili saataisiin maape-
rään, sen pitää muuttua joko kasvintähteiksi tai
juurieritteiksi. Kasvit tuottavat kasvaessaan suo-
raan liukoisia kasvintähteitä (juurieritteet) sekä
hienojuurikariketta. Juuriston ja juurieritteiden
hiili on mikrobien käytettävissä ja muodostaa teh-
okkaasti uutta hiiltä maahan²⁶. Tämän lisäksi kas-
vien lehdet, juuret ja korret hajotetaan ja muodos-
tavat mikrobihiiltä. Laiduntavat eläimet toimivat
tehokkaina hajottajina ja voivat nopeuttaa kasvi-
nosien päätymistä liukoiseksi hiileksi maahan. Li-
säksi lannan sisältämät mikrobit ja liukoinen hiili
lisäävät maaperän mikrobiaktiivisuutta ja nopeut-
tavat hiilen kiertoa. Osa mikrobien hajottamasta
hiilestä päätyy takaisin ilmakehään ja osa käyte-



Kuva 3. Yhteyttämistä kuvaava NDVI indeksi kolmella eri laidunlohkolla (pisteet) sekä kevätiljalohkolla (sininen viiva) ja syysviljalohkolla (violetti viiva). Tiedot Sentinel-2 satelliitista laskettuna Carbon Action koelohkoille vuodelta 2019 (Pelto-observatorio). Yhteyttämisen taso: 0,2–0,3 kohtalainen, 0,6–0,8 korkea.

tään mikrobimassan tuotantoon. Mikrobimassan tuotannon ja hajotuksen välistä suhdetta kutsutaan mikrobien hiilenkäytön tehokkuudeksi²⁷. Yleisesti ottaen sienillä on korkeampi hiilenkäytön tehokkuus kuin bakteereilla, mutta lajien välillä on suuria eroja. Mikrobiaktiivisuus on korkeimmillaan, kun maa on sopivan lämmin (noin 15–20 °C) ja sopivan kostea²⁸. Näissä oloissa myös hiilenkäytön tehokkuus on kohtalaisen korkea. Kasvillisuus vaikuttaa lämpötilaan ja kosteuteen varjostuksella ja haihdutuksella. Kasvipeitteinen, hyvin kasvava nurmi on hyvä ympäristö myös mikrobeille.

Pysyvimmässä muodossa hiili on, kun liukoinen hiili on pidätynyt maamineraalien pinnoille. Savimailla on suurempi potentiaali pidättää hiiliyhdisteitä kuin hietamailla. Kun maan pidätyskyky on saavutettu (hiilisaturaatio), lisääntynyt hiili on maassa partikkelimaisena, irrallisena hiilenä²⁹. Tämä hiili on tärkeää maan toiminnalle, mikrobiaktiivisuudelle ja rakenteelle, mutta toisaalta se voi hajota hyvin nopeasti takaisin ilmakehään, jo-

ten sen hiilensidontahyöty on alhaisempi. Kun laidunnuskäytäntöjä muutetaan, maahan kertyy hyvin nopeasti helposti hajoavaa hiiltä, pysyvemmän hiilen varastot kasvavat hitaammin.

Miten hiilenkiertotutkimusta voidaan hyödyntää laidunnuksen suunnittelussa?

Tutkimuksen mukaan

- laidun kannattaa pitää mahdollisimman pitkään yhteyttävänä (riittävä lehtiala),
- kasveilla tulisi olla edellytykset kasvattaa runsaita juuristoja (riittävät lepojaksot, maltillinen laidunnusvoimakkuus),
- maaperän pitäisi säilyä sopivan viileänä sekä kosteana ja
- lanta pitäisi saada leviämään mahdollisimman tasaisesti lohkolle.

Edellisessä kappaleessa esitetyissä tutkimuksissa tähän oli päästy lyhyillä laidunjaksoilla, pitkillä lepojaksolla ja eläintiheyden sovittamisella käytävissä olevaan nurmialaan.

Laidunnuksen kolme periaatetta, joilla pääsee pitkälle

1. Laidunnusjaksot on hyvä pitää lyhyinä,

1–5 päivää on hyvä haarukka, lohkoja voi jakaa kevyillä aidoilla pienemmiksi tai käyttää kaistasyöttöä. Hitaan kasvun aikaan laidunkierrosta on pidennettävä, jotta...

2. Lepojaksot ovat riittäviä kasvin palautumiselle,

mutta ei liiallisia kasvin kasvun ja varjostuksen kannalta.

Lepojaksojen on oltava sitä pidempiä, mitä hitaammin kasvit kasvavat, mikä johtaa tilannetajuiseen, sopeutuvaan laidunnukseen.

Eri kasvilajeilla lepojaksot ovat eri mittaisia, mutta vielä tärkeämpää on, että...

3. Kasville jää lehtiä uuteen kasvuun ja maaperä säilyy katettuna.

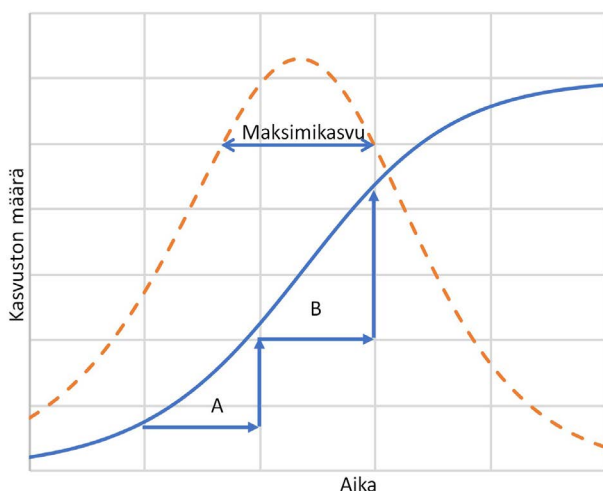
Maahan tallattu rehu ruokkii maaperäeliöitä ja säilyttää kosteutta.

Useat paimenet poistavat laiduntamalla vain 30–50 % kasvustosta, jotkut vain 10 %, mutta tämäkin riippuu tilanteesta ja tavoitteista.

Kasvi vastaa laidunnukseen, mutta palautuminen vie aikaa

Laidunkasvit ovat sopeutuneet laidunnukseen monilla tavoilla: useimmilla on kasvupiste lähellä tyveä ja ne varastoivat energiaa tyveensä ja juuriinsa. Jos kasvia vahingoitetaan esimerkiksi tallaamalla tai syömällä siitä osa, se käynnistää kasvissa stressireaktion. Kasvi pyrkii lisääntymään, joten se yrittää palautua mahdollisimman nopeasti. Sen kasvupisteet keräävät saatavilla olevaa energiaa varastoista ja jäljellä olevilta yhteyttäviltä lehdistä. Samaan aikaan vaurioituneet kasvinosat pyrkivät torjumaan vauriokohdista sisään pyrkiviä taudinaiheuttajia ja evakuoimaan kaikki mahdolliset resurssit kuolevista osista. Kasville käyttökelpoiset ravinteet ja energia määrittävät palautumisen nopeuden. Jos kasvilla ei ole riittävästi näitä käytettävissään ja ympäristökijät pahentavat stressiä, kasvi voi tuhoutua.

Laiduntavan eläimen tapa vaurioittaa kasvia vaikuttaa eri tavoin kasvin saamaan stressireaktioon. Sopivalla tavalla kasvupisteeseen kohdistuva ärsyke esimerkiksi nykäisy tai kasvavien lehtien tuottamisen pensomista tukahduttavien hormonien väheneminen saattaa aktivoita kasvupisteen pensomiseen. Jos kasvilla on runsaasti lehtiä ja resursseja jäljellä se saattaa jatkaa kasvuaan lyhyen tauon jälkeen entistä kiivaammin (ylikompensaatio)³⁰. Kasvukauden vaihe, lämpötila, päivän pituus ja kasvin oma kasvuvaihe vaikuttaa myös kasvin kykyyn palautua. Laitumella voi olla myös kasveja, jotka eivät ole sopeutuneet toistuvaan laidunnukseen. Näiden kasvien kyky pärjätä kilpailussa paremmin sopeutuneiden kasvien kanssa voi olla heikko.



Kasvien kasvu noudattaa S-kirjaimen muotoista kasvukäyrää (logistinen kasvuyhtälö) (Kuva 4)³¹. Aluksi kasvu on hitaampaa, kunnes kasvuston määrä on riittävä nopeaan kasvuun. Lopulta kasvu hidastuu, kun kasvi valmistautuu kukintaan ja toisaalta kasvuston ylläpito kuluttaa yhä enemmän energiaa. Teoriassa parhaan kokonaiskasvun saa pitämällä kasvun jatkuvasti kasvukäyrän jyrkimmässä kohdassa poistamalla lehtialaa sopivasti juuri ennen kasvun hidastumista palauttaakseen kasvun nopean kasvun alkuvaiheeseen. Käytännössä maksimikasvu ei ole ainoa tekijä, jonka mukaan laidunnusta on syytä suunnitella tilatasolla (ks. osa 2).

Mitä voimakkaampi lehtien menetys on, sitä alemmalla kasvukäyrältä kasvit joutuvat aloittamaan. Suomessa on tutkittu paljon muun muassa ruokonataa ja timoteita. Luonnonvarakeskuksen tutkimuksessa timotein emoversot kuolivat ensimmäisen niiton seurauksena ja jälkikasvu tuli sivuversoista. Ruokonadan versot kestivät saman niiton paremmin ja jatkoivat kasvuaan, mutta pensominen jäi heikommaksi. Timotein pensoessa ensimmäisen niiton aikaan kukkineet versot pensoivat voimakkaimmin ja vain kukkineet versot kykenivät tuottamaan kukkivaa jälkikasvu. Tutkimuksessa niittokorkeus oli tavanomainen (alle 10 cm) eikä sen perusteella tiedetä, miten timotein versot olisivat käyttäytyneet korkeammalla niittokorkeudella.³³

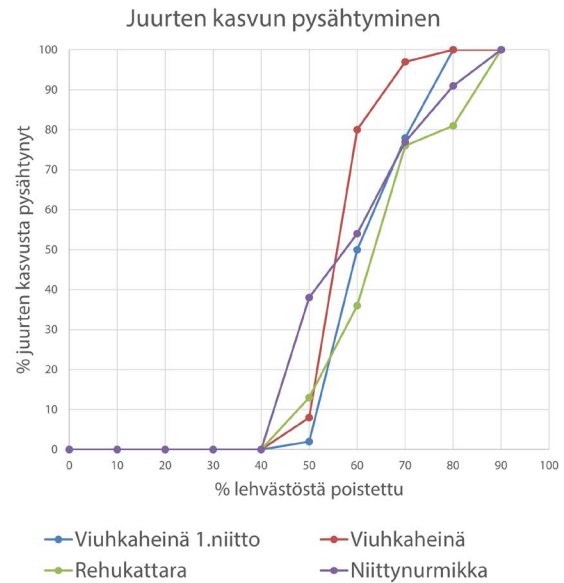
Tutkittaessa leikkuukorkeuden vaikutusta timotein varastoravinteiden käyttöön havaittiin selvä ero 10 cm ja 20 cm korkeuteen leikattujen yksilöiden hiilihydraattivarastojen määrässä. 20 cm korkeuteen leikatussakin yksilöissä hiilihydraatteja pilkkovan entsyymin määrä väheni ensin neljäksi päiväksi ja palautui 20 päivän päästä leikkuusta, mutta hiilihydraattivarastojen määrä jopa nousi hieman. 10 cm korkeuteen leikatuissa yksilöissä varastohiilihydraatit vähenivät tasaisesti vielä 30 päivää leikkuun

Kuva 4. Nurmikasvien kasvua voidaan hahmottaa S-käyrän avulla³². Yhtenäinen viiva on kokonaiskasvubiomassa, katkoviiva on hetkellinen kasvunopeus. Tilanteessa A kasvubiomassaa on vähän (esimerkiksi voimakkaan laidunuksen jälkeen) ja kasvu on alle puolet verrattuna tilanteeseen B, jossa kasvubiomassan määrä on suurempi.

jälkeen, ja niitä pilkkovien entsyymien määrä kasvoi 25 päivää. Kasvin tyvestä leikattujen yksilöiden entsyymitasot kolmikertaistuivat ja varastohiilihydraatit romahtivat 15. päivään mennessä.³⁴ On mahdollista, että timoteinkin emoversot voisivat säilyä hengissä, jos syöttökorkeus olisi riittävän korkea.

Lehtialan kasvuun käytetty energia on pois juurilta ja maaperän mikrobien ruokkimiselta. Useilla nurmikasveilla yli 40 % lehtialan menetyksen on todettu pysäyttävän osan juuriston kasvusta³⁵ (Kuva 5). Kasvun pysähtymisen määrä ja kesto riippuu lehtialan menetyksen voimakkuudesta sekä ympäristöolosuhteista³⁶. Pahimmillaan kasvu ei pelkästään pysähdy kokonaan, vaan osa juurista kuolee. Vaikka kuollut juuristo toimii maaperän hiilisyötteenä, niin se ei korvaa hidastuneen jälkikasvun aiheuttamaa pitkäaikaista hiilisyötteen laskua. Vielä vähemmän se korvaa mahdollisesti ennaikaisesti vanhenneiden tai kuolleiden kasviyksilöiden aiheuttamaa nurmien uudistamistarvetta. Toistuva lehtialan menetys voi johtaa juuriston vanhenemiseen, vaikka kasvin maanpäälliset osat olisivatkin palautuneet ennalleen laidunjaksojen välissä.³⁷

Kasvit voivat ylikompensoida lehvästön menetystä lisäämällä yhteytystä korkeammalle tasolle kuin ilman lehtien menetystä. Yleensä lehtien menetys voi vähentää kokonaissatoa ja juuristoa noin kolman-



Kuva 5. Kun kasvusto menettää yli 50 % lehvästöstään, juurten kasvu pysähtyy useilla lajeilla.³⁷

neksen. Nurmikasvustossa kasvit kilpailevat valosta ja valo voi olla rajoittava tekijä. Tiheissä nurmissa kokonaiskasvu voi pysyä laidunnuksella lähes samassa tasossa kuin kokonaan ilman laidunnusta.³⁸ Jos kasvit saavat aikaa kompensoida laidunnuksen aiheuttaman lehtialan menetyksen, laidunnus voi olla erittäin hyödyllistä poistaessaan kuivuneita lehtiä ja heikentyneitä versoja ja palauttaessaan näiden sisältämät ravinteet uuteen kasvuun³⁹.

Ylilaidunnus vai liian suuri eläintiheys?

Ylilaidunnuksella voidaan tarkoittaa montaa asiaa. Usein ylilaidunnukseksi kutsutaan tilannetta, jossa eläimiä on liikaa suhteessa laitumien kantokykyyn ja maittavimmat kasvit syödään loppuun. Englanniksi tämä on **overstocking**. Sen ratkaisuna on vähentää eläinmäärää tai ruokkia eläimiä laidunalan ulkopuolisella rehulla.

Kasvin näkökulmasta kuitenkin oleellisempaa on ylilaidunnus, jossa kasvi menettää lehtensä ennen kuin se on ehtinyt palauttaa vararavintonsa (**overgrazing**). **Ylilaidunnukseen voidaan joutua alhaisilla eläintiheyksillä, jos eläimet ovat samalla laitumella liian pitkään tai laidunlepo jää lyhyeksi.** Korkeaa hetkellistä eläintiheyttä käytettäessä eläimet on siirrettävä seuraavalle laidunlohkolle ennen kuin lehtialasta on poistettu liian suuri osa. Tällöin laidunnus voi olla voimakasta ja kasvuston hyödyntäminen tehokasta ilman ylilaidunnusta. Matalammat eläintiheydet altistavat ylilaidunnukselle, kun yhdellä loholla riittää syötävää palautumisen kannalta liian pitkäksi aikaa ja eläimet palaavat syömään maittavaa jälkikasvua.

Laidunjakso ja lepo – tärkeimmät laidunnusjärjestelmän muuttujat

Tutkimuksissa, joissa on saavutettu korkeita hiilensidontamääriä, korostetaan riittävän laidunlevon merkitystä. Käytännön laidunnuksessa yleensä varotaan liian pitkää laidunlepoa. Liian pitkä lepojako voi hidastaa kasvien kasvua, heikentää sulavuutta, johtaa liialliseen varjostukseen, taimettumisen ja versomisen heikkenemiseen ja käyttökelpoisten ravinteiden vähenemiseen. Toisaalta liian lyhyt lepojako rasittaa kasvia, johtaa juurien ja lehtien kasvun hidastumiseen tai pysähtymiseen, estää siementämisen ja toistuessaan voi tappaa kasvin ennenaikaisesti. Sopivalla lepojaksolla kasvi ehtii kasvattaa juuristoaan, ruokkia maanalaista mikrobisyhteistyöverkostoaan, varastoida yhteyttämistuotteitaan, kasvattaa lehtialaansa ja lisääntyä riittävästi. Kasvin lehtialan menetyksen suuruus vaikuttaa kasvin palautumisen tarpeeseen ja nopeuteen yhdessä ympäristöolosuhteiden kanssa (Kuva 4 ja 5). Hiililaiduntutkimuksissa ja yksinkertaisissa leikkukokeissa on päädytty samansuuntaisiin suosituksiin: 30–50 päivän palautumisjakso on riittävä heinäkasveille, kun kasvuolot ovat kohtalaiset (Taulukko 1).⁴⁰

Kasvien lisäksi myös maaperä tarvitsee lepoa. Tallaaminen tiivistää etenkin kosteaa, paljasta ja hienojakoista maata. Naudan sorkka tuottaa maahan noin 2 bar paineen, liikkeessä vielä tätä suuremman.⁴¹ Tiivistyminen voi tapahtua hetkessä, mutta palautuminen vaatii aikaa sitä enemmän mitä voimakkaampaa tiivistyminen on ja mitä heikommassa kunnossa maa alun perin oli. Pahimmillaan tiivistyminen aiheuttaa maan vedenläpäisykyvyn tuhoutumisen ja hapettomuuden. Pahasti tiivistynyt maa ei pysty ylläpitämään palautumista edistävää elämää. Orgaaninen aines, elävät juuret, vilkas mikrobitoiminta ja kestävä mururakenne ehkäisevät tiivistymistä ja nopeuttavat palautumista. Voimakas tai toistuva häiriö heikentää palautumista ja voi johtaa rakenteiden luhistumiseen. Laidunnuksen aiheuttama häiriö kohdistuu voimakkaimmin maan pintakerrokseen (10 cm), joissa usein on myös vahva juuristo ja hyvä maan rakenne. Painavammat eläimet ja kosteat kelit voivat ylettyä rasiituksen syvemmälle ja palautumien vie enemmän aikaa. Pahasti tiivistyneessä ja märässä maassa

orgaaninen aines kuluttaa hajotessaan happea vahvistaen happikatoa, joten voimakasta tiivistymistä tulisi välttää kaikissa olosuhteissa ennaltaehkäisevästi ja tarvittaessa hoitaa palautumisedellytykset kuntoon kuohkeuttamalla tiivistynyt maa mekaanisesti.

Laidunnusta on totuttu ajattelemaan eläintiheyden ja laidunnuspaineen kautta. Näiden lisäksi voidaan säätää laidunjakson ja lepojaksoson pituutta lisäämällä laidunlohkojen määrää (Kuva 6). Tarkastellaan esimerkkitilannetta, jossa 10 naudalle on varattu 10 ha laidunala. Oletetaan lisäksi, että laitumen kantokyky on sellainen, että sen avulla voidaan laiduntaa 160 päivää, eli toukokuun alusta lokakuun alkuun. Tällöin laidunkauden aikana eläintiheys on 1 eläin/ha, eli noin 600 kg/ha (eläintiheyden ilmoittaminen eläinten painon perusteella on hyödyllistä, kun eläinten paino vaihtelee kauden aikana tai eläimiä on eri kokoisia). Laitumen kantokyky on tässä tapauksessa 160 eläinpäivää/ha ja arvio laitumelta poistetusta kuiva-ainesta on noin 3 % elopainosta/päivä, eli 2880 kg/ha. Laidunnuspäivät ja syötetty rehu voidaan jakaa eri tavoin riippuen lohkojen määrästä.

Jos laidunnus on jatkuvaa (1 laidunlohko), eläimet syövät laitumelta ensin kaikkein maittavimmat kasvit. Sen jälkeen syödään nopeakasvuisimmat kasvit, kunnes niiden kasvu heikkenee. Loppukasvukaudesta alueella on jäljellä heikosti maittavia tai jatkuvaan laidunnukseen tottuneita heikkotuotuisia kasveja. Maittavien kasvien näkökulmasta lepojaksosoa ei ole lainkaan, maittavimmat kasvit ylilaidunnetaan ja vähemmän maittavat (ohdake, nokkonen, hierakka) voidaan jättää kokonaan laiduntamatta. Vuosien mittaan maittamattomat kasvit valtaavat alaa ja laitumen laatu heikkenee entisestään.

Jos siirrytään yksinkertaiseen neljän lohkon lohkosyöttöön (*rotational grazing*), eläintiheys koko alueella pysyy samana, mutta eläinten hetkellinen laidunpaine nelinkertaistuu (4 eläintä/ha). Jos laidunjakso kestäisi 20 päivää lohkoa kohden, muut lohkon osat saisivat 60 päivää laidunlepoa, minkä

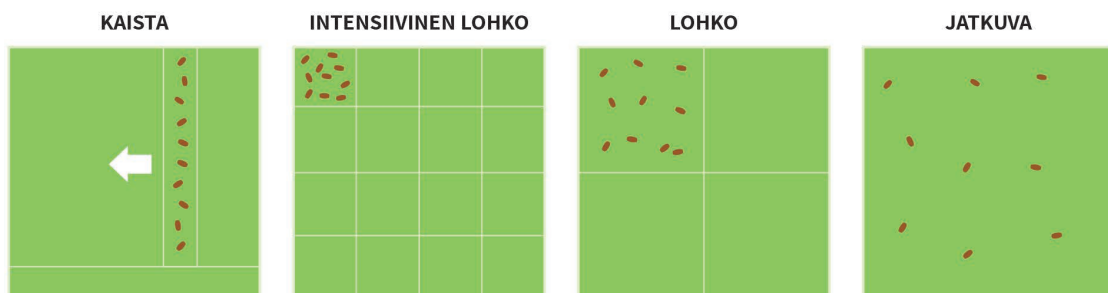
aikana kasveilla on mahdollisuus palautua laidunnuksesta. (Laskukaava on: Laidunlevon pituus = laidunjakso päivien lukumäärä x (laitumien lukumäärä - 1).) Laidunjakson aluksi maittavimmat kasvit ja niiden jälkikasvu syödään kuten jatkuvassakin laidunnuksessa. Hidastunut jälkikasvu johtaa matalaan kasvustoon. Pitkällä lepojaksolla kasvit ehtivät pidemmälle kasvussaan, biomassaa on enemmän ja juuristot voivat olla suurempia. 20 päivän laidunnusjakso on kuitenkin eläimille pitkä ja rehun laatu ehtii heiketä lohkolla, kun maittavimmat kasvit syödään ensin.

Jos lohkojen määrää lisätään, laidunjakso lyhenee. 16 lohkolla voidaan työskennellä 1–5 päivän laidunjaksoilla, jolloin lepojaksot ovat 15–75 päivää. Tämä mahdollistaa laidunnuksen ja lepojaksosten rytmityksen kasvukauden mukaan. Lyhyillä laidunjaksoilla nopean kasvun aikaan voidaan estää kasvien kasvu ”yli” ja samalla voidaan välttää jälkikasvun syönti ennen palautumista, pitkillä laidunjaksoilla hitaan kasvun aikaan voidaan antaa kasveille mahdollisuus palautua.

Lohkosyötön vaihtoehtona on kaistasyöttö, jossa eläinten liikkeitä kontrolloidaan liikkuvan etu- ja

taka-aidan avulla. Etuaidan avulla voidaan antaa eläimille syötäväksi esimerkiksi päivän laidunukseen tarvittava määrä rehua. Taka-aidan avulla voidaan estää eläimiä laiduntamasta uudelleen jälleenkasvavaa rehua. Kaistasyöttö on helposti sopeutettavissa olosuhteisiin, sillä syöttöalan kokoa voidaan säätää lohkon tuottavuuden mukaan. Riskinä kaistasyötössä on kuitenkin se, että jos siirrot ovat liian nopeita, kasvit eivät ehdi palautua ennen kuin eläimet palaavat alueelle (ts. liian suuret lohkot johtavat siirtonopeuden kasvuun). Jos kaistasyöttöä jatketaan tämän jälkeen eläinten ehdoilla, kaistoja pitää suurentaa, sillä rehua on vähemmän, jolloin seuraava kierros on vielä nopeampi. Ilmiötä kutsutaan nimellä ”grazing death spiral” eli laidunnuksen surmankierre. Tätä voi välttää tarkkailemalla, ovatko lähiviikkoina syötettävät lohkot palautuneet (osio 2). Jos eivät, eläimet voi olla viisaampi siirtää väliaikaisesti toiselle alueelle tai ruokkia laitumelle nurmen palautumisen mahdollistamiseksi.

Laidunlohkojen määrän kasvattaminen on yksinkertainen tapa lisätä lepojaksosten pituutta ja saavuttaa tasaisempi rehun laatu.



	10 eläintä / 10 ha	160 laidunpäivää	160 eläinpäivää / ha
	KAISTA	INTENSIIVINEN LOHKO	LOHKO
Laidunpaine	25–100 eläintä/ha	16 eläintä/ha	4 eläintä/ha
Laidunjakso	0,5–2 päivää	1–5 päivää	20 päivää
Lepojakso	12–50 päivää	15–75 päivää	60 päivää
	JATKUVA		
			1 eläin/ha
			160 päivää
			0 päivää

Kuva 6. Neljä erilaista laidunnusjärjestelmää, joissa eläintiheys on sama, mutta laidunnuksen rytmitys eri.



Osa 2

...entä käytännössä?

Mihin pyrit laidunnuksella? Millä lohkoilla?

Vaikka laidunnus on yksi tehokkaimmista hiilensidonnan keinoista, sillä voidaan saavuttaa myös muita hyötyjä. Laidunnus on yksi halvimpia tapoja tuottaa laadukasta rehua eläimille, jos satotasot saadaan pysymään riittävän lähellä säilörehusatoja, tuotantopanokset riittävän alhaisina tai käytettävissä olevaa laidunalaan on runsaasti. Lisäksi laidunmaat voivat olla elonkirjoltaan erittäin rikkaita ja maisemallisesti kauniita. Valitettavasti kaikkia hyötyjä ei välttämättä saavuteta samanlaisella laidunnuksella. Tämän johdosta kannattaa miettiä ennen kaikkea, mihin laidunnuksella pyrkii. Tilalla voi olla erilaisia peltolohkoja, metsänreunoja, luonnonlaitumia, rantaniittyjä ja joenvarsia, jotka hyötyisivät eri tavoin toteutetusta laidunnuksesta. Niitä kaikkia ei kannata laiduntaa kaavamaisesti samalla tavalla.

Laidunnuksella voidaan ohjata pelto- ja metsäekosysteemejä eri suuntiin. Korkein hiilensidonta saavutetaan, kun kasvusto on runsas ja peittävä, mutta sen annetaan korsiintua ja eläimet voivat tallata osan kasvustosta maahan. Tämä heikentää sulavuutta (ja lisää lantaa) ja vähentää pellolta korjattua rehun määrää. Tallautunut ja pystyyn jäänyt kasvusto ei ole hukkaan heitettyä vaan se toimii katteena tarjoten maaperälle sen tarvitsemaa suojaa säteilyä, kuume-nemista ja haihtumista vastaan. Tallatut kukinnot voivat tuleentua vielä maassa maatessaan ja auttaa täydennyskylvämään laidunta. Joissain tilanteissa hallitulla laidunnuksella voidaan uusia nurmi alhaisiin kustannuksiin.

Jos nurmen lajistoa halutaan uusia, se voidaan laiduntaa kasvien kilpailun hillitsemiseksi ja välittömästi täydennyskylvää uusilla siemenillä. Uusintalaidunnus tai puhdistusniitto ennen kasvuston palautumista antaa kylvetyille taimille tilaa kehittyä. Sopivalla

laidunnusrytmillä voidaan heikentää pellon rikkakasveja, mutta antaa nurmikasveille mahdollisuuden kehittyä. Uudessa Seelannissa on pitkään käytetty ns. sapattilepoa (sabbathical fallow, pastoral fallow) laitumilla, eli yhden kasvukauden mittaista lepojaksota. Tämän aikana nurmikasvit siementävät ja maan rakenne voi korjautua merkittävästi⁴².

Luonnon monimuotoisuus voi olla hyvin korkea laitumilla, joissa laidunnus rajoittaa runsaskasvuism-pia lajeja ja kasvillisuus vaihtelee enemmän maaperän monimuotoisuuden mukaan. Tämän tyyppinen laidun on usein ruokinnallisesti ja hiilensidonnallisesti heikko, mutta on erinomainen luonnon monimuotoisuuden näkökulmasta ja voi toimia kohtalaisesti eroosion ehkäisyssä. Monimuotoisella laitumella voi kasvaa kuitenkin myös hyvin ravinnerikkaita ja hoitavia yrtejä, joita karja voi tarvittaessa valita ravinnokseen. Alueen köyhdyttäminen laidunnuksella soveltuu myös suojavyöhykkeille. Köyhdyttämiseen voi käyttää esimerkiksi märehitijöiden ruokailurytmin mukaan suunniteltuja siirtoja, jolloin eläimet siirretään tai houkuteltaan köyhdytettävältä alueelta märehitimään muualle. Usein suurin osa lannasta ja ravinteista kertyy märehitmisalueelle. Myös monimuotoisuutta tavoittelevassa laidunnuksessa lepojaksot on tarpeellista suunnitella hyvin ja erityisesti pyrkiä välttämään laajojen paljaiden maa-alueiden syntymistä. Tällaisella laitumella kevyiden väliaitojen käyttäminen laidunnuksen kohdentamiseen vähemmän monimuotoisten alueiden parantamiseen voi olla hyödyksi osana laitumen lajirikkauden kasvattamista. Laidunpaineen ja lepojaksosten vaihtelulla voidaan saada maastoon luotua mosaiikkimaisesti erilaisia elinympäristöjä. Monimuotoisuus ruokkii lisää monimuotoisuutta aiheuttaen positiivisen kierteen. Esimerkiksi pölyttäjät hyötyvät jo pienistäkin

koskemattomista kukkimaan jätetyistä alueista kasvukauden läpi.

Suomessa on perinteisesti laidunnettu metsiä ja erilaiset puustoiset laidunjärjestelmät voivat olla merkittäviä hiilinieluja ja kriittisen tärkeitä perinnebiotooppeja. Laidunnuksella voidaan harventaa pusikoitunutta perinnebiotooppia ja mahdollistaa valoa vaativien lajien uusiutuminen riittäväillä lepoajoilla tai voidaan istuttaa laitumelle puita aidoilla suojattuna, jolloin hiiltä kertyy sekä nurmiin että puustoon (*silvopasture*). Suomen valo-olosuhteissa alle 30 % puiden latvuspeittävyys voi olla hyvä kompromissi puuston ja nurmen kasvun suhteen.

Eri eläinlajien, kasvatusvaiheiden, ja yksilöidenkin ravitsemukselliset tarpeet voivat erota merkittävästi toisistaan. Ravitsemustarpeiden tyydyttäminen vaatii tarkkaa suunnittelua ja seurantaa. Monesti laskennalliset arvot eivät toteudu käytännössä ja yksilöiden toteuttama valikointi saattaa yllättää. Erilaisilla eläimillä on myös erilainen vaikutus laitumeen ja monimuotoisuus myös laiduntavissa eläimissä lisää monimuotoisuutta ja kokonaisuuden kestävyttä. Erilaiset eläimet täydentävät toisiaan ja hyvin erilaisten eläinten välillä kilpailua ei välttämättä esiinny juuri lainkaan. Hyviä kokemuksia on saatu sekalaidunnuksesta ja ns. leader-follower -laidunnuksesta esimerkiksi lypsylehmien ja hiehojen tai jopa eri eläinlajien välillä (ts. ensimmäisen eläinryhmän laidunnuksen jälkeen tuodaan lohkolle toinen eläinryhmä, jonka ravitsemukselliset tarpeet ovat alemmat tai täysin erilaiset).

Korkean sulavuuden turvaaminen lypsykarjalle vaatii tarkkaa suunnittelua ja luonnonolosuhteiden seurantaa ja tuntemusta. Vähäisesti alentuneen sulavuuden voi kuitenkin yleensä kompensoida tarjoamalla paremmin sulavaa lisärehua tai vaihtoehtoisesti hyväksyä pieni maitotuotoksen heilahdus kasvukaudella osana parantunutta kokonaiskannattavuutta. Vähemmän vaativien eläinten kasvatuksessa laidunrehu on yleensä riittävää ja tarjoaa mahdollisuuden hyvään tuotokseen ja kannattavuuteen.

Laidunnusta pidetään työläänä. Hyvin suunniteltu ja toteutettu laidunnus tuo hyvän katteen laidunsiirtoihin ja suunnitteluun käytetyille ajalle ja rahalle muualla säästetyssä työssä, tuotantopanoksissa ja parhaimmillaan myös parantuneessa tuotoksessa.

Laidunrehu on usein maittavaa, monipuolista ja laadultaan hyvää. Eläinten opittua säännöllisiin siirtoihin myös muusta eläintenkasittelystä tulee usein jouhevampaa. Eläinten ja hoitajien hyvinvointi paranee laitumella vietettynä aikana.

Yhteistyö naapuritilojen välillä voi laajentaa laidunnuksen mahdollisuuksia. Esimerkiksi nurmien laidunnus, talvirehun tuotannon jakaminen isommalle alueelle ja aluskasvien sänkipaimen mahdollistavat laidunnuksen hyödyt myös eläimettömälle tilalle, lisäävät joustavuutta erilaisissa olosuhteissa ja töiden suunnittelussa.

Taloudellisen kannattavuuden rinnalla voi nähdä myös tilan maiden kasvukunnon, hiilivaraston, monimuotoisuuden, maisemallisen ja yhteiskunnallisen arvon kehityksen, jolloin tilanpidon merkitys näytätty useimmiten aivan uudella tasolla.

Miksi laidunnat?

1.

Mitkä ovat laidunnuksen tavoitteet tilatasolla? Entä eläinten kannalta? Ovatko nykyiset tavoitteet hyvät?

2.

Piirrä kartta mahdollisista laidunalueista ja käy läpi mielessäsi lohko kerrallaan.

Onko tavoitteenasi

- puustoinen perinnebiotooppi,
- ketomaisen karu perinnebiotooppi,
- suojavyöhykkeen hoito,
- hiilensidonta ja maan rakenteen parantaminen,
- erittäin sulavan rehun tuottaminen vai
- nurmen täydentäminen?

3.

Pohdi miten laidunnuksella voitaisiin päästä eri tavoitteisiin eri lohkoilla?

Laidunnuksen sopeuttaminen olosuhteisiin

Oppaan alkuosassa käsiteltiin laidunnusta melko teoreettisesti. Käytännössä laidunnus on sovitettava laitumiin, eläimiin, sekä vaihtuviin olosuhteisiin. Eläinmäärä muuttuu vuoden sisällä, samoin käytettävissä olevien laitumien määrä. Nurmien kasvurytmi vaihtelee kasvukauden aikana ja säätilan mukaan. Viljapeltojen alus- ja kerääjäkasvit tarjoavat erinomaisen laidunnusmahdollisuuden (historiallisesti ”sänkipaimen”) ja hurjimmillaan viljojakin voi laiduntaa lyhyenä aikaikkunana ennen kukinnan alkamista. Laitumet eivät myöskään ole tasalaatuisia, hehtaari hyvää laidunta voi vastata kymmentä hehtaaria huonoa.

Laitumien määrää, tuottavuutta ja eläinten rehutarvetta voidaan arvioida laidunsuunnitelman avulla (Kuva 7). Siihen kootaan tiedot eläinmäärästä eri aikoina vuotta, käytettävissä olevista lohkoista, mahdollisista esteistä ja lohkojen tuottavuudesta. Sen jälkeen voidaan hahmotella, miten eläinten siirrot kannattaisi toteuttaa, jotta eläinten, ihmisten ja laidunten tarpeet saataisiin sovitettua toisiinsa.

Paraskin suunnitelma on kuitenkin vain suunnitelma. Kasvukauden alussa kasvu kiihtyy voimakkaasti ja hidastuu maan kuivuessa sekä kukinnan käynnistytessä. Sateiden lisääntyessä kasvu lähtee taas nousuun. Muutoksia kasvunopeudessa voidaan arvioida suunnitteluvaiheessa, mutta niitä ei voida ennustaa tarkkaan. Hyvään laidunnuksen kuuluu kasvustojen, olosuhteiden ja sääennusteiden seuraaminen. Seurannan avulla voidaan arvioida tilannetta ja sopeutua muutoksiin.

Kasvin palautumisen tunnusmerkit vaihtelevat kasvilajien ja kasvukauden vaiheen mukaan. Yksinkertaisia kasvuston tunnusmerkkejä on kasvuston pituuden ja tiheyden palautuminen laidunnusta edeltäneeseen tilaan (S-käyrä). Tiheyden huomioiminen on tärkeää, koska kukkimaan pyrkivä kasvusto voi kasvattaa pituutta varastojensa kustannuksella kasvattamatta juurikaan lehtipinta-alaa tai juuristoaan johtaen harvempaan kasvustoon. Laidunkeppi voi olla hyvä työväline tiheyden ja pituuden arviointiin (ks. osio työvälineitä). Ti-

heyden ja pituuden lisäksi on hyvä tarkastella kasvustosta myös kasvilajien välisiä suhteita ja pohtia onko joku laji jäämässä muiden jalkoihin tai tarvitsemassa muita pidempää lepojaksota. Kasviyksilöiden palautumista voi seurata laskemalla uusia kokonaisia lehtiä ja tarkkailemalla mahdollista kukinnan alkamista.

Juuriston ja varastojen palautumista voi tarkkaila kaivamalla ylös eri lajien juuristoja, etsimällä valkoisia uusia juuria ja tarkkailemalla juurien kuntoa. Pulleat, mehevät, tukevat juuret, joiden pinnalle maa on tarttunut kuin liimattuna ovat merkki aktiivisesta juuresta. Juuri syöttää ravintoa maaperäeliöille, jotka muodostavat liima-aineita. Palkokasvien juurinytysten iso koko ja punertava väri ovat hyviä merkkejä aktivoituneesta typensidonnasta ja kasvin kyvystä ruokkia typensitojakteereja. Nahistuneen oloiset ja kuivat juuret kertovat palautumisen olevan vielä kesken. On hyvä tarkkailla eri kasveja juurineen kokonaisuutena. Kasvin erilliset varastoelimet kuten niin sanotut tyvisipulit tai paksut paalujuuret ovat hyviä tarkkailukohtia ja ne halkaisemalla voi havainnoida sisällön koostumusta. Yleensä kasvit varastoivat sokereitaan pitkäketjuisempaan muotoon, joten makea sisältö voi kertoa myös edelleen käynnissä olevien varastohiilihydraattien pilkkomisesta eikä välttämättä kerro varastojen karttumisesta toisin kuin juuren täyteläisyys. Juuristoa tarkkaillaessa voi myös tarkkailla maaperän palautumista ja rakennetta ylipäätään. Juuria ja maata kannattaa tarkkailla myös välittömästi ennen ja jälkeen laidunnuksen, jotta saa vertailuaineistoa palautumisen ja laidunnusvaikutuksen arviointiin.

Kasvukauden vaihe ja olosuhteet vaikuttavat kasvin kasvuun eivätkä kaikki kasvit enää pyri kukkimaan päivän lyhetessä tai ilmojen viiletessä. Palautuneen kasvuston tuntomerkit voivat olla hyvin erilaiset loppusyksyllä kuin ne olivat alkukesästä. Kukkinneiden kasvien jälkikasvutapa on usein myös erilainen kuin kukkimattomien.

Kasvun hidastuessa palautumisaikakin luonnollisesti pitenee. Vaikka 20–30 päivän lepojaksota voi

olla riittävä alkukesästä, loppusyksystä voidaan tarvita jo 60–80 päivän lepojaksoja. Jälkikasvun käynnistyminen hidastuu yleensä vastaavasti ja laidunlohkolla vietetty aika voi olla pidempi ilman yhtä suurta ylilaidunnusriskiä (ts. eläimet eivät ehdi syömään uudelleen kasvuun lähteneitä kasveja). Tällöinkin on hyvä välttää liian matalaan syöttöä, ettei kasvu pysähtyisi kokonaan. Ennen kasvukauden päättymistä kasveja olisi hyvä laiduntaa vain kevyesti, jotta ne saisivat rauhassa kerätä talvehtimiseen riittävät varastot. Alkutilvesta kasvun pysähdyttä kokonaan voidaan kasvit syöt-

tää hyvin matalaan kasvin kannalta, koska yleensä suurin osa talvehtivasta lehtimassasta kuolee joka tapauksessa talven aikana eikä vaikuta kevään uuden kasvun nopeuteen. Lepojaksoihin ei kannata laskea kasvukauden ulkopuolisia päiviä, vaan lepojakso jatkuu keväällä siitä mihin se kasvukauden päättyessä loppui. Lepoajoissa ja laidunjaksojen pituudessa kannattaa kuitenkin huomioida, että osa kasvilajeista jatkaa kasvuaan termisen kasvukauden ulkopuolella matalissa lämpötiloissa ja jopa pienellä pakkasella.

Jos laidunnus on suunniteltu esimerkiksi 30 päivän lepojaksolle, mutta kasvien kasvu hidastuu eivätkä ne ehdi palautua määritellyssä ajassa, voidaan toimia kolmella tavalla:

Laidunnetaan suunnitelman mukaan olosuhteista huolimatta:

nurmikasvit ylilaidunnetaan, jälkikasvu heikkenee, laidunkiertoa joudutaan nopeuttamaan rehun loppuessa, kunnes kasvu loppuu kokonaan.

Hidastetaan laidunkiertoa, annetaan kasveille lisää aikaa palautua:

S-käyrämäisen kasvukäyrän mukaan pienikin lisä palautumisjaksossa tuottaa paljon lisää kuiva-ainetta

Hankitaan eläimille ruokaa muualta kuin suunnitelluilta laitumilta:

lisälaidunala, laidunrehun syöttöosuuden vähentäminen, lisäruokinta

Eräs tapa varautua muutoksiin on ylläpitää laitumella riittävästi ylimääräistä rehua. Jos laidunnus toteutetaan ”ota puolet, jätä puolet” periaatteella, joka myös säilyttää kasvien juuristoa, laitumella on puskurivaraa kasvun hidastumista varten. Jos nopean kasvun aikaan käytetään alhaisia syöttöosuuksia, laitumella on aina ylimääräistä syötävää ja kasvun hidastuessa on mahdollista hyödyntää edelliseltä laidunkierrokselta jäänyttä rehua apuna laidunkierron hidastamiseen.

Keväällä laiduntaminen on hyvä aloittaa edeltävällä kasvukaudella runsaasti lepoa saaneella lohkolle, uudelta aiemmin hoitamattomalta luonnonlaitumelta tai sapattilevossa olleelta lohkolle. Kuloheinä auttaa tasoittamaan laitumelle totuttumista ja suojaa kosteaa maata tallaukselta. Nopean kasvun aikaan on tärkeää pitää eläimet liikkeellä jälkikasvun syömisen välttämiseksi. Nopeat siirrot jättävät suurimman osan laidunkasveista koskemattomiksi, mutta eläinten rehutarve tulee täytetyksi. Eläimet myös yleensä valikoivat maikkeimmat eli nopeimmassa kasvussa olevat kasvit

ja hidastavat juuri oikeiden yksilöiden kasvua kevyellä lehtialan poistolla. Ensimmäisen laidunkierroksen tarkoituksena on siis tarjota eläimille hyvin sulavaa rehua ja hidastaa nopeimmin kasvavien kasviyksilöiden vanhenemista. Mahdollisimman nopeat siirrot tasoittavat myös laidunnusvaikutusta laitumille. Lepojakson voi mitoittaa siten, että toiseen laidunkierrokseen voi lisätä osan säilörehunurmista, kun ne ovat ensin saaneet riittävän lepojakson 1. sadon korjuun jälkeen. Lepojaksojen ja laidunnuksen aloittamisajankohdan kanssa kannattaa pohtia samankaltaisuutta niittoon ja niitossa käytettäviä lepojaksoja, jos tavoitteena on saada vähintään yhtä hyvä sato laiduntamalla.

Ensimmäisessä laidunkierroksessa kevyesti laidunnettu nurmi ehtii kasvattaa hyvän määrän rehua toiselle kierrokselle (S-käyrä) ja laidunkiertoa voi pidentää myös pidentämällä laidunjaksoa tai pienentämällä laidunlohkojen kokoa, eikä syöttöosuus välttämättä nouse juurikaan suuremman lähtömassan ansiosta.

Pikkuhiljaa pidentyvä lepojako sallii laidunrehuvaraston ylläpidon ja tasaisen tuotoksen. Mahdollisesti korsiintuva rehu tallautuu helpommin ja tallautuminen käynnistää uusien versojen kasvun ylläpitäen kasvuston tiheyttä ja rehumäärää. Erillisen korsiintuvan hätävaralohkon sijasta ylläpidetään jatkuvasti uusiutuvaa puskurivarastoa jokaisella laidunlohkolla ja tarpeen tullen sitä voi hyödyntää lisäämällä hyödynnettävää osuutta. Hyvinä vuosina puskuria kertyy tallauksen ja kasvaneen juuriston myötä maaperään ja tulevien kasvukausien kasvukunto paranee. Jatkuva paksu kasvipeite ja kate auttaa pidättämään kosteutta ja voi auttaa kuivien kausien yli tai vähentää kasvun hidastumista keskikesällä.

Lepojaksojen pidentämien syksyllä ilmojen viiletessä auttaa pidentämään laidunkautta ja antaa laitumille mahdollisuuden kerätä riittävät varastot talven varalle. Laidunnustauon antaminen laitumille onnistuu hyvin siirtymällä ”sänkipaimeneen” eli laiduntamaan viljojen alus- ja kerääjäkasveille. Viljan alla kasvaneet tai puinnin aikaan kylvetyt kasvit lähtevät syksyllä nopeaan kasvuun ja tarjoavat laadukasta rehua syyslaiduntamiseen ja nii-

den laidunnusta on mahdollista jatkaa jopa talvelakin. Märillä pelloilla laiduntamisessa täytyy olla varovainen ja huolehtia, että laidunalueet ovat täysin kasvipeiteisiä. Eläviä juuria täynnä oleva maa palautuu tiivistymisestä paremmin kuin paljas tai pelkkä kuollut sänki.

Talvella laiduntamista voi jatkaa kesällä kasvaan jätetyssä varastokasvustossa (*stockpiling*) tai paalilaitumella (*bale grazing*), kunhan maa on riittävän kuiva tai jäänyt ettei se tiivisty liikaa, eikä lumeen muodostu jäätyneitä kerroksia. Paalilaidunnuksessa laitumelle sirotellaan sopivin välein paaleja kesällä tai alkutalvesta. Kevyillä aidoilla aidataan sopiva määrä kerrallaan avattuja paaleja syötettäväksi. Yleensä ei käytetä paalihäkkeitä työn säästämiseksi, vaan maahan jäänyt rehu toimii katteena ja mikrobin ruokana. Paalilaidunnuksessa maaperää ruokitaan hieman enemmän kuin työllämmässä ruokintatavoissa ja se soveltuukin parhaiten yltäkyläisen rehusadon hyödyntämiseen tai ongelmakohtien korjaamiseen. Paalilaidunnuksessa ”haaskattu” rehu ruokkii maaperäeliöitä ja lisää maan pintakerrosten multavuutta.

Laidunlohko	Lohkot			Laidunnus pv		Laidunjaksot päivinä viikossa																																			
	Pinta-ala	Laatu	Pisteet	min	max	Touko			Kesä			Heinä			Elo			Syys			Loka																				
	ha	1-10	pist.ha	pv	pv	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45								
Heitukkamäki	4,91	9	44,19	8	16						6	1			7	7	2							4	7	5															
Pitkät Sarat	2,47	8	19,76	4	7												5	2								2	5														
Kuivuri A	0,69	6	4,14	1	2						0					1											2														
Kuivuri B	0,52	8	4,16	1	2						0					2												2													
Rantapelto	3	8	24	4	9							2	2				2	7										5	4												
Etukorpi	1,37	8	10,96	2	4								2						4										3	1											
Takakorpi	3,08	9	27,72	5	10								3	2					3	7										6	4										
Korven Metsä	7,2	1	7,2	1	3									1										3							3										
Navetta	1,99	6	11,94	2	4									0										4								4									
Haapanokka	1,90	10	19	3	7									3										7								3	4								
Mattila	0,92	8	7,36	1	3									1										3								3									
				0	0																																				
				0	0																																				
				0	0																																				
				0	0																																				
Pinta-ala yht.	28,05	Keskim	16,4		Yht.	0	0	0	0	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	0							
Lohkojen lukumäärä	11																																								
	min	max			Eläinyksiköt	33	33	33	33	33	38	38	38	38	39	39	39	39	39	42	42	42	42	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43								
Laidunlepo pv	30	60																																							
Laidunnuksen kesto pv	3	6																																							

Kuva 7. Laidunnussuunnitelma näyttää lohkojen kunnon, lepojaksoiden perusteella suunnitellut laidunjaksot ja suunnitellut eläinten siirrot. Suunnitelmassa on lyhyet laidunlevot nopean kasvun aikaan ja pidemmät lepojaksot hitaamman kasvun aikana. (Philipp Mayer, Mantereen tila)

Tilaesimerkki: Kokonaisvaltainen laidunnus Mantereen tilalla

Mantereen tilalla Lempäälässä Philipp ja Niina Mayer ovat järjestäneet laidunnuksen kokonaisvaltaisen tilanpidon mukaisesti (**holistic planned grazing**). Laidunnus pyrkii kehittämään maan kasvukuntoa ja huolehtimaan eläinten hyvinvoinnista.

Laidunnus on järjestetty siten, että laidunkasveilla on mahdollisuus riittävään laidunlepoon. Lepojaksoja on vähitellen pidennetty, vuonna 2020 käytössä oli 30 päivän lepojako alkukesästä ja 60 päivän lepojako loppukesästä. Pitkä lepojako tuottaa pitkälle kypsyyntä kasvustoa, mikä voi lisätä eläinten valikoivuutta, tätä taipumusta vähennetään laiduntamalla kaistalaidunnuksella, jossa eläimille annetaan päivittäin käyttöön uusi laidunkaista ja suljetaan edellinen laidunkaista pois eläinten saatavilta. Eläintiheys on 800–900 kg/ha laidunkauden ajan ja hetkellinen laidunpaine on 28 000–96 000 kg/ha lohkoista ja kasvukauden ajankohdasta riippuen. Laidunnus suunnitellaan ennen kasvukauden alkua laidunnuslomakkeelle, jonka avulla voidaan suunnitella siirrot (Kuva 7). Lomaketta käytetään myös uudelleensuunnitteluun, jos kasvukauden olosuhteet muuttuvat.

Vuonna 2020 käytössä oli 11 laidunlohkoa, mutta koska käytettiin kaistasyöttöä takalangalla, laidunlepo alkoi lohkoilla välittömästi laidunpäivän jälkeen ja lohkoja oli käytännössä 30–60 kpl laidunkierroon mukaan. Philipp Mayer korostaa sitä, että laidunnuksessa on tärkeää pitää vaihtelua. Laidunnusta ei aloiteta vuosittain samalta lohkolta, toisaalta laidunnusta ei aloiteta lohkolta, joka laidunnettiin syksyllä viimeiseksi. Kaistasyötössä laidunnus aloitetaan eri suunnista ja eri päästä lohkoa eri kerroilla.

Laidunnus aloitettiin ”Heitukkamäki” lohkolta toukuun lopussa, laidunjaksoit olivat lyhyitä, jotta laidunlepo

ei veny liian pitkäksi rehun laadun kannalta, ensimmäisellä kierrolla myös ohitettiin kolme lohkoa. Lohkokohtaiset laidunjaksoit olivat lyhyitä, joten päivittäin kaistasyöttöön annetut lohkot olivat suuria, ja ensimmäinen laidunnus kevyt (laidunpaine lohkoilla 28 000 kg/ha, laidunjakso 1 pv). Lepojaksoksi saatiin kuitenkin 26 päivää, mikä riitti nopeassa kasvussa nurmikasvien palautumiseen. Toisessa laidunnuksessa kuiva-ainetta oli runsaammin saatavilla ja toisaalta kasvu hidastui heinäkuun kuivuudessa. Tämän johdosta toisella laidunkierrolla pyrittiin 60 päivän lepojaksioon, joten laidunjaksoja pidennettiin ja kaistasyötössä annettiin pienempiä kaistoja (laidunpaine Heitukkamäki-lohkoilla 84 000 kg/ha).

Pitkillä lepojaksolla osa kasvustosta korsiintuu ja pääsee jopa siementämään. Tätä ei pidetä tilalla haitallisena. Eläimet tallaavat osan kasvustosta ”pellon panssariksi” (soil armor), mikä suojaa maan pintaa eroosiolta, pitää

maata viileänä ja tarjoaa ravintoa maaperäeläimille. Samalla siementäneet nurmikasvit tekevät täydennyskylvöä aukkopaikkoihin. Tavoitteena on antaa noin 15 % nurmikasveista siementää vuosittain, jolloin vältetään nurmen harveneminen. Eläinten ravitsemuksen laatu pysyy hyvänä, kun eläimiä ei pakoteta syömään koko kasvustoa. Tilalla pyritään poistamaan noin 50 % kasvustosta laidunnuksella.

Laitumet tuottavat keskimäärin 233 eläinpäivää rehua (170–375 pv vaihtelu). Jos oletetaan, että eläimet syövät 3 %

ruumiinpainostaan päivässä laiduntaessaan, Mantereen tilalla laidunnus poistaa pelloilta nurmirehua keskimäärin 4200 kg/ha (3000–6500 kg/ha lohkoittainen vaihtelu). Jos poistettu osa on vain puolet maanpäällisestä kasvustosta, maaperän hiilivarastoa kasvattamaan jää noin 4 tn/ha maanpäällistä kasvustoa ja tämän lisäksi nautojen lanta sekä kasvien hienojuuristo ja juurieritteet.



Kuva 8. Mantereen tilalla on käytössä nopeat kelat, punottu aitalanka ja laadukkaat tolpat.

Kuva: Pyry Saarinen.

Käytännön välineitä tilannetajuksen laidunnuksen tueksi

Taskukokoinen muistikirja on hyödyllinen väline laitumen tarkkailun ja siirtojen muistiinpanoille. Muistiinpanojen avulla on helpompi pitää lepojaksot riittävinä ja huomioida mahdollisia erityiskohteita tai rutiinimuutoksia. Sopiva mobiilisovellus voi ajaa saman asian, mutta käsin kirjoittaminen jättää yleensä vahvemman muistijäljen.

Laidunsuunnitelman voi laatia joko paperille tai soveltuvalla tietokoneohjelmalla esimerkiksi Excelillä. Valmiita pohjia ja taulukoita löytyy internetistä tai niitä voi kysyä neuvojilta tai muilta asiantuntijoilta. Laidunsuunnitelman laatimisessa kannattaa hyödyntää kokeneen asiantuntijan apua, vaikka olisi itse sellainen. Monimuotoisuus hyödyttää myös asiantuntijuudessa ja uudet näkökulmat voivat auttaa ymmärtämään omaa tilaa paremmin.

Juomaveden turvaaminen laitumelle on yksi tehokkaan laiduntamisen tärkeimmistä edellytyksistä. Veden siirtämiseen eläinten ulottuville ja sen tarjoiluun on kehitetty hyvin monenlaisia menetelmiä. Yksinkertaisimmillaan laitumella on luonnollinen vesipaikka, josta eläimet voivat juoda. Ranta-alueiden herkkyyden takia ei ole suositeltavaa sallia eläinten juoda suoraan luonnonvedestä pitkiä aikoja. Monesti on parempi nostaa vesi pois rantavyöhykkeeltä ja jos on välttämätöntä käyttää rantoja, niiden palautumisajoista on huolehdittava erityisen tarkasti (juoma-alueen siirto). Yleensäkin juoma-alueilla on korkeampi riski tallautua velliiksi. Jos juomapaikkaa ei voi vaihtaa laidunkierrosten välillä, voi kokeilla pysyvän juomapaikan sijoittamista pois varjosta ja karkean kiviaineksen käyttöä juomapaikan ympärillä. Eläimet eivät yleensä nauti karkealla kivellä seisoskelusta auringonpaisteessa.

Erilaisia kuljetuskalustoja ja juomakuppeja tai altaita on lukematon määrä. Osaa täytyy talvelta lämmittää, osa on tehty itsestään tyhjeneviksi ja maalämmön avulla sulana pysyviksi. Monet kiertolaiduntajat ovat päätyneet joko matalaan kaivettuun tai pinnassa aitalangan alla kulkeviin

putkistoihin, joissa on liittymäkohtia tasaisin välein siirrettävälle juoma-astialle tai vaikka kastelu-järjestelmälle. Ennen talvea putkisto tyhjenetään avaamalla ylin ja alin pää, jolloin hyvin suunnitellun putkiston pitäisi tyhjentyä painovoimaisesti. Putkisto säästää työtä veden kuljetuksesta kasvukaudella ja minimaalisella kaivamisella asennus on edullisempaa, korjaus yksinkertaista ja putkiston kulkua on helppo muuttaa. Juomapaikan yhteyteen on yleensä kätevää sijoittaa myös mahdolliset kivennäiset olipa kyseessä sitten kiinteä tai siirrettävä järjestelmä. Tärkeintä juomavesijärjestelmässä on toimivuus, yksinkertainen ja nopea käyttö. Täydellisen luotettavuuden turvaamiseksi on aina hyvä olla varasuunnitelma: jos vesi ei liiku karjan luokse, karjalla on myös jalat!



Kuva 9. Mantereen tilan isäntä Phillip Mayer on rakentanut vanhasta karrystä ja kylpyammeista siirrettävän vesipisteen. Kahdesta kuution säiliöstä riittää vettä koko laumalle 1-3 päiväksi lauman koosta ja keleistä riippuen. Lisäksi takaosassa on tarjolla tarvittavat kivennäiset. Huomaa vain yhden aitalangan käyttö väliaidassa. Kuva: Pyry Saarinen.

Siirrettävät aidat muun muassa tekevät laidunlohkoista joustavia, mahdollistavat koneiden tehokkaan käytön laitumilla ja helpottavat eläinten käsittelyä. Eläinten käsittely kevyillä aitarakenteilla vaatii sähköaitaan tottuneet eläimet ja herkkää karjasilmää. Kun eläimet ovat tottuneet sähköaitaan, reiluun ruokintaan ja säännöllisiin siirtoihin ne pysyvät yleensä yhden tai kahden langan laidunlohkoaitauksissa ongelmitta. Varmuuden vuoksi on suositeltavaa aidata tilan tai laidunalueiden rajat jyrkemmällä high tensile-aidalla. Reuna-aitaa voi myös käyttää sähkön johtamiseen laidunlohkolle. Kevyiden siirrettävien aitojen etuna on yleensä lisäksi edullisuus kiinteisiin väliaitoihin verrattuna, kun lisätään laidunlohkojen määrää voimakkaasti. 2–4 kelalla ja laidunlohkojen koon mukaan vaihtelevalla aitalangan ja tolppien määrällä saa käytännössä loputtoman määrän laidunlohkoja laitumelle. Esimerkiksi 10 ha kokoiselle neliön muotoiselle laitumelle tarvittava noin 400 m väliaitaa maksaa



Kuva 10. Tumblewheel-aitatolppa helpottaa aidan siirtoa etenkin suurilla ja tasaisilla lohkoilla.
Kuva: Pyry Saarinen.

suunnilleen 400 € sisältäen punotun aitalangan, nopean kelan ja hyvät tolpat 20 m välein (Gallagher, 2020). Vastaavan alueen aitaaminen kiinteisiin 1 ha kokoisiin lohkoihin vaatisi 900 m aitaa ja maksaisi noin 10 % enemmän vaikka 3 kela neljästä vaihdettaisiin edullisempiin veräjiin. Siirrettävät aidat voi kuitenkin siirtää helposti toiselle laidunalueelle eläinten mukana, jolloin samalla investoinnilla voidaan kattaa koko tilan laidunlohkot toisin kuin kiinteillä aidoilla.

Punottu aitalanka kestää tavallista lankaa paremmin käyttöä, eikä mene niin helposti kierteelle. Hieman kalliimpi hinta tulee takaisin pidemmässä käyttöiässä ja helpomman käytön säästämässä työtunneissa. Nopean kelan ratasvälitys ja muut lisäominaisuudet nopeuttavat aidan kelaamista huomattavasti ja säästävät aikaa ja hermoja verrattuna pelkistetyimpiin malleihin. Hyvä tolppa on helppo ja nopea iskeä maahan tukevasti, langan irrotus ja kiinnitys on nopeaa, mutta lanka pysyy paikoillaan käytössä.

Suosittu tumblewheel-tolppatyyppe (Kuva 10) voi nopeuttaa eläinten siirtoja pitkillä ja kapeilla laitumilla kaistalaidunnuksessa huomattavasti. Se ei kuitenkaan välttämättä ole yhtä nopea ja joustava kuin kelaaminen tavallisten tolppien kanssa, jos laidunalueita täytyy vaihtaa, laitumen keskellä on kiinteitä esteitä tai laidunalueen leveys vaihtelee. Tumblewheel tolpat pyörivät eteenpäin kuuden jalkansa varassa vedettäessä kelalla lankaa eteenpäin. Tolpan maahan koskemattomat jalat sähköistyvät erityisen rakenteensa ansiosta eivätkä eläimet voi siirrellä aitaa itsekseen. Tumblewheel-tolpat ovat yleensä melko kalliita noin 80 euron kappalehinnallaan. Esimerkiksi sadan metrin levyisellä laitumella hintaero vastaavaan tavalliseen tolppasysteemiin on noin 425 % ja työsäästö tehokkaassa siirrossa n. 5–10 minuuttia. Tästä laskettuna työsäästö maksaa itsensä takaisin 128–256 siirron jälkeen, jos tuntikustannukseksi lasketaan 30 euroa. Laadukkaat välineet voivat kestää yli kymmenen vuotta ja säästää työkustannuksia huomattavasti sopivilla laitumilla. Rutinoitunut aidansiirtäjä tarkkailee samanaikaisesti karjaa. Täten pidempi siirtoon käytetty aika voi olla hyödyllistäkin, eikä kokonaisuutta ole hyvä unohtaa tässäkin.

Laidunkeppi (Kuvat 11 ja 12) auttaa laidunlohkon koon ja laidunjakson pituuden arvioimisessa. Laidunkepin avulla arvioidaan laitumen kuiva-ainesato ja eläinten kuiva-aine tarve sopivalle laidunjaksolle. Kuiva-ainesadon ja tarpeen mukaan voidaan laskea laidunjaksolle tarvittava pinta-ala tai toisaalta pinta-alalle riittävä laidunjakso. Näin saadaan optimoitua aitojen sijainnit ja porttien avaukset muutaman tunnin tarkkuudella. Pohjois-Amerikassa paikalliset tutkimuslaitokset tuottavat ja jakavat paikallisiin keskiarvosatoihin perustuvia muovisia laidunkeppejä viljelijöille. Laidunkeppi on kuitenkin yksinkertaista tehdä itse jostain tilalta löytyvästä neliskulmaisesta n. 3 cm halkaisijaltaan olevasta kepestä (Kuva 11). Keppi silotellaan puukolla tai höylällä ja maalataan haluttaessa vaalealla värillä.



Kuva 11. Laidunkepin yhteen kylkeen tehdään mitta-asteikko ja toiseen merkitään täplät tiheyden arvioimiseksi. Kuvat: Pyy Saارينen.



Kuva 12. Laidunkeppi käytössä: pituuden ja tiheyden määrittäminen. Kuvat: Pyy Saارينen.

Keppiin tehdään yhdelle pitkälle sivulle viivoja 1 cm välein laitumen keskipituuden mittaamista varten. Kepin toinen sivu jaetaan kahdella pitkittäisellä ohuella 27 cm pitkällä viivalla kolmeen osaan ja tehdään 27 poikittaisella 1 cm välein olevalla viivalla apuruudukko ja siihen sijoitetaan erottuvalla värillä noin 3 mm halkaisijaltaan olevia pisteitä kuvan mukaisesti. Näitä pisteitä käytetään laitumen tiheyden arviointiin. Kepin keskivaiheen tyhjille sivuille kirjoitetaan, maalataan tai poltetaan polttokynällä taulukko ja laskukaavat ka-sadon, laidunalan, laidunjakson pituuden ja eläinten kuiva-ainetarpeen arvioimiseen.

Laidunlohkon keskipituus ja tiheys mitataan 8–20 kohdasta siten, että lohkon erilaiset kasvustot tulevat osuutensa mukaan tasapuolisesti huomioitua. Lohkon osat, joilla ei ole ruokinnallista arvoa voidaan jättää pois mittauksesta, jos myös niiden pinta-ala suljetaan ulos myöhemmissä laskuissa.

Pituus mitataan laskemalla käsi kasvustoon, kunnes valtaosa kasvien lehdistä koskee käteen. Kukkuvia korsiä ei mitata. Tiheys mitataan työntämällä keppi maanpinnan tasosta kasvuston sisään pistepuoli ylöspäin ja katsomalla sitä kasvuston päältä. Päätä paikoillaan pitäen lasketaan näkyvät pisteet.

Taskulaskin tai puhelin on hyödyllinen apuväline laskettaessa laskuja laitumella. Kaavat:

Kuiva-aine sato kg ka/ha

(mitattu keskiarvopituus laidunlohkolla cm – jätettävä vähimmäispituus cm) x taulukosta saatu kg ka/ha/cm

Laiduntavien eläinten päivittäinen kuiva-aineen tarve kg ka/vrk

laiduneläinten määrä x keskimääräinen paino kg x 0,03 (3 % yleisenä nyrkkisääntönä sisältää varmuusvaraa)

Laidunalan tarve ha

$1/24 \times$ laidunjakson pituus tunteina x eläinten kg ka/vrk-tarve / Kuiva-ainesato / tavoiteltu syöttöosuus (esim. 0,3-0,7)

Laidunjakson pituus vrk (h)

laidunlohkon pinta-ala ha x tavoiteltu syöttöosuus x kuiva-ainesato / eläinten kg ka/vrk-tarve (x 24)

Taulukoita ei ole vielä Suomen olosuhteisiin tehty, mutta suuntaa antavia lukuja voi saada omalle tilalle jo muutaman kasvustonäytteen kuivattamalla ja punnitsemalla. Nopein kasvustonäytteen kuivatustapa on laittaa näyte mikroaaltouuniin ensin kahdeksi minuutiksi, sekoittaa, punnita ja jatkaa syklillä 1 min, 30 s, 30 s, jne. kunnes paino ei enää vähene. **Tämä vaatii jatkuvaa valvomista, ettei näyte syty palamaan mikrossa ja suositellaan tehtäväksi vain paloturvallisessa tilassa.** Isomman

määrän näytteitä saa kuivattua turvallisemmin leivinuunissa 104–140°C asteessa yön yli. Näytteen mahdollisimman nopea kuivaaminen auttaa säilyttämään näytteen lyhytkestuiset hiilihydraatit, jotka voivat ilmakuivauksessa hajota hiilidioksidiksi. Pelkässä kylmäilmakuivauksessa näytteeseen jää hieman vettä, joten kuiva-aine tulos ei olisi siksi-kään tarkka. Tarkempien taulukoiden tuottamiseen olisi hyvä tehdä laajempi tutkimus.

Taulukko 2. Laidunkepin taulukko näyttää kuiva-ainesadon pituutta kohden (kg/ha/cm, lukuarvot Yhdysvaltojen NRCS laidunkepeistä)

Kasviseos	Täpliä näkyvissä				
	0	1	2	3	>4
koiranheinä + luonnonkasvit	154	110	88	66	44
koiranheinä + valko/puna-apila	154	132	110	88	66
niittynurmikka + luonnonkasvit	176	154	88	66	44
niittynurmikka + valko/puna-apila	176	154	110	88	66
englanninraiheinä + luonnonkasvit	176	154	88	66	44

Kaksi tapaa kalibroida laidunkeppi

1. Leikkaa näytteitä

Kasvustonäytteiden ala 25x20 cm (1:20 osa neliömetristä) ja näytteen leikkuukorkeus 10 cm (tavoitella laidunnuksen lopussa). Ennen leikkuuta mitataan alan tiheys ja korkeus laidunkepeillä.

Taulukkoon tuleva kg ka/ha/cm

kuivan näytteen paino grammoina $\times 200$ / (näytekasvuston kokonaiskorkeus cm – 10 cm)

Samalta nurmiseokselta otetaan kasvustonäytteitä 3–10 kpl tiheyksiltä 0–5 täplää. Saman tiheysluokan tuloksista koostetaan keskiarvot taulukkoon luokille 0, 1, 2, 3 ja 4<. Jos tulokset tiheysluokassa eroavat suuresti toisistaan, on syytä tarkastella omien mittaustapojen tarkkuutta tai mahdollisia kasvilajien masasuhteiden vaihteluita näytepisteiden välillä.

2. Anna eläinten määrittää sato

Kirjaa ylös kasvuston tiheys ja korkeus ennen laidunnusta (n. 10 pistettä). Anna eläinten laiduntaa, kunnes laidun näyttää sopivalta. Mittaa uudelleen kasvuston korkeus.

Laske, montako eläinpäivää kukin senttimetri laidunta tuotti.

(Eläinten määrä \times laiduntunnit / 24 h / (laitumen pituus alussa – laitumen pituus lopussa))

Lopuksi

Laidunnus on hyvä työkalu ja sitä pitää osata käyttää. Hiilensidonnan ja nurmikasvien kannalta riittävän pitkä lepojako on usein pidempi ja laidunjakso lyhyempi, kuin mihin on laidunnuksessa yleensä totuttu. Kannattaa miettiä mitkä ovat oman laidunnuksen tavoitteet, ja missä määrin laidunnusta voi siirtää hiiltä sitovampaan suuntaan. Laidun suunnitelman teko ja eri lohkojen erityispiirteiden tunnistaminen auttaa tavoitteiden saavuttamisessa, mitkä ne sitten ovatkaan.

Sinulla on voinut tulla lukiessasi mieleen, että tilannetajuinen laidunnus on liian monimutkaista ja työlästä.

Kannustamme sinua kokeilemaan rohkeasti aluksi yksinkertaisesti, pienellä alalla, laumalla, ajalla ja vaivalla. Tällainen koe ei vielä anna parhaita tuloksia, mutta voi innostaa kokeilemaan lisää. Jos kokeilusi ei anna positiivisia tuloksia, voit palata tähän oppaaseen ja pohtia, oliko kokeilussa puutteita vai huomasitko jotain täysin uutta? Oma ja eläinten oppiminen on innostavaa ja laidunnus muuttuu pikkuhiljaa helpommaksi ja hauskeemmaksi. Työn painopiste voi siirtyä enemmän luonnon ja eläinten tarkkailuun, kokeiluihin ja uuden oppimiseen.

Tässä oppaassa on käyty välillä hyvinkin yksityiskohtaisesti läpi monenlaisia muuttujia ja vaihtoehtoja. Toisaalla olemme joutuneet tyytymään suppeampaan katsaukseen. Laidunnus on laaja ja vaikeasti yksinkertaistettava kokonaisuus, eikä tiede pysty tavoittamaan täydellisesti sen monimutkaisia vaikutusverkostoja. Tieto ja osaaminen laidunnuksen ympärillä muuttuu jatkuvasti, ja meidän on yritettävä löytää parhaiten toimivat käytännöt uudesta tai vanhasta. Olemme iloisia, kun opit lukiessasi jotain uutta ja inspiroiduit oppimaan ja kokeilemaan uusia lähestymistapoja laidunnuksen ihmeellisessä maailmassa. Iloisia laidunhetkiä sinulle ja eläimillesi!

Viitteet

- 1 UN Food and Agricultural Organization, "FAOSTAT".
- 2 Montanarella et al., Status of the World's Soil Resources.
- 3 Raunio, Schulman, ja Kontula, Suomen luontotyypin uhanalaisuus – Osa 2.
- 4 "Elinympäristöt › Maatalousympäristöt › MA8 Luonnonarvoiltaan rikas (HNV) maatalousmaa | Luonnontila.fi".
- 5 Montanarella et al., Status of the World's Soil Resources.
- 6 Ferraro ja Oesterheld, "Effect of Defoliation on Grass Growth. A Quantitative Review".
- 7 Montanarella et al., Status of the World's Soil Resources.
- 8 Younie, Grassland Management for Organic Farmers.
- 9 Teague ym., "Grazing Management Impacts on Vegetation, Soil Biota and Soil Chemical, Physical and Hydrological Properties in Tall Grass Prairie".
- 10 Paustian ym., "Soil C Sequestration as a Biological Negative Emission Strategy".
- 11 Conant ym., "Grassland Management Impacts on Soil Carbon Stocks".
- 12 Paustian ym., "Soil C Sequestration as a Biological Negative Emission Strategy".
- 13 Flack, The Art and Science of Grazing.
- 14 Järvenranta, Puurunen, ja Teräväinen, Laiduntaminen kannattaa.
- 15 Conant ym., "Grassland Management Impacts on Soil Carbon Stocks"; Byrnes ym., "A Global Meta-Analysis of Grazing Impacts on Soil Health Indicators".
- 16 Byrnes ym., "A Global Meta-Analysis of Grazing Impacts on Soil Health Indicators".
- 17 Machmuller ym., "Emerging land use practices rapidly increase soil organic matter".
- 18 Dohower ym., "Soil Greenhouse Gas Emissions as Impacted by Soil Moisture and Temperature under Continuous and Holistic Planned Grazing in Native Tallgrass Prairie".
- 19 Teague ym., "Grazing Management Impacts on Vegetation, Soil Biota and Soil Chemical, Physical and Hydrological Properties in Tall Grass Prairie".
- 20 Stanley ym., "Impacts of Soil Carbon Sequestration on Life Cycle Greenhouse Gas Emissions in Midwestern USA Beef Finishing Systems".
- 21 Machmuller ym., "Emerging land use practices rapidly increase soil organic matter".
- 22 Gourlez de la Motte ym., "Rotational and Continuous Grazing Does Not Affect the Total Net Ecosystem Exchange of a Pasture Grazed by Cattle but Modifies CO₂ Exchange Dynamics".
- 23 Dohower ym., "Soil Greenhouse Gas Emissions as Impacted by Soil Moisture and Temperature under Continuous and Holistic Planned Grazing in Native Tallgrass Prairie".
- 24 Schmidt ym., "Persistence of Soil Organic Matter as an Ecosystem Property".
- 25 Woolf ja Lehmann, "Microbial Models with Minimal Mineral Protection Can Explain Long-Term Soil Organic Carbon Persistence".
- 26 Sokol ja Bradford, "Microbial Formation of Stable Soil Carbon Is More Efficient from Belowground than Aboveground Input".
- 27 Kallenbach ym., "Managing Agroecosystems for Soil Microbial Carbon Use Efficiency".
- 28 Woolf ja Lehmann, "Microbial Models with Minimal Mineral Protection Can Explain Long-Term Soil Organic Carbon Persistence".
- 29 Cotrufo ym., "Soil Carbon Storage Informed by Particulate and Mineral-Associated Organic Matter".
- 30 Ferraro ja Oesterheld, "Effect of Defoliation on Grass Growth. A Quantitative Review".
- 31 Birch, "A New Generalized Logistic Sigmoid Growth Equation Compared with the Richards Growth Equation".
- 32 Birch.
- 33 Pakarinen, Virkajärvi, ja Hyrkäs, "Timotein ja ruokonadan ensimmäisen sadon versojen kehitysaste ennustaa versojen jälkikasvua toisessa sadossa".
- 34 Mino, Shimada, ja Yamamoto, "Effect of Cutting Height on the Carbohydrate Metabolism in the Haplocorm of Timothy (Phleum pratense L.)".
- 35 Crider, Root-Growth Stoppage Resulting from Defoliation of Grass.
- 36 Ferraro ja Oesterheld, "Effect of Defoliation on Grass Growth. A Quantitative Review".
- 37 Crider, Root-Growth Stoppage Resulting from Defoliation of Grass.
- 38 Ferraro ja Oesterheld, "Effect of Defoliation on Grass Growth. A Quantitative Review".
- 39 Manske, "Biology of defoliation by grazing."
- 40 Ferraro ja Oesterheld, "Effect of Defoliation on Grass Growth. A Quantitative Review".
- 41 Tuohy ym., "The Effects of Treading by Two Breeds of Dairy Cow with Different Live Weights on Soil Physical Properties, Poaching Damage and Herbage Production on a Poorly Drained Clay-Loam Soil".
- 42 Nie ym., "Influence of Pastoral Fallow on Plant Root Growth and Soil Physical and Chemical Characteristics in a Hill Pasture".

Kirjallisuutta

Birch, C.P.D., 1999.

A New Generalized Logistic Sigmoid Growth Equation Compared with the Richards Growth Equation. *Annals of Botany* 83, 713–723.
<https://doi.org/10.1006/anbo.1999.0877>

Byrnes, R.C., Eastburn, D.J., Tate, K.W., Roche, L.M., 2018.

A Global Meta-Analysis of Grazing Impacts on Soil Health Indicators. *Journal of Environmental Quality* 47, 758–765.
<https://doi.org/10.2134/jeq2017.08.0313>

Conant, R.T., Cerri, C.E.P., Osborne, B.B., Paustian, K., 2017.

Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis. *Ecological Applications* 27, 662–668.
<https://doi.org/10.1002/eap.1473>

Cotrufo, M.F., Ranalli, M.G., Haddix, M.L., Six, J., Lugato, E., 2019.

Soil carbon storage informed by particulate and mineral-associated organic matter. *Nat. Geosci.* 12, 989–994.
<https://doi.org/10.1038/s41561-019-0484-6>

Crider, F.J., 1955.

Root-growth Stoppage Resulting from Defoliation of Grass. U.S. Department of Agriculture.

Dowhower, S.L., Teague, W.R., Casey, K.D., Daniel, R., 2020.

Soil greenhouse gas emissions as impacted by soil moisture and temperature under continuous and holistic planned grazing in native tallgrass prairie. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 287, 106647.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106647>

Luonnontila.fi, 2020.

<https://www.luonnontila.fi/fi/elinymparistot/maatalousymparistot/ma8-hnv-maatalousmaa> (ladattu 17.8.20).

Ferraro, D.O., Oesterheld, M., 2002.

Effect of defoliation on grass growth. A quantitative review. *Oikos* 98, 125–133.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.980113.x>

Flack, S., 2016.

The Art and Science of Grazing: How Grass Farmers Can Create Sustainable Systems for Healthy Animals and Farm Ecosystems. Chelsea Green Publishing, White River Junction, Vermont. 240 s.

Gourlez de la Motte, L., Mamadou, O., Beckers, Y., Bodson, B., Heinesch, B., Aubinet, M., 2018.

Rotational and continuous grazing does not affect the total net ecosystem exchange of a pasture grazed by cattle but modifies CO₂ exchange dynamics. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 253, 157–165.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.011>

Järvenranta, K., Puurunen, T., Teräväinen, H., 2002.

Laiduntaminen kannattaa.

Maaseutukeskusten liitto, Helsinki.

Kallenbach, C.M., Wallenstein, M.D., Schipanski, M.E., Grandy, A.S., 2019.

Managing Agroecosystems for Soil Microbial Carbon Use Efficiency: Ecological Unknowns, Potential Outcomes, and a Path Forward. *Front. Microbiol.* 10.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01146>

Machmuller, M.B., Kramer, M.G., Cyle, T.K., Hill, N., Hancock, D., Thompson, A., 2015.

Emerging land use practices rapidly increase soil organic matter. *Nature Communications* 6, 6995.
<https://doi.org/10.1038/ncomms7995>

Manske, L., 2011.

Biology of defoliation by grazing. (No. 11–1067), Range Management Report.

NDSU Dickinson Research Extension Center, Dickinson, North Dakota.

Mino, Y., Shimada, A., Yamamoto, S., 1978.

Effect of Cutting Height on the Carbohydrate Metabolism in the Haplocorm of Timothy (*Phleum pratense* L.). *Japanese Journal of Grassland Science* 24, 34–39.
<https://doi.org/10.14941/grass.24.34>

Montanarella, L. (toim.), 2015.

Status of the World's Soil Resources: Main Report.

FAO, Rome, Italy.

Nie, Z.N., Mackay, A.D., Valentine, I., Barker, D.J., Hodgson, J., 1997.

Influence of pastoral fallow on plant root growth and soil physical and chemical characteristics in a hill pasture. *Plant and Soil* 197, 201–208. <https://doi.org/10.1023/A:1004249613045>

Pakarinen, K., Virkajärvi, P., Hyrkäs, M., 2012.

Timotein ja ruokonadan ensimmäisen sadon kehitysaste ennustaa versojen jälkikasvua toisessa sadossa.

Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote 1–5.

<https://doi.org/10.33354/smst.75570>

Paustian, K., Larson, E., Kent, J., Marx, E., Swan, A., 2019.

Soil C Sequestration as a Biological Negative Emission Strategy. *Front. Clim.* 1.

<https://doi.org/10.3389/fclim.2019.00008>

Raunio, A., Schulman, A., Kontula, T., 2008.

Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa 2: Luontotyyppien kuvaukset.

Suomen ympäristökeskus.

Schmidt, M.W.I., Torn, M.S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I.A., Kleber, M., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D.A.C., Nannipieri, P., Rasse, D.P., Weiner, S., Trumbore, S.E., 2011.

Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478, 49–56.

<https://doi.org/10.1038/nature10386>

Sokol, N.W., Bradford, M.A., 2019.

Microbial formation of stable soil carbon is more efficient from belowground than aboveground input. *Nature Geoscience* 12, 46–53.

<https://doi.org/10.1038/s41561-018-0258-6>

Stanley, P.L., Rowntree, J.E., Beede, D.K., DeLonge, M.S., Hamm, M.W., 2018.

Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems.

Agricultural Systems 162, 249–258.

<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.02.003>

Teague, W.R., Dowhower, S.L., Baker, S.A., Haile, N., DeLaune, P.B., Conover, D.M., 2011.

Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie.

Agriculture, Ecosystems & Environment 141, 310–322.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.009>

Tuohy, P., Fenton, O., Holden, N.M., Humphreys, J., 2015.

The effects of treading by two breeds of dairy cow with different live weights on soil physical properties,

poaching damage and herbage production on a poorly drained clay-loam soil. *The Journal of Agricultural Science* 153, 1424.

<https://doi.org/10.1017/S0021859614001099>

UN Food and Agricultural Organization, 2020. FAOSTAT

<http://www.fao.org/faostat/en/#home> (ladattu 17.8.20).

Woolf, D., Lehmann, J., 2019.

Microbial models with minimal mineral protection can explain long-term soil organic carbon persistence. *Scientific Reports* 9, 6522.

<https://doi.org/10.1038/s41598-019-43026-8>

Younie, D., 2012.

Grassland Management for Organic Farmers.

Crowood Press, Ramsbury. 208 s.



Laidunnusopas
Hiiltä maksimaalisesti sitova laidunnus
– löydä lohkojesi hiilensidontapotentiaali
Tuomas Mattila ja Pyy Saارين

1.painos
joulukuu 2020

Lisätietoja
carbonaction.fi
bsag.fi

