

KASTELU PELTOVILJELYSSÄ

LUOKO ry



Julkaisija

Luonnonhoidon koulutusyhdistys LUOKO ry
Simonkatu 12 A 11,
00100 Helsinki
puh: 0400 882 136

Julkaisu on saatavilla sähköisenä osoitteesta:
www.salaojayhdistys.fi -> Julkaisut

Etukannen kuva

Sakari Alasuutari, Vastavalo.net

Taitto

CheckPoint Production Oy

Paino

Grano Oy, Helsinki, 2023

ISBN: 978-952-5345-52-0

Sisällysluettelo

Esipuhe	5
1. Johdanto	7
2. Kastelun tarpeeseen vaikuttavat vesitaloudelliset tekijät	9
2.1 Sadannan vajoaus ja sen vaikutus kasvien kasvuun	9
2.2 Maan vedenpidätys ja veden liikkeet	12
2.3 Pohjavedenpinnan korkeus	15
2.4 Maan poudanarkuus	15
2.5 Maaston muotojen vaikutus vesitalouteen	16
3. Kasteluveden määrä ja kastelun ajoitus	17
3.1 Maaperän kosteuden mitta	18
3.2 Vesitasemenetelmä	20
3.3 Juuriston vaikutus tarvittaviin kastelumääriin	22
3.4 Viljelykasvin vaikutus kastelumääriin	23
4. Kasteluveden laatu	25
4.1 Vesilähteenä makea vesi	25
4.2 Merivesi	25
4.3 Kierrätetty vesi	26
4.4 Tuottajalla vastuu veden laadusta	27
5. Kasteluveden hankinta	28
5.1 Veden hankinnan suunnittelu	28
5.2 Vesien varastointi	28
5.3 Veden hankintaan liittyvä lainsäädäntö	32
6. Kastelumenetelmät	35
6.1 Sadetuskastelu	35
6.2 Tihkukastelu	37
6.3 Tippukastelu	38
6.4 Sadetus-, tihku- ja tippukastelujärjestelmien kokoonpanot	38
6.5 Altakastelu	39
7. Kastelujärjestelmän suunnittelu	42
7.1 Kastelumenetelmän valinta ja mitoitus	42
7.2 Pumpun valinta	46
8. Kastelu investointina	48
8.1 Investointi-, käyttö- ja ylläpitokustannukset	48
8.2 Investoinnin kannattavuuden arviointi	50
9. Kastelun vaikutukset yhteiskunnan näkökulmasta	52
9.1 Huoltovarmuus	52
9.2 Resurssitehokkuus	52
9.3 Vesistövaikutukset	53
9.4 Kasvihuonekaasupäästöt	53
9.5 Luonnon monimuotoisuus	54
Lopuksi	55
Lähteet	56

Esipuhe

Suomessa maatalousmailla kastellaan nykyisin pääosin vain korkean tuoton erikoiskasveja. Lähivuosina kastelun tarve tulee todennäköisesti lisääntymään ilmastonmuutoksen aiheuttamien kuivuusjaksojen myötä ja kastelun kannattavuus paranemaan myös muiden kuin erikoiskasvien osalta. Huoltovarmuus, kotimaisen ruoantuotannon riittävyys ja vuositaitesten satovaihteluiden tasaaminen ovat asioita, joita voidaan varmistaa kastelun avulla.

Tähän oppaaseen on koottu tietoa kastelusta viljelijän päätöksenteon tueksi. Julkaisu sisältää tietoa kastelun tarpeesta, kasteluveden hankinnasta, kastelumenetelmistä, kannattavuudesta ja ympäristönäkökulmista. Tarkastelun kohteena ovat nurmet, viljat, peruna, öljykasvit ja palkokasvit.

Julkaisusta voivat hyötyä viljelijöiden lisäksi myös muut tahot, kuten neuvonta ja viiranomaiset.

Julkaisu on toteutettu Luonnonhoidon koulutusyhdistyksen ja Salaojayhdistyksen

yhteistyönä. Rahoittajina ovat Salaojituksen Tukisäätiö sr, MTK ry ja Salaojayhdistys ry. Julkaisun toimituskuntaan kuuluivat MMT, dosentti, johtava asiantuntija Liisa Pietola (Sitra), professori Tarmo Luoma (LUOKO ry), MMT, DI, toiminnanjohtaja Seija Virtanen (Salaojituksen Tukisäätiö sr.), DI, toiminnanjohtaja (vuoden 2022 loppuun) Helena Äijö (Salaojayhdistys ry), DI, toiminnanjohtaja (2023 alkaen) Olle Häggblom (Salaojayhdistys ry), professori Laura Alakukku (HY), MMT, KM, johtaja Susanna Kumpulainen (MTK). Julkaisun teksti perustuu osittain Salaojayhdistyksen julkaisemaan Maan vesi- ja ravinnetalous -kirjaan. Kirjoitustyön on laatinut MMM Jenna Bergholm.

Julkaisuun on saatu kommentteja usealta alan asiantuntijalta. Suuret kiitokset kaikille työn edistymistä avustaneille.

Helsingissä 23.5.2023, toimituskunta

1. Johdanto

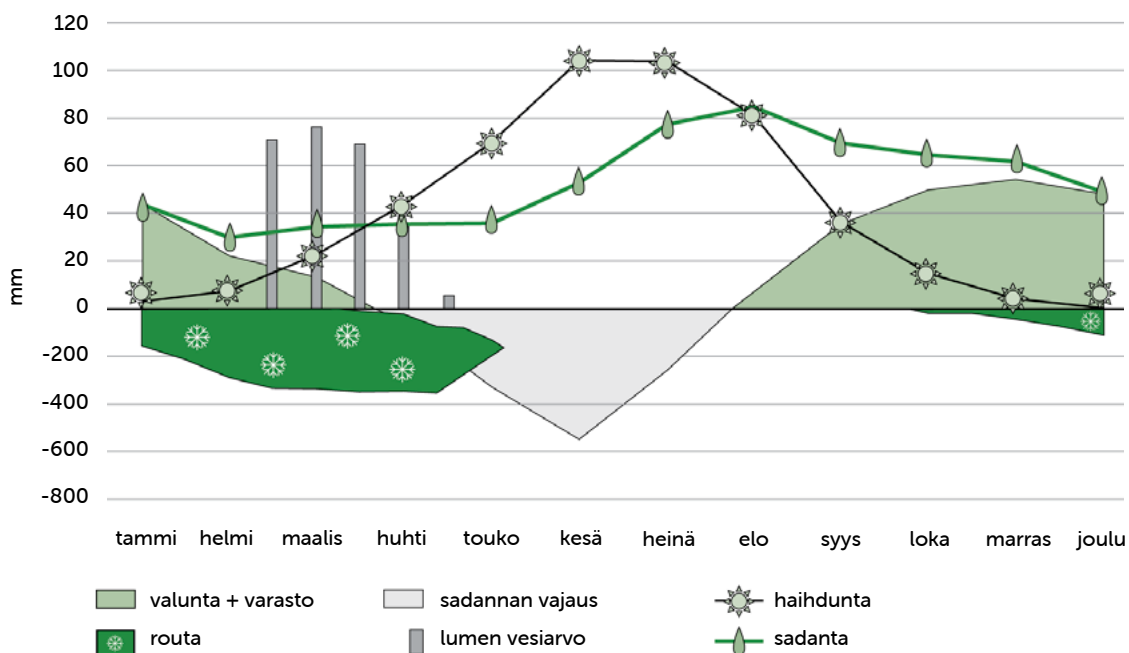
Suomessa sataa vuosittain enemmän kuin vettä haihtuu eli ilmastomme on humidi. Tämän vuoksi kuivatus on ollut meillä tärkein maan vesitaloutta säätelevä toimi maataloudessa. Kuivatuksen ensisijainen tehtävä on kuljettaa liiallinen vesi pois pelloilta. Näin maahan saadaan ilmatila, jotta juuret ja pieneliöstö saavat riittävästi happea maan terveyden ja kasvun edistämiseen. Kuivatus lämmittää maan ja luo hyvät olosuhteet juurten kasville, jolloin myös kasvien kuivuuden sietokyky paranee.

Kuivatuksella aikaansaadaan myös maatalouskoneiden edellyttämä kantavuus. Koska sadanta vaihtelee ajallisesti sekä vuoden sisällä että vuosien välillä, esiintyy meillä myös kuivia jaksoja. Touko-elokuussa Suomessa on

keskimäärin sadannan vajausta (eli haihdunta on sadantaa suurempi) 50–200 mm, kuivina vuosina alueellisesti jopa tätä enemmän. Vajauksen määrää tärkeämpää on kuivuuden ajoittuminen kasvin kasvun suhteen. Esimerkiksi viljojen satokomponentit määräytyvät 2–3-lehtivaiheessa. Kuivuus tai muu stressi tässä kasvuvaiheessa rajoittaa sadon määrää.

Suomessa kastellaan nykyisin pääosin erikoiskasveja. Lähivuosina kastelun tarve tulee todennäköisesti lisääntymään ja sen kannattavuus paranemaan myös muiden kuin erikoiskasvien osalta. Ilmastonmuutoksen myötä sään ääri-ilmiöiden on ennustettu kasvavan, lisäten myös kastelun tarvetta.

Kastelua käytetään Suomessa myös hallan- torjuntaan erikoiskasveilla, kuten varhaispe-



Kuva 1.1. Suomessa haihdunta on yleisesti sadantaa suurempaa touko-, kesä- ja heinäkuussa. Muina kuukausina sadanta on yleensä haihduntaa suurempi, kasvukauden alussa ja lopussa lähes samansuuruisia. Sadannan ja sulannan suuren osuuden vuoksi kuivatus on usein edellytys viljelytoimille lyhyessä kasvukaudessamme. Kuitenkin kasvukauden aikaan esiintyy sadannan vajausta, jolloin kastelulle voi olla suurikin tarve. (Kuva: Paasonen-Kivekäs ym. 2016¹)

runalla ja marjoilla. Kastelu toteutetaan yleisimmin sadetuskasteluna. Myös tippu-, tihku- ja altakastelua on käytetty 1990-luvulta lähtien. Kastelun toteutusta ja kastelutarpeen arviointia edistävä teknologia, kuten aurinkokennot, akut, maan kosteuden ja pohjavedenpinnan korkeuden mittaustekniikka sekä säähavainnointi, ovat kehittyneet ja kustannukset alentuneet paljon viimeisten vuosien aikana ja tämä trendi todennäköisesti jatkuu. Tekniikan tehokas hyödyntäminen edellyttää mittaustiedon yhdistämistä ja analysointia päätöksenteon tueksi.

Kastelun kannattavuus on arvioitava tapauskohtaisesti. Siihen vaikuttavat muun muassa viljeltävä kasvi, sadosta saatava hinta, tuotantopanokset, pellon poudanarkuus, sääolosuhteet, kastelun järjestämisen helppous, kasteluveden saatavuus, kastelun investointi- ja käyttökulut sekä mahdolliset tuet. Kastelun järjestämisen yhteydessä on huomioitava lainsäädännön asettamat reunaehdot.

Kastelun avulla kasvien ravinteiden ottoa voidaan tehostaa, mikä kasvattaa sadon määrää ja laatua sekä vähentää ravinnehuuhtoutumien riskiä. Pohjaveden pintaa nostamalla voidaan happamilla sulfaattimailla pienentää happamuuden syntyä ja metallien liukenemista sekä niiden huuhtoutumista vesistöihin. Turvemailla pohjaveden pinnan nostolla voidaan vähentää turpeen hajoamista ja sen seurauksena syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä.

Kasvi ottaa ravinteet veden mukana, joten kastelulla ja maan riittävän kosteuden ylläpidolla voidaan vaikuttaa sadonmuodostukseen. Kun kasvit saavat hyödynnettyä tehokkaasti maassa olevat ja sinne mikrobitoiminnan myötä vapautuneet helposti huuhtoutuvat ravinneionit, myös ravinteita huuhtoutuu vähemmän. Maaperään jää näin ollen vähemmän ravinteita, joiden huuhtoutumisriski on korkea erityisesti sadonkorjuun jälkeen ja leutoina talvikausina.

2. Kastelun tarpeeseen vaikuttavat vesitaloudelliset tekijät

Kastelun tarve riippuu sääolosuhteista, etenkin sadannan vajauksesta, viljeltävästä kasvista ja sen kasvuvaiheesta, maalajista, maan vedenpidätyskyvystä ja -johtavuudesta sekä alueen pohjaveden korkeuteen vaikuttavista muista tekijöistä, kuten ympäröivän maaston muodoista.

Kastelusta saatava hyöty riippuu toteutustavasta ja ajankohdasta, jotka tuleekin sopeuttaa kasvin tarpeen mukaan, maaperän ominaisuudet ja säätila huomioon ottaen. Vallitsevan sään sekä sadanta- ja haihdunta-

olosuhteiden lisäksi erityisesti eri maalajien vedenpidätyskyky sekä vedenjohtavuus vaikuttavat maan kosteustilaan. Esimerkiksi, jos vaikka savimaa sisältäisi 30–40 % vettä tilavuudestaan, kasvi ei pystyisi ottamaan vettä riittävän nopeasti maan pienistä huokosista tyydyttääkseen veden tarpeensa, koska maan kosteus olisi käytännössä lakastumisrajalla. Lisäksi juuriston syvyys sekä eri kasvien vedentarve eri kehitysvaiheissa ovat tärkeitä tiedostaa kastelun tarvetta arvioitaessa.

2.1 Sadannan vajuus ja sen vaikutus kasvien kasvuun

Sadannan vajauksella tarkoitetaan sademäärän ja haihdunnan erotusta. Sadannan vajauksen aikana maan vesivarasto pienenee.

Haihduntaan lasketaan mukaan maaperän haihdunta (evaporaatio) sekä kasvin läpi haihtuva vesimäärä (transpiraatio), joihin vaikuttavat sääolot (ilmankosteus, tuuli, lämpötila). Näiden yhteisnimitys on evapotranspiraatio. Potentiaalinen evapotranspiraatio (jäljempänä PET) kuvaa tilannetta, jossa haihduntaa ei rajoita veden vähyys. PETiä voidaan hyödyntää vesitaselaskennassa ja kastelun tarpeen arvioinnissa.

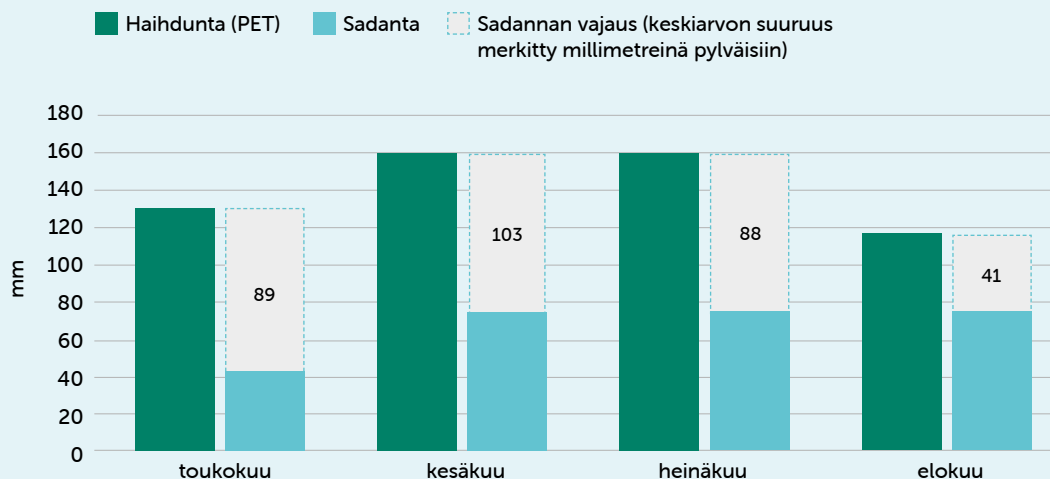
Suomessa haihdunta on usein selvästi sadantaa suurempaa touko-, kesä ja heinäkuussa eli silloin ilmenee sadannan vajuusta (ks. kuva 2.3). Esimerkiksi Jokioisilla toukokuussa sadannan vajauksen arvo on 24 vuoden seurantajaksolla ollut useimmiten (9 vuonna 24 vuodesta) 70–100 mm (kuva 2.2). Kesäkuussa sadannan vajauksen arvoissa on ollut seurantajaksolla eniten vaihtelua, kuitenkin painottuen suurempiin sadannan vajauksen arvoihin. Heinäkuussa sadannan vajauksen suuremmat arvot

selvästi korostuvat, vaikka viitenä vuotena 24:stä onkin kertynyt sadannan vajuusta vain alle 20 mm. Elokuussa sadannan vajuus on 9 vuotena ollut alle 20 mm eli haihdunta on ollut vain hieman sadantaa suurempaa. Loput vuodet ovat olleet lähellä keskimääräisiä sadannan vajauksen arvoja. Seurantajaksolle on kuitenkin osunut myös yksi elokuu, jolloin sadannan vajuus on ollut suurempi kuin 150 mm. Voidaan siis keskimäärin arvioida sadannan vajuusten suuruuksien esiintymistä, kuten esimerkiksi kuvassa 2.1, mutta myös poikkeusvuosia esiintyy. Lisäksi ilmastomuutoksen on enustettu tuovan kasvukaudelle entistä suurempia sadannan vajauksia.

Sateen ja kastelun määrää arvioidaan suhteessa kasvuston vedenkulutukseen eli potentiaaliseen evapotranspiraatioon. Näin voidaan arvioida se kasteluveden määrä, jolla kasvien veden tarve täyttyisi. Pohjoismaissa sadannan vajuus kasvukaudella on keskimäärin 50 ja 200 mm välillä, kuivina vuosina alueellinen vajuus on tätäkin suurempi.

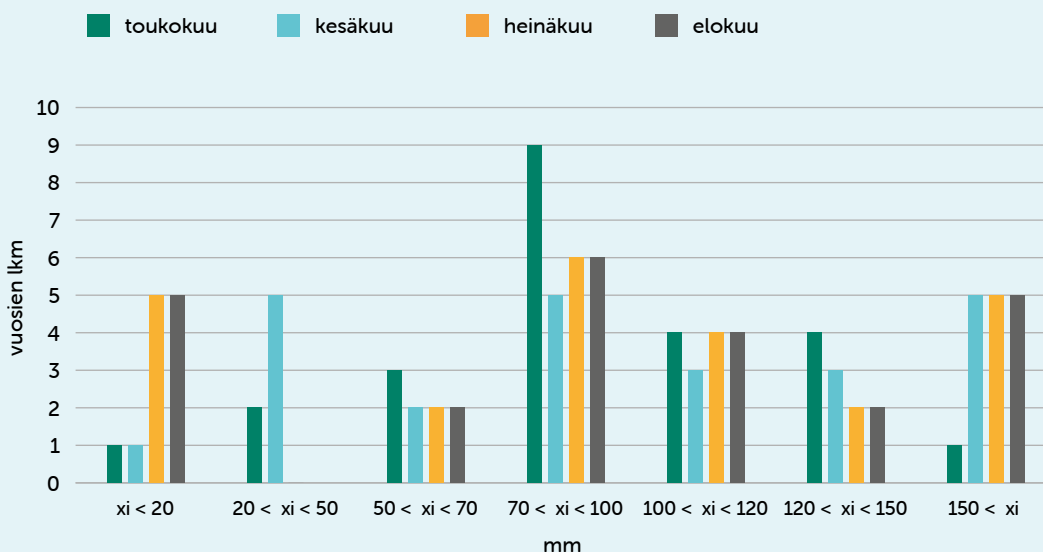
Veden tärkeyttä kasveille kuvaa se, että

JOKIOINEN KESKIARVO 1999–2022



Kuva 2.1. Sadannan ja haihdunnan keskiarvo Jokioisilla vuosina 1999–2022. Sadannan vajauksen keskiarvon suuruus merkitty numeroarvoina pylväisiin. Kuvien 2.1 ja 2.2 haihdunta (PET) on laskettu Hargreavesin menetelmällä ja meteorologinen data (Jokioinen) on ladattu Ilmatieteen laitoksen sivuilta (www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus).

JOKIOINEN, SADANNAN VAJAUS 1999–2022



Kuva 2.2. Sadannan vajauksen vaihtelu Jokioisilla touko-elokuussa vuosina 1999–2022.

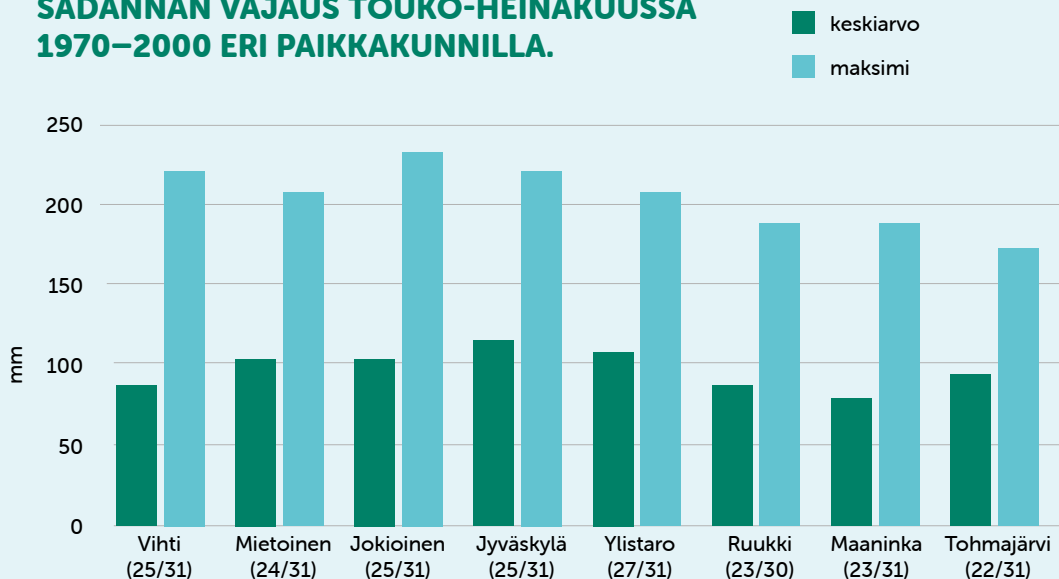
niiden normaalit elintoiminnot vaativat täyden nestejännityksen kasvien elävissä soluissa. Kun nestejännitys pienenee, soluneste väkevöityy hidastaen elintoimintoja ja kasvua. Kasvien juurilla ottamasta vedestä vain pieni osa jää kasviin suurimman osan kulkiessa vain läpi. Kasvit käyttävät siis vettä niin sanotusti tuhlaillen, mikä johtuu osaltaan yhteyttämisestä, jonka aikana vesihöyryä kulkeutuu kasvin avoimien ilmarakojen kautta ulos. Haihdunnalla on tärkeä tehtävä kasvien viilennyksessä. Lisäksi suurin osa sadosta on vettä: esimerkiksi ruohomaisilla kasveilla vettä tuorepainosta on noin 70–90 %.²

Kuiva ilmakehä ylläpitää haihduntavirtausta ilmakehää kosteammasta maasta. Veden puutteessa kasvit yrittävät sopeutua tilanteeseen sulkemalla ilmarakonsa, jolloin kasvin kautta tapahtuva haihdunta ja siten vesihäviöt ilmakehään vähenevät. Tämä rajoittaa samalla kasvin kasvua. Vähäisempään vedenkulutukseen siirtyminen ilmaraot sulkemalla tapahtuu usein jo paljon ennen kuin niin sanottu lakastumisraja eli maan kos-

Peltoalueelta tapahtuvaan haihduntaan vaikuttaa moni asia, kuten maalaji, viljelykasvi ja veden saatavuus. Tässä julkaisussa **potentiaalisella evapotranspiraatiolla (PET)** tarkoitetaan laajalti käytettyä määritelmää nurmipinnan potentiaalisesta haihdunnasta maan ollessa lyhyen kasvuston täysin peittävä tilanteessa, jossa veden puute ei rajoita haihduntaa. PETiä voidaan laskennallisesti arvioida mm. lämpötila- ja säteilyhavaintojen perusteella.

teus, jota kuivemmassa kasvi ei pysty ottamaan vettä, saavutetaan. Tämä tuleekin ottaa huomioon, jos tavoitellaan mahdollisimman korkeaa satoa. Yleensä kasvu vähenee, kun kasvi on kuluttanut puolet sille käyttökelpoisesta maaperän vedestä. Kastelu tulisi aloittaa jo ennen tätä kriittistä rajaa, jos tavoitellaan maksimaalista kasvua.

SADANNAN VAJAUS TOUKO-HEINÄKUUSSA 1970–2000 ERI PAIKKAKUNNILLA.



Kuva 2.3. Keskimääräinen ja suurin sadannan vajaous touko-heinäkuussa 1970–2000 eri paikkakunnilla. Laskentaan on otettu mukaan ne vuodet, jolloin sadannan vajausta esiintyi. Näiden vuosien ja koko laskentajakson vuosien lukumäärä on ilmoitettu suluissa. (Kuva: Paasonen-Kivekäs ym. 2016¹)

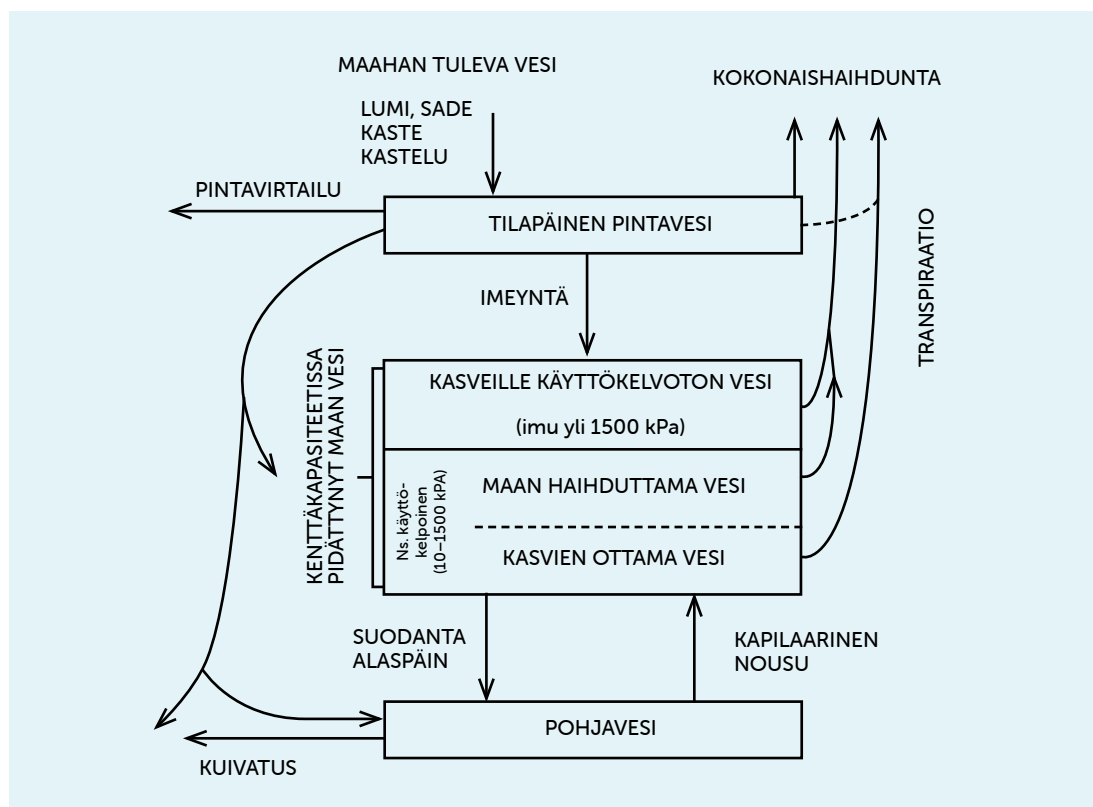
2.2 Maan vedenpidätys ja veden liikkeet

Viljelymaan veden liikkeet ja varastointi kasvien tarpeiden näkökulmasta voidaan kiteyttää kuvan 2.4 mukaisesti.

Vedenpidätyskäyrän (ks. kuva 2.5) avulla voidaan tarkastella maan kykyä sitoa vettä. Se kuvaa maahan kohdistuvan imun ja maan vesipitoisuuden suhdetta. Vesipitoisuus on ilmaistu tilavuusprosentteina maan kokonaistilavuudesta (maa-aines ja huokoset). Käyrä saadaan piirrettyä kohdistamalla kyllästettyyn maanäytteeseen alipaine eli imu. Kuvajassa esitetään myös huokosputken halkaisija (d), jossa kapillaarivoimat ovat tasapainossa imuvoimien kanssa. Pienellä imulla maa luovuttaa vettä vain suurimmista huukosista. Mitä suurempi imu on sitä, pienemmistä huukosista vesi tyhjenee ja sitä ohuemat ovat vesivaipat maahiukkasen ympärillä (halkaisija (d) pieni). Mitä suurempi hu-

konen (d) ja mitä paksumpi vesivaippa, sitä löysemmin vesimolekyylit ovat kiinni maassa. Ilmiötä kuvaa maaveden luokitus kasveille käyttökelvottomaksi (imu yli ~ 1500 kPa) sekä käyttökelpoiseksi (noin $10\text{--}1500$ kPa), josta vain osa on kasvien käytettävissä haihdunnan verottaessa maan pidättämän vesivaiston määrää (kuva 2.4).

Vesi liikkuu maastossa ja maan suurissa huukosissa painovoiman mukaisesti. Maassa veden liikkeisiin vaikuttavat myös maan adheesiovoimat, paine-erot, lämpötilaerot sekä konsentraatioerot. Pienissä huukosissa vesi liikkuu kohti kuivempaa maata. Vesi voi kulkea ilmassa vesihöyrynä myös lämpötilan vaikutuksesta, mikä on havaittavissa kesäaamuina maanpinnan kostumisena muun muassa yön haihduntavirtausten ja kondensoitumisen seurauksena ⁴.



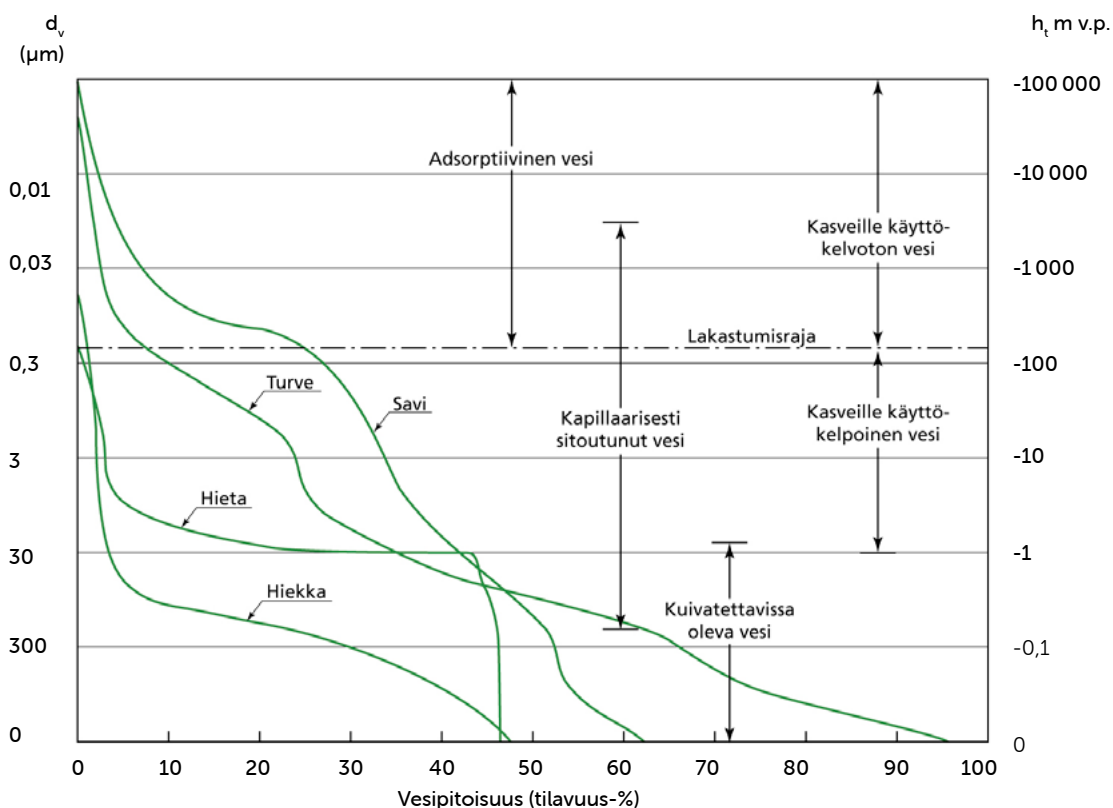
Kuva 2.4. Veden liikkeet ja luokitus maaperässä. (Kuva Heinonen 1985 ³ mukaan.)

Vettä pidättävien huokosten kokojakuman lisäksi oleellista veden liikkeen kannalta on huokosten jatkuvuus. Mikäli ohuetkin vesikalvot ovat toisiinsa liittyneinä, vesi liikkuu kuivahkoissakin hienojakoisissa maissa, joskin hitaasti. Sen sijaan karkeissa maissa veden liike loppuu, kun yhteydet katkeavat. Veden saatavuutta yritetään karkeilla mailla parantaa maata tiivistämällä. Hienojakoisilla savimailla sen sijaan pitää välttää liiallista tiivistämistä, jottei pienten huokosten osuus ja siten kasvien ulottumattomissa (lakastumisrajalla (-1 500 kPa)) olevan veden osuus kasva tarpeettomasti heikentäen veden saatavuutta.

Maalaji määrittelee, miten imu vaikuttaa maan vesipitoisuuteen. Savimaiden pieniin huokosiin kertyy paljon vettä, mutta vesi on niin kovasti sitoutunut, etteivät kasvit voi hyödyntää vettä ennen kuin vesipitoisuus

on yli 30 % (kuvan 2.5 lakastumisraja). Vastaavassa noin 30 % vesipitoisuudessa hiekkaan suurista huokosista vesi poistuu, kun pohjavesi on metrin syvyydessä. Hietamaa ja etenkin multamaa sen sijaan pidättävät vettä kasvien käyttöön, koska niillä on keskimuuria huokosia paljon (suuri hyötykapasiteetti). Mikäli pohjavesi on maanpinnan tasolla eli maa on täysin vedellä kyllästynyt, hiekka ja hietä voivat sitoa vettä noin puolet tilavuudesta, savimaa reilun 60 % ja turve noin

Pohjavedenpinnan tasolla maaveteen kohdistuva imu on nolla. Mitä alemmas pohjavedenpinnan taso laskee, sitä suurempi voima eli imu pohjavedenpinnan yläpuolella olevaan maaveteen kohdistuu ja sitä kuivempaa on maa.



Kuva 2.5. Eräiden maalajien vedenpidätyskäyriä (Andersson & Wiklert 1972⁵ mukaan kirjassa Paasonen-Kivekäs ym. 2016¹). Kuvaajan vasemmassa reunassa olevalla asteikolla (d_v (μm)) kuvataan maahuokosten kokoa mikrometreissä. Oikean reunan asteikolla (h_t m v.p.) kuvataan imu metreinä vesipatsasta. Alhaalla olevassa asteikossa kuvataan maan vesipitoisuus tilavuusprosentteina.

95 %. Eri maalajeilla on siten eri vesipitoisuudet, kun kaikki huokokset ovat täynnä vettä eli maa on vedellä kyllästynyt. Enimmäisvesipitoisuus tilavuusprosentteina on sama kuin maan huokostilavuus. Tähän vaikuttavat maan tiiviys sekä orgaanisen aineksen määrä ja turvemaiden maatumisaste.

Vedenpidätyskäyrän asteikolla kuvataan myös huokosen halkaisija, joka korreloi imuvoiman kanssa. Imuvoima kasvaa huokosten pienentyessä. Esimerkiksi -10 kPa vastaavassa alipaineessa 30 mikrometrin (0,03 mm) huokosen kapillaarivoimat ovat tasapainossa imun kanssa. Tällöin tätä suuremmat huokokset ovat tyhjentyneet vedestä painovoiman vuoksi ja pienemmät täynnä vettä.

Esimerkiksi hiedalla ja hiekalla ei ole pieniä huokosia kuten turpeella ja savella, eivätkä karkeat maat siten pidätä hyvin vettä, vaan painovoima poistaa veden maasta. Savespitoisuus lisää pieniä huokosia, jotka pidättävät tiukasti vettä. Eloperäisen aineen lisäämisellä saadaan kasvatettua maan ominaispinta-alaa ja lisättyä mururakennetta, mikä edesauttaa kasvien vedensaintia suotuisan huokoskoon kautta.

Kuvassa 2.5 näkyy keskeiset kosteusrajat kasvin kasvun kannalta. Lakastumisrajalla on merkitty imu -1500 kPa, jonka kasvit yleisesti enimmillään voivat kehittää. Imu vastaa yleisesti huokoskokoa 0,2 mikrometriä (0,0002 mm). Tätä pienemmissä huokosissa vesi on sitoutunut niin suurella voimalla, että se on kasvien ulottumattomissa. Kenttäkapasiteetiksi kutsutaan sitä kosteutta, joka on jäänyt maahan, kun sateen tai kastelun jälkeen painovoima on tyhjentänyt suuret huokokset. Yleensä puhutaan -10 kPa:n imusta, joka vastaa metrin kuivatussyvyyttä.

Lakastumisrajan ja kenttäkapasiteetin erotus kertoo niin sanotun hyötykapasiteetin, jonka ajatellaan kuvaavan kasvien käytettävissä olevaa vesimäärää. Kuitenkin todellisuudessa kasvien vedenotto vaikeutuu jo ennen lakastumisrajaa, koska vedenjohtavuus hidastuu. Hyötykapasiteetti kuvaa myös keskisuurten huokosten tilavuutta (0,2–30 mikrometriä), joita kutsutaan vesihuokosiksi, koska juuri ne ovat kasveille tärkeimpiä veden saatavuuden kannalta.

Kenttäkapasiteetti vallitsee siinä maaprofiilin kohdassa, jossa imu vastaa 10 kPa eli pohjavesi sijaitsee ko. kohtaa metrin alempana. Tällöin suurimmat huokokset ovat tyhjentyneet, mutta keskisuuret ja pienet ovat veden täyttämiä. Esimerkiksi sateen tai kastelun jälkeen maanpinnan kosteus on kenttäkapasiteetissa, kun pohjavesi on metrin syvyydessä.

Lakastumisrajaksi kutsutaan maaprofiilin kohtaa, jossa vesi on sitoutunut niin tiukasti (ainoastaan) pieniin huokosiin, että kasvit eivät kykene hyödyntämään sitä. Lakastumisrajalla veden sitoutumisen imu vastaa keskimäärin 1500 kPa. Tämä on myös imu, jonka kasvit keskimäärin enimmillään voivat tuottaa. Se vaihtelee kuitenkin kasvin mukaan. Esimerkiksi matalajuurisella perunalla imu on keskimääräistä heikompi eli peruna on poudanarka kasvi. Yleisesti kasvien kasvu heikkenee jo ennen lakastumisrajaa, ja noin 100 kPa:n ja 1000 kPa:n välistä vesipotentiaalin aluetta kutsutaankin tämän vuoksi vähenevän lisäkasvun alueeksi ⁶.

Hyötykapasiteetti kuvaa veden määrää maaperässä, jonka kasvit voivat enimmillään hyödyntää. Maan hyötykapasiteetti saadaan laskemalla kuinka paljon lakastumisrajan ja kenttäkapasiteetin välillä on kasveille hyödynnettävissä olevaa vettä. Esimerkiksi, jos lakastumisrajalla savimaalla vettä on jäljellä 25 tilavuusprosenttia ja kenttäkapasiteetissa 42 tilavuusprosenttia, on savimaan hyötykapasiteetti 17 tilavuusprosenttia.

Maalaji	Kasvien käytettävissä oleva vesi keskimäärin, tilavuus %	Normaali vaihteluväli, tilavuus %	Helposti käytettävissä olevan veden osuus käytettävissä olevasta vedestä, %
Hieno hiekka	10	5–15	50–60
Savinen hiekka -karkea hietä	15	10–20	50–70
Savinen hieno hietä	25	20–30	50–70
Laiha savi, hiesusavi	25	20–35	30–40
Savi	25	20–30	20–30
Aitosavi	15	10–20	15–25
Multamaat	40	30–60	50–70
Moreenimaat	15	10–20	40–60

Taulukko 2.1. Eri maalajien hyötykapasiteetteja eli kasvien käytettävissä oleva vesimäärä eri maalajeilla (millimetriä vettä 10 cm (1 dm) paksuisessa maakerroksessa). (Harry Linnér kirjassa Paasonen-Kivekäs ym. 2016 ¹)

2.3 Pohjavedenpinnan korkeus

Pohjavedenpinnan korkeus vaikuttaa maaperän kosteusprofiiliin. Kuivatuksella poistetaan liiallinen vesi, padotuksella estetään valuntaa ja lisäveden johtamisella eli altakastelulla lisätään vettä maahan. Pohjavedenpinnan korkeutta säättämällä voidaan vaikuttaa kasveille käyttökelpoisen veden määrään ja kasvien kannalta liiallisen veden poistamiseen. Hyvällä kuivatuksella saavutetaan maan kantavuus riittävän ajoissa kevään peltotöitä varten, ja pystytään hyödyntämään lyhyt kasvukautemme paremmin. Raskaiden koneiden käyttö märällä maalla lisää tiivistymisriskiä.

Viljelykasveille tulee luoda edellytykset kasvattaa juuret syväälle maahan, josta ne voivat ammentaa vettä ja ravinteita. Syväälle kasvaessaan juuret myös tukevat kasvia sekä parantavat maan rakennetta ja veden johtavuutta. Juuriston hapensaanti tulee olla riittävä, maan huokosten tilavuudesta vähintään noin 10 % tulee olla ilman täyttämää. Riittävä hapensaanti myös syvemmillä mahdollistaa kasvien ankkuroitumisen syväjuurisesti maahan. Jotta juurihengityksen tuottaman hiilidioksidin vaihtuvuus ilmakehän hapen kanssa toimii, huokokset eivät saa olla veden täyttämiä.

2.4 Maan poudanarkuus

Maan poudanarkuudeksi kutsutaan maan kykyä sietää kuivuutta. Maan poudanarkuuteen vaikuttavat maalaji, maan kerroksellisuus, kuten muokkauskerroksen alainen vettä läpäisemätön kerros, sekä pohjaveden luontainen korkeus ja vesistön läheisyys. Myös pellon ja sen läheisten alueiden pinnan muodot vaikut-

tavat viljeltävän alueen poudanarkuuteen vaikuttaessaan veden liikkeisiin pellossa. Tämän vuoksi onkin tärkeää tunnistaa oman pellon ominaisuudet muokkauskerroksen maalajia laajemmin.

Suuri vedenpidätuskyky ja kapillaarinen nousukyky vähentävät maan poudanarkuut-

ta. Maa, jossa on paljon keskisuuria huokosia, pidättää hyvin vettä. Mitä pienempi hyötykapasiteetti, sitä poudanarempi maa. Hiekalla on pääosin suuria huokosia ja vain vähän keskikokoisia huokosia ja se on siten poudanarka. Niin on myös savi, jossa on pääosin pieniä ja vettä tiukasti pidättäviä huoko-

Kapillaarisuus kuvaa kuinka hyvin vesi nousee maaperän huokosissa. Hyvän kapillaarisuuden omaavilla mailla huokosten koko ja jatkuvuus ovat sellaiset, että vesi kulkee niissä hyvin. Mitä pienemmät jatkuvat huokokset ovat, sitä korkeammalle vesi nousee. Pelkästään nousukorkeus ei ole merkitsevä, vaan kapillaarisuuteen liittyy myös nousevan veden määrä ja nopeus. Esimerkiksi, jos pohjavesi on 2 metrin syvyydellä, hiedan kapillaarisen nousun määrä voi olla kaksi millimetriä vuorokaudessa, kun savella se voi olla alle yhden millimetrin vuorokaudessa eli kasvien tarpeeseen nähden liian alhainen, vaikka veden nousukorkeus olisi riittävä.

sia. Hiekalla kapillaarisuus on heikkoa ja savessa taas veden liikkuminen on hidasta. Siksi viljelyssä on keväällä kiire saada juuret hyvään kasvuun syvemmälle savimaahan, jossa vettä riittää, kun pintaosa kuivu, eikä vettä siirry syvältä kuivaan kerrokseen. Hieta- maan kapillaarisuus on riittävän nopeaa ja vesi liikkuu helposti syvemmältä pintamaahan ja ansaitsee nimityksen ”hikevä maa”. Hiesukin tekee näin, mutta liian nopeasti, syvältä ja tuhlaten, joten hiesukin voi olla poudanarka, jos kuivuuskausi jatkuu kauan. Multamaat ovat poudankestäviä, jopa 40 % maasta on tilavuutta, josta kasvi saa vetensä (taulukko 2.1). Keskimääräisesti nyrkkisääntönä voidaan pitää, että poudanarat maat vaativat kastelua lähes vuosittain, poudankestävät vain, kun on erityisen kuivaa⁷.

Maalajin multavuus eli orgaaninen aines lisää kuivuudenkestävyyttä. Maan huokosrakennetta ja hyötykapasiteettia voidaan siten yleisesti parantaa lisäämällä maahan orgaanista ainesta eri viljely- ja maanparannustoimin. Tällöin myös sateiden tasaisuus ei ole yhtä kriittistä kuin heikomman hyötykapasiteetin omaavalle maalajille.

2.5 Maaston muotojen vaikutus vesitalouteen

Suurimmat vesimassat liikkuvat irtovetenä painovoiman alaisina. Tällöin maaston muodot vaikuttavat veden liikkeisiin maan pinnalla ja maaperässä, ja siihen, miten vesi virtaa, imeytyy ja suotautuu, miten kuivatus toimii ja miten vesi kuljettaa ravinteita ja erodoituvaa ainesta. Pellon vesitalouteen vaikuttaa siis suuresti myös ympäröivien alueiden pinnan muodot ja korkeuserot. Jos pelto sijaitsee ympäröivää maastoa alempana, valuu näiltä alueilta vettä ja sen mukana ravinteita pellon suuntaan. Jos taas tilanne on päinvastainen ja pelto sijaitsee ympäröivää maastoa ylempänä, vesi ravinteineen valuu pelloilta ympäröiville alueille. Mitä suuremmat korkeuserot ovat, sitä nopeampaa on veden liike maaperässä. Veden etenemiseen maastossa vaikuttavat maaston muotojen ja korkeus-

erojen lisäksi muun muassa maan lajitekoos- tumus ja kasvillisuus.

Pellon painanteissa kasvu on usein heikompaa (rinteiden taitekohdissa heikkokasvuisuus voi viitata liialliseen märkyyteen). Peltojen pinnanmuotojen tasaisuudella voidaan saavuttaa tasainen veden jakautuminen ja kasvuolosuhteet. Tämä on eduksi myös viljelytoimien kannalta vähentäen tarvetta paikkakohtaisesti valittaville toimenpiteille. Toisaalta, jos toimenpidettä, kuten sadetuskastelua, ei muutenkaan ole mahdollista sovittaa erikseen paikkakohtaisesti, voidaan tasaamalla pinnanmuotoja saada tehostettua toimenpiteen positiivisia vaikutuksia. Pellon riittävän pieni kaltevuus on myös säätösala- oituksen (enintään 2 %) ja etenkin altakaste- lun (enintään 1 %) toiminnan edellytys.

3. Kasteluveden määrä ja kastelun ajoitus

Oikean kasteluveden määrän ja kastelun ajankohdan määrittämisen tekevät haastavaksi vaihtelevat sääolosuhteet ja niiden vaikea ennustettavuus. Yleisesti kastelumäärän tulisi olla sellainen, että kastelun jälkeen maa on kenttäkapasiteetissaan (ks. kuva 3.4). Kenttäkapasiteettia voidaan pitää kosteuden optimitilana kasvien kannalta, koska tällöin maassa on runsaasti vettä saatavilla, mutta myös riittävästi happea.

Maaperän kosteus pyritään pitämään kenttäkapasiteetin ja lakastumisrajan välillä. Kastelu on syytä aloittaa viimeistään, kun puolet hyötykapasiteetista eli kasvin käytettävissä olevasta vedestä on kulunut. Esimerkiksi, jos lakastumisrajalla savimaalla vettä on jäljellä 25 tilavuusprosenttia ja kenttäkapasiteetissa 42 tilavuusprosenttia, on savimaan hyötykapasiteetti 17 tilavuusprosenttia. Tällöin kastelu on aloitettava, kun vettä on jäljellä 33,5 tilavuusprosenttia.

Liika kastelu tai kastelun jälkeen tulevat runsaat sateet voivat aiheuttaa maan liiallista märkyyttä ja turhia valuntoja. Siksi kastelun tulee olla kohtuullista ja sääolosuhteet huomioivaa. Toisaalta liian vähäinen kasteluveden määrä johtaa siihen, ettei kosteus ulotu koko juuristovyöhykkeen alueelle ja pintaan jäänyt vesi haihtuu nopeasti jäaden hyödyn-

Kastelumäärään vaikuttavia tekijöitä:

- maan kosteus ja maan hyötykapasiteetti
- säätila ja ennuste: sadanta, haihdunta, lämpötila
- kasvilaji, kehitysvaihe ja tuotantoon liittyvät laatuvaatimukset

tämättä. Tästä voi seurata juuriston ja kasvin kasvun hidastumista. Kuivalla ja lämpimällä säällä kastelu tulee aloittaa aiemmin kuin kostealla ja viileällä.

Vedenpuutteesta johtuvien oireiden ilmaantumisesta ei kannata jäädä odottamaan. Jos kasvin kuivuusoireita, kuten tilapäistä lakastumista, kellastuneita tai tummentuneita lehtiä, ilmenee, on kasvun hidastuminen alkanut jo useita päiviä aiemmin. Erityisesti suuren veden tarpeen omaavien ja tuotantokustannuksiltaan kalliiden kasvien kohdalla kastelun aloittaminen ennen oireiden ilmaantumista on tärkeää. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että käytettävissä olevalla kastelukapasiteetilla saadaan kasteltua koko ala ennen pysyvien vaurioiden syntymistä.

Taulukko 3.1. Kastelutarpeeseen vaikuttavat tekijät. Harry Linnér kirjassa Paasonen-Kivekäs ym. 2016 ¹.

Kastelutarve	Sadannan vajaus	Maavesivarasto	Kasvi
Suurin	Erittäin suuri (> 200 mm)	Erittäin pieni (<50 mm)	Vihannekset, hedelmät, marjat
	Suuri (150–200 mm)	Pieni (50–100 mm)	Peruna, nurmi
	Kohtuullinen (100–150 mm)	Kohtuullinen (100–150 mm)	Sokerijuurikas
Pienin	Pieni (< 100 mm)	Suuri (>150 mm)	Viljat, öljykasvit

Yleisimmät apuvälineet sopivan kasteluajankohdan ja -määrän määrittämiseksi ovat maan kosteuden mittaus, pohjaveden syvyyden mittaus, vesitaselaskelma ja sääennusteet. Mittausteknologian kehittyessä entistä tarkempia keinoja määrittelyyn voidaan saada eri menetelmiä yhdistelemällä. Esimerkiksi ennakoitavuutta voi parantaa yhdistämällä maaperän kosteuden mittaus sääennusteisiin ja evapotranspiraatiomalleihin eli maa-alueilta tapahtuvan kokonaishaihdunnan malleihin. Lisäksi satelliittihavaintoja ja satokarttoja tutkimalla voidaan arvioida, miten kastelu on onnistunut.

3.1 Maaperän kosteuden mittaus

Kirjoittanut MMT, dos. Johannes Tiisanen

Useat tutkimukset ovat vahvistaneet, että mittaamalla juuristovyöhykkeen kosteustilaa maankosteusantureilla, on mahdollista saada niin tarkka kuva kunkin lohkon osan vesitilasta, että kastelun optimaalisuus riippuu vain kastelulaitteiston käyttäjän edellytyksistä toteuttaa tarvittava veden lisäys mittaus-tiedon perusteella. Tällöin kastelun onnistumista ei enää rajoita epätietoisuus siitä, mitä maan alla todella tapahtuu.

Periaatteessa ei ole merkitystä, millä tekniikalla maan juuristovyöhykkeen kosteutta seurataan. Huonoiten toimiviksi todetut ratkaisut, kuten epätarkat ja murenevat kipsiblokit, ovat jo jääneet pois käytöstä.

Tensiometri on nesteellä täytetty alipainemittari, jolla näkee helposti kuinka suuren imun kasvit joutuvat tuottamaan saadakseen vettä maasta. Tensiometrejä on kuitenkin käytävä lukemassa, ne pitää täyttää vuosittain, eivätkä ne kestä jäätymistä. Lisäksi mittauslukemasta ei näe, menettääkö huokoinen kärki maakontaktin pellon kuivuessa ja halkeillessa. Lisäksi haasteena yhtä paikkaa mittaavia mittareita, kuten tensiometriä, käytettäessä on saada edustava lukema koko juuristovyöhykkeestä. Olisikin hyvä tehdä mittaus vähintään kahdesta syvyydestä sekä useam-

Jos kastelu toteutetaan ylhäältä päin, tulee arvioida kasteluveden kerta-annostelu, kesto ja tehokkuus. Jos taas kastellaan altakasteluna, tarvittava vesimäärä voidaan laskea huokostilavuuden ja pohjavedenpinnan nostotarpeen avulla. Mahdollinen veden virtaaminen muille lohkoille tai avo-ojiin tulee ottaa huomioon riippumatta kastelumenetelmästä.

Taulukossa 3.1 kuvataan, kuinka kastelutarpeen suuruutta voidaan arvioida sadan-vajauksen, maavesivaraston ja kasvin mukaan.

masta mittauspisteestä, jotta maalajin vaihtelu tulee huomioitua.

Maankosteusanturit tai -sensorit perustuvat erilaisiin tekniikoihin havaita maassa olevan veden määrää. Kapasitiiviset, TDR- (Time Domain Reflectometry), FDR- (Frequency Domain Reflectometry) tai neutronitekniikat poikkeavat siinä, miten elektroniikka on toteutettu, mutta niiden käytännön erot ovat hyvin pieniä. Toisia markkinoidaan tarkempina kuin toisia. Tekniikasta riippumatta käyttäjän tulee itse arvioida anturin tuottaman luvun merkitys.

Jatkuvatoimisilla maankosteusantureilla ei saada vain hetkellistä kosteusarvoa, vaan käyrä, josta voidaan nähdä maan kosteuden muutokset. Kun maa kastuu toistuvasti, se havaitaan mittauskäyrässä nousevana piikkinä, joka alenee kenttäkapasiteetin mukaiselle tasolle. Antureiden tarjoamaa tietoa voi käyttää paitsi kasteluajankohdan määrittämiseen ja kastelutuloksen seuraamiseen myös ennakkoivasti mittausdatan kertyessä apuna kastelulaitteiden hankintapäätöksen tukena.

Anturoimalla toisistaan poikkeavat lohkonosat saadaan kattava kuva peltolohkon tilasta. Satokartat ovat parhaita työkaluja poikkeuksellisen hyvien ja huonojen kohtien tunnistamiseen. Myös ilmaisista satelliittilähteistä, kuten Euroopan unionin Sen-



Kuva 3.1. Useiksi vuosiksi maahan asennettavat ja langattomat maan kosteutta mittaavat anturit voidaan asentaa pareittain maaperän eri kerroksiin. Antureilla voi saada myös tiedot maan suolaisuudesta ja lämpötilasta. (Kuva: Markku Pulkkinen.)

tinell-2-satelliittien biomassakuvista⁸, saa hyvän kuvan siitä, missä pellon osissa on ongelmia.

Olennaisinta on kerätä tietoa niistä kohdista peltoa, joiden kastelua voidaan myös ohjata erikseen. Jos käytössä on kastelutykki tai -puomi, kannattaa mitata eri kaistoja. Jos taas käytössä on tihkukastelu, kannattaa mitata niitä aloja, joiden venttiilejä voidaan hallita erikseen. Näin kastelun aloitus

on helppo ajoittaa oikein, ja jokaisen kastelukerran jälkeen näkee heti, miten maan kosteustilan nosto onnistui. Nämä havainnot voidaan ottaa huomioon seuraavalla kastelukerralla. Tällöin ei myöskään tarvitse välittää siitä, johtuuko kosteustilan muutokset säästä, pohjavedestä vai kasvin vedenotosta, koska ainoa kastelua ohjaava kriteeri on juuristovyöhykkeen pitäminen optimaalisessa kosteudessa.

3.2 Vesitasemenetelmä

Vesitaselaskelman avulla voidaan seurata sadannan, kastelun ja kokonaishaihdunnan (evapotranspiraation) määrää. Menetelmän avulla lasketaan maavesivaraston muutos eri ajankohtina vesitaseyhtälöllä, jossa sadannasta ja kastelusta vähennetään valunta ja todellinen kokonaishaihdunta. Vesitasemenetelmässä kapillaarista nousua ei huomioida, koska se on yleensä pieni kastelua vaativilla maalajeilla. Tarvittavien arvojen saamiseksi sadanta on hyvä mitata tilalla itse. Haihduntatiedot voidaan laskea säähavainnoista tai käyttää haihdunta-astiaa sen määrittämiseen. Jos mitattuja tai laskettuja haihdunta-arvoja ei ole saatavilla, voidaan vesitaselaskelmassa käyttää kirjallisuudesta saatavia arvoja.

Vesitasemenetelmää käytettäessä ensin lasketaan sallittu kuivuminen, joka perustuu maan vedenpidätysominaisuuksiin ja juuriston syvyyteen. Tuloksena saadaan millimetrimäärä kasveille käyttökelpoista vettä, jonka kuluttua juuristovyöhykkeestä kastelu tulee ajankohtaiseksi. Tämän ja kasvien keskimääräisen vuorokausivedentarpeen avulla saadaan laskettua sopiva kasteluväli. Suomen oloissa voidaan olettaa, että kasvien keskimääräinen vedentarve kesällä on noin 3–3,5 mm vuorokaudessa. Lämpimien ja kuivien kausien aikana tarve voi kasvaa 4–5 millimetriin sekä viileinä ja kosteina laskea 1–2 millimetriin vuorokaudessa.

Vesitasemenetelmässä kasteluvälin arvio saadaan jakamalla sallittu kasveille käyttökelpoisen veden vähenemä juuristovyöhykkeessä eli kuivuminen kasvien keskimääräisellä vuorokauden veden tarpeella. Esimerkiksi, jos kasvien keskimääräinen vuorokauden veden tarve on 3 mm ja kasveille käyttökelpoisen veden sallittu vähenemä 25 mm juuristovyöhykkeessä, voidaan kasteluväliksi arvioida 7 päivää (25 mm jaetaan keskimääräisellä vuorokauden veden tarpeella 3 mm). Kuvan 2.4 esimerkissä on kuvattu juuristovyöhyk-



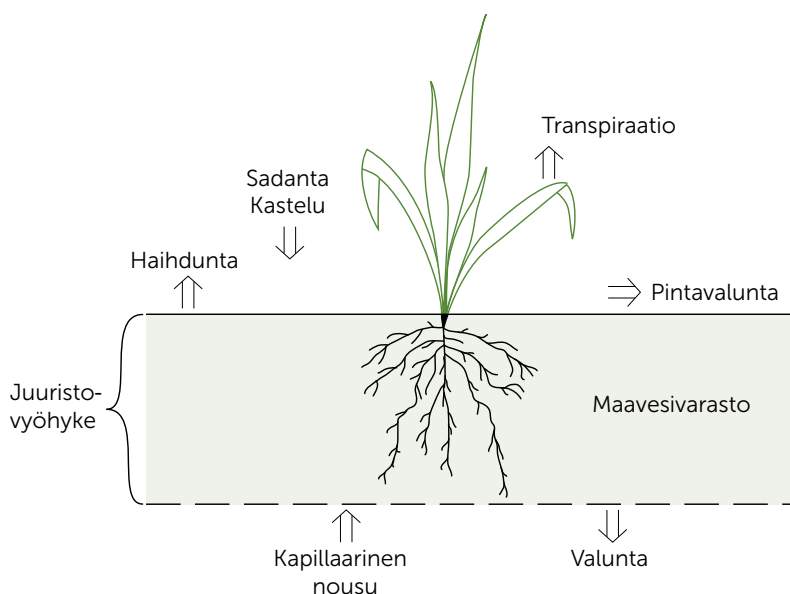
Kuva 3.2. Sademittari. Sadantaa kannattaa mitata tilalla sateiden paikallisuuden vuoksi. (Kuva: Salaojajhdistys ry.)

keen vesivaraston muutokset, kun kasteluväli on ilman sateita seitsemän vuorokautta ja kuinka esimerkin päiville 24 ja 29 sattuvat sateet siirtävät kastelutarvetta seitsemästä vuorokaudesta 12 vuorokauteen. Vesitasemenetelmä on käytännössä todettu hyväksi välineeksi laskea kasteluväli.

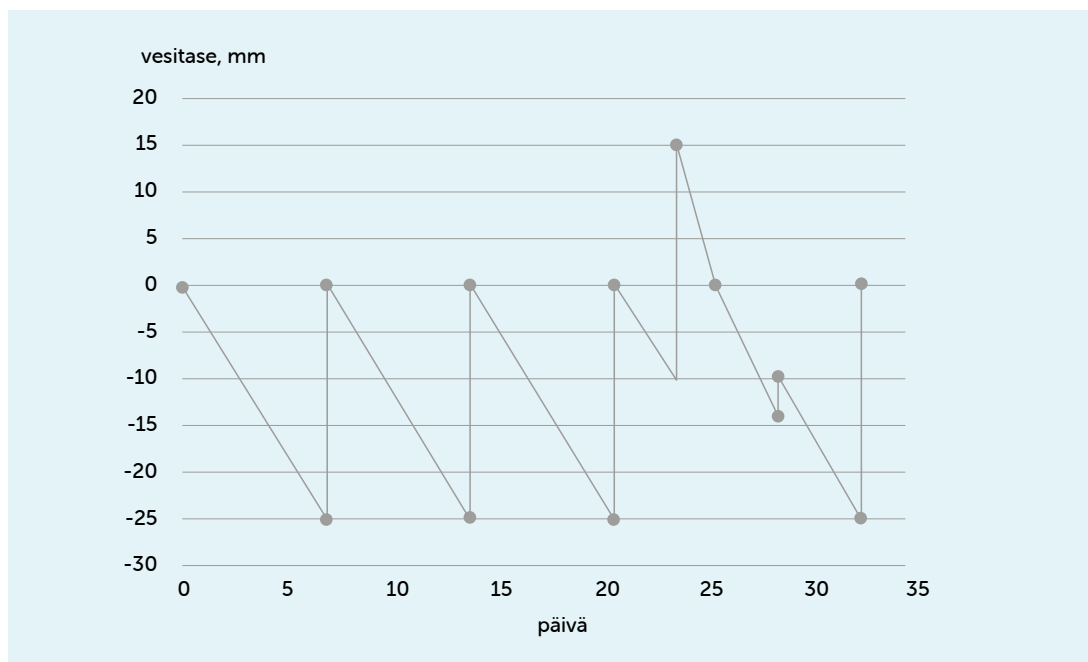
Kasvin todellinen haihdunta on pienempää tai yhtä suurta kuin potentiaalinen haihdunta. Todelliseen haihduntaan vaikuttaa juuristokerroksen kosteus. Jos vettä on niukasti tai liian runsaasti juuristovyöhykkeessä, on todellinen haihdunta potentiaalista pienempi. Kasvin haihduttaman veden määrä (transpiraatio) lisääntyy lehden pinta-alan kasvaessa tiettyyn pisteeseen asti (kunnes lehtialaindeksi eli lehtiala suhteessa maan pinta-alaan on 3–4). Tämän jälkeen vain säätökijät rajoittavat haihduntaa. Kasvien veden tarpeen kasvuun vaikuttaa lämpötilan, säteilyn, tuulen ja kasvien kasvun lisääntyminen sekä suhteellisen ilmankosteuden pienentyminen.

Vesitaseyhtälö

Maavesivaraston muutos = sadanta + kastelu - valunta - todellinen evapotranspiraatio



Kuva 3.3 Juuristovyöhykkeen vesitaseeseen vaikuttavat tekijät. Evapotranspiraatio koostuu kasvin tuottamasta haihdunnasta (transpiraatio) sekä maaperän haihdunnasta. Kapillaarista nousua ei huomioida vesitasemenetelmässä. Valuntaa tapahtuu, kun maaperän kosteus ylittää *kenttäkapasiteetin* eli tason, jolle kosteus asettuu kyseisessä maaperässä sateen tai kastelun jälkeen salaojien kuivatuksen toimissa. (Kuva: Harry Linnér kirjassa Paasonen-Kivekäs ym. 2016 ¹)



Kuva 3.4. Esimerkki juuristovyöhykkeen vesivaraston muutoksista. Vesitaseen arvo 0 mm kuvaa kyseisen maan kenttäkapasiteettia. Kun vesitase nousee tämän yläpuolelle sateen tai kastelun vuoksi, syntyy valuntaa, joka loppuu, kun kenttäkapasiteetti eli maaperän vedenpidätyskyky kuivatuksen toimissa saavutetaan. Negatiivisilla vesitaseen arvoilla kuvataan kuivumisen määrää. Esimerkin tapauksessa sallittu kuivuminen eli veden vähenemä on 25 mm. Kun tämä piste saavutetaan esimerkin tapauksessa seitsemän päivän kuluttua kastelusta, on taas aika kastella. Tässä esimerkissä kastellaan päivinä 7, 14, 21 ja 33. Kahden viimeisen kastelun väli kasvoi viidellä päivällä normaalista päiville 24 ja 29 sattuneiden sateiden vuoksi (sademäärät 25 ja 6 mm). Päivän 24 kenttäkapasiteetin ylitys johtaa valuntaan, joka päättyy kahden päivän kuluttua saavutettaessa kenttäkapasiteetti (päivä 26).

3.3 Juuriston vaikutus tarvittaviin kastelumääriin

Eri kasveilla on erilaiset juuristot ja niiden kokoon vaikuttavat myös kasvuvaihe sekä ympäristön olosuhteet. Tämä tulee ottaa huomioon kastelussa (ks. taulukko 2.1). Esimerkiksi kasvun alkuvaiheessa kastelun kertamäärän tulee olla pienempi kasvin pienemmän juuriston ja veden tarpeen mukaisesti.

Juuriston kehittymiseen vaikuttavia ympäristöllisiä tekijöitä ovat muun muassa mekaaninen vastus, hapen puute ja maan happamuus. Esimerkiksi hiekkamailla ja tiivistyneillä savimailla maan mekaaninen vastus voi rajoittaa juuriston syvyyttä. Myös hapen puute voi rajoittaa juuriston kasvua huonosti kuivatetuilla ja tiivistyneillä mailla sekä matala pH happamilla sulfaattimailla. Kun juuriston kasvu on heikkoa, kastelutarve lisää-

tyy. RaHa-hankkeen Juuristotietopaketista⁹ löytyy paljon tietoa juurten maata parantavista vaikutuksista sekä eri kasvien juurten ominaisuuksista.

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, kun juuret eivät vielä ulotu syvälle, että sopiva kertakastelumäärä on 20–30 millimetriä. Tämä on usein sopiva määrä myös karkeilla maalajeilla, joilla juuristo ulottuu yleensä vain ruokamultakerrokseen. Kun maa pidättää hyvin vettä tai kun juuristo ulottuu syvälle, 40–50 mm on keskimäärin sopiva kastelumäärä. Multamailla on tärkeää aloittaa kastelu ajoissa, vaikka ne pidättävät hyvin vettä. Jos maa pääsee täysin kuivumaan, veden imeytyminen hidastuu ja maa voi muuttua hydrofobiseksi (vettähyllkiväksi). Erityisesti turvemaa muuttuu hydrofobiseksi kuivuessaan.

Muokkauskerroksen maalaji	Juuriston syvyys, cm	Kastelu, mm/kastelukerta
Multainen hiekka	0-30	15–20
	0-50	25–30
Multainen karkea hieta	0-30	25–30
	0-50	35–45
Multainen hietasavi	0-30	30–40
	0-50	40–50
Multainen aitosavi	0-30	25–30
	0-50	35–45
Multamaa	0-30	30–40
	0-50	40–50

Taulukko 2.1. Sopivia kertakastelumääriä (mm) eri maalajeilla ja juuriston syvyyksillä. Lähde Paasonen-Kivekäs ym. 2016¹.

3.4 Viljelykasvin vaikutus kastelumääriin

Eri kasvien vedentarve riippuu niiden fysiologiasta. Kehitysvaiheet, jolloin kasvit hyötyvät erityisesti riittävästä kosteudesta, vaihtelevat. Välillä kehitysvaiheen mukainen kastelun tarve vaihtelee myös samalla tuotantokasvilla määrä- ja laatuvaatimusten vaihtelun vuoksi. Usein kasvun alussa, kun juuriston kehitys on vielä kesken, kastelusta saadaan suurin hyöty. Tällöin kertakastelumäärä suhteutetaan juuriston kokoon siten, että vesimäärä on riittävän suuri avustamaan juuriston laajentumista ja vahvistumista. Myös maan kosteus ja vedenpidätysominaisuudet tulee tuntea hyvin, jotta kastelu voidaan ajoittaa ja mitoittaa näiden mukaisesti. Taloudellisista syistä arvokkaiden kasvien kastelu voi olla jo pienenkin kuivumisen jälkeen kannattavaa.

Peruna

Perunaa viljellään usein hyvin läpäisevällä maalla, joten maan vesivarastojen vähäisyyden sekä hyvän sadon ja laadun takaamiseksi kastelu on usein tarpeen varsinkin mukulanmuodostuksen ja kasvun aikana. Lisäksi kuivumisherkkyttä lisää perunan juuristo, joka on suhteellisen hento, pieni ja lähelle maanpintaa jäävä.¹⁰ Perunalle taimettumisen ja kukinnan välinen aika on erittäin tärkeä.¹¹ Riittävä vedensaanti mukulanmuodostuksen aikana paitsi lisää mukuloiden määrää, myös vähentää perunaruven riskiä. Mukulan lisäkasvuvaiheessa riittävällä maan kosteudella on vaikutusta mukuloiden määrään ja kokoon sekä erilaisiin laatuominaisuuksiin. Toisaalta myös liiallinen veden saanti yhdistettynä huonoon maan kuivatukseen voi johtaa tautien, kuten tyvimädän, lehtihomeen, ruskomädän ja verkkoruvien, lisääntymiseen.

Perunaa tuotetaan eri tarkoituksiin, mikä vaikuttaa myös kasteluun ja sen ajoittamiseen. Varhaisperunaa kastellaan yleisesti, koska kastelun avulla voidaan mahdollistaa taloudellisesti tärkeä aikaisin valmistuva sato. Ruokaperunalle on tärkeää tasainen kosteus koko kasvukauden ajan, kun

taas keitto-ominaisuuksia voidaan parantaa loppukauden kuivahkoilla oloilla, joiden vaikutuksesta perunan kuiva-ainepitoisuus lisääntyy. Siemenperunatuotannossa pyritään saamaan tietyn kokoisia mukuloita mahdollisimman runsaasti. Mukuloiden määrän kasvattamiseksi riittävä veden saanti tulee taata heti taimettumisen jälkeen rönsyjen muodostumisen aikana.¹¹

Sadetuskastelusta tykki- ja puomikastelu ovat tyypillisiä tapoja kastella perunaa. Ne pitivät maan pintakerroksen kosteampana kuin muut käytetyt menetelmät (altakastelu ja tihkukastelu) kokeessa, jossa vertailtiin eri kastelumenetelmien sopivuutta perunanviljelyyn.¹² Huonona puolena näissä menetelmissä oli ravinteiden huuhtoutuminen veden mukana. Tykkikastelu huuhtoi hiegan enemmän ravinteita kuin puomikastelu. Altakastelu ei kustuttanut pintamaata, mutta piti parhaiten mukuloiden läheisen maan kosteuden tasaisena parantaen kaupakelpoisen perunan määrää vähentämällä merkittävästi rupisuutta verrattuna muihin kastelumenetelmiin. Kokeessa tihkukastelulla ei saatu pidettyä maata riittävän kosteana ja kosteuden vaihtelut olivat suuria. On kuitenkin huomioitava, että kokeen kastelumäärät olivat kaikkien menetelmien kohdalla perunan tarpeeseen nähden liian vähäiset (kastelu kymmeniä millimetrejä, kun tarve oli 100–200 millimetriä). Tihkukastelua käytettäessä voitiin lisätä lannoitteita kasteluvekeen, minkä ansiosta perunalle tärkeän kaliumin saanti oli parempaa kuin muita menetelmiä käytettäessä.¹²

Nurmet ja viljat

Nurmille riittävä vedensaanti on tärkeintä heti niiton jälkeen, jolloin kasvit ottavat vettä runsasta kosteutta vaativien osmoottisten voimien avulla. Laidunnurmille kastelu mahdollistaa tasaisen kasvun ja laadun. Poudanaroilla mailla, kuten karkeilla kivennäismailla, kastelulla voidaan saada 20–30 % parempi sato kuin ilman kastelua¹⁰. Sopiva kertakastelumäärä nurmille on 30–50 mm (päi-

väkohtainen kulutus 3–6 mm), joka voidaan toistaa 2–3 viikon kuluttua kuivuuden jatkuessa¹³.

Kevätviljat tarvitsevat vettä Suomen ilmasto-oloissa keskimäärin 250–300 millimetriä kasvukaudessa, jotta hyvä satotaso saavutetaan. Hyvin vettä varastoivilla mailla sadanta on keskimääräisinä vuosina riittävä. Jos maavesivarasto on pieni, se vähentää monesti sadon määrää. Hiesu- ja hietasavimaille sekä hiekkamailla, joissa juuriston kasvu on rajoittunut, voidaan kastelulla saada kuivina vuosina sadonlisää. Aikaisella kastelulla on mahdollista saada juuristo kasvamaan niin, että myös muokkauskerroksen alapuolella olevan kerroksen eli jankon vesivarasto on kasvin hyödynnettävissä. Liika vesi, erityisesti yhdistettynä suureen typen saantiin, lisää lakoontumisriskiä.

Kevätviljoilla sopiva ajankohta kastelun aloittamiselle on noin 10 päivää orastumisesta 13, 14. Erityisesti viljat hyötyvät kastelusta, jos kuivuutta on 2–3-lehtivaiheessa 6. Kevätviljoista kevätvehnä on arin maan kuivuudelle^{13,15}. Sopiva kertakastelumäärä on noin 30–35 mm^{13,14,15}.

Herne

Herneillä vedensaanti on tärkeää kukinnan aikana. Myös palkojen täyttymisvaiheessa voidaan kastelulla saada sadonlisää¹³. Kuivina vuosina on usein kannattavaa kastella en-

nen ja jälkeen kukinnan. Jos hernetä kastellaan erittäin paljon alkuvaiheessa, voi kasvu muodostua liian runsaaksi. Erityisesti huonosti kuivatetuilla mailla liika kosteus voi aiheuttaa kasvia vahingoittavaa hapen puutetta. Sopiva kertakastelumäärä herneelle on 25–30 mm¹³.

Öljykasvit

Öljykasveilla kastelutarve sijoittuu kukinnan aikaan. Siemensadon onnistumiseksi kastelun optimoiminen on tärkeää. Aikainen kastelu voi johtaa liian runsaaseen kasvuun pienentäen siemensatoa. Kuitenkin myös kuivuus kukinnan aikana pienentää siemensatoa.

Sokerijuurikas

Sokerijuurikkaan hyvä vedensaanti lisää juuriston ja lehtien kasvua sekä sokeripitoisuutta. Kuitenkin loppukaudesta kastelu saattaa alentaa sokeripitoisuutta. Sokerijuurikkaalla vedenpuute näkyy lehtien varsien veltoutumisena lämpiminä päivinä. Sokerijuurikkaalla nämä kohtuullisesta kuivuudesta johtuvat lakastumisoireet eivät vielä sulje ilmaraajoja, vaan kasvin haihdutus ja kasvu voivat jatkua normaalisti tehokkaan ja syvälle ulottuvan juuriston jatkaessa vedenottoa maasta. Muilla kasveilla kasvu alkaa heiketä jo päiviä ennen kuin ensimmäiset lakastumisoireet ilmaantuvat.

4. Kasteluveden laatu

Veden laatuun liittyvät tekijät voidaan jakaa hygieenisiin, kemiallisiin ja fysikaalisiin tekijöihin. Hygieenisia tekijöitä ovat esimerkiksi

si virukset, bakteerit ja parasiitit, kemiallisia tekijöitä raskasmetallit, myrkyt ja suolat sekä fysikaalisia partikkelit, väri ja lämpötila.

4.1 Vesilähteenä makea vesi

Suunniteltaessa makeiden vesien käyttöä kasteluun, on syytä kiinnittää huomiota veden laatuun ja sen tasaisuuteen, erityisesti pintavesiä käytettäessä. Paikallinen ympäristönsuojeluviranomainen osaa kertoa tarkemmin huomioitavista asioista.¹⁶

Kypsentämättömänä syötävien kasvien kasteluvesi tulee tutkituttaa ennen käyttöönottoa ja sen jälkeen kolmen vuoden välein. Vähintään tulee tutkia kolibakteeri *Escherichia coli*, suolistoperäiset enterokokit sekä aistinvaraisin arvioin haju ja väri. *Escherichia coli* -bakteereiden määrän tulee olla alle 300 pmy/100 ml ja suolistoperäisten enterokokkien alle 200 pmy/100 ml. Jos vettä käytetään esimerkiksi kypsentämättömänä syötä-

vien kasvien pesuun, puhdistukseen tai jäädytykseen, tulee veden laadun vastata pienten yksiköiden talousveden laatua (STMa 401/2001), jolloin *Escherichia coli* ja suolistoperäisiä enterokokkeja ei saa esiintyä vedessä. Vettä ei tarvitse tutkituttaa, jos kastellaan vain kukinta-aikaan tai kastelu toteutetaan altakasteluna.¹⁶

Kastelun kannalta lämpötilalla ei ole merkitystä silloin, kun käytetään sadetusta. Sadetusta käytettäessä veden lämpötila ehtii tasaantua hieman ilmaa viileämmäksi ennen kasvustoon päätymistä. Tihkukastelua käytettäessä lämpötilalla voi olla merkitystä muun muassa lisättäessä veteen lannoitteita.¹⁰

4.2 Merivesi

Merivedellä tai rannikoiden pohjavedellä kasteltaessa tulee ottaa huomioon suolapitoisuus ja kasvin suolansietokyky. Suolapitoisuus vaihtelee alueittain, syvyyden mukaan ja myös ajallisesti.

Itämeren suolapitoisuus on valtameriin verrattuna matala, keskimäärin seitsemän promillea eli seitsemän grammaa suolaa kilossa vettä. Pintaveden suolapitoisuus pienenee vaihteittain Tanskan salmelta (pitoisuus noin 20) pohjoiseen mentäessä – Perämeren pohjukassa suolapitoisuus on noin 2, Suomenlahden pohjukassa 0–3 promillea¹⁷. Rannikon lähetyvillä olevat pohjavedet ovat harvoin suolapitoisia täydennysvesien tullessa yleensä valuma-alueen sadevesistä. Harvinaisissa tapauksissa näin voi kuitenkin olla.

Esimerkiksi, jos rannikon vesivaroista tapahtuva vedenotto on hyvin runsasta, voi pohjaveden täydennys tulla merivedestä normaalisti poikkeavan gradientin vuoksi.

Maanesteen suolapitoisuus vaikuttaa kasvien veden ja ravinteiden ottoon. Lisäksi tulee huomioda kasvilajin suolan herkkyyks (ks. taulukko 3.1). Jos maan kuivatus toimii hyvin, suolaa sietäviä kasveja voidaan kastella enintään 0,2 % suolaa sisältävällä vedellä¹⁸. Huonosti suolaa sietäviä kasveja ei tulisi kastella suolapitoisella vedellä. Esimerkkejä suolalle herkistä kasvilajeista ovat mansikka, herne, pavut ja apila. Korkeaa suolapitoisuutta sietäviä lajeja taas ovat muun muassa öljykasvit, sokerijuurikas, punajuuri ja ohra. Useat kasvit ovat erityisen herkkiä suolalle kasvun al-

kuvaiheessa. Polttovaurioita voi syntyä erityisesti kuumina ja aurinkoisina päivinä. Suolapitoisella vedellä kastelu kannattaakin sijoittaa yöaikaan. Myös yleisesti sadetuskastelun ajoittaminen yölle on usein järkevää tuuliolosuhteiden ja haihdunnan kannalta.

Suomessa suolan kertyminen maahan ei toistuvassakaan meriveden käytössä muodostu yleensä ongelmaksi. Kosteissa ilmas-

to-oloissamme, sadannan ollessa riittävää, suolat huuhtoutuvat pois, toisin kuin lämpimissä ilmasto-oloissa, joissa maaperän suolaantuminen on todellinen ongelma. Savi- mailla suolapitoisella vedellä kastelu aiheuttaa maaperän vedenläpäisevyyden heikkenemistä, sillä suola hajottaa maan mururakennetta. Suolapitoisella vedellä kasteltu savimaa on märkänä tahmea ja kuivana korppumainen.

Suolaa sietäviä	Kohtuullisesti suolaa sietäviä	Huonosti suolaa sietäviä
Ohra Sokerijuurikas Punajuuri Öljykasvit Lehtikaali Pinaatti Parsa	Ruis Vehnä Kaura Tomaatti Parsakaali Keräkaali Kukkakaali Salaatti Porkkana Sipuli Maissi	Apila Pavut Herneet Mansikka Kurkku Selleri Retiisi

Taulukko 3.1. Kuvaus eräiden kasvien suolansietokyvystä. (Taulukko yhdistetty lähteistä Harry Linnér kirjassa Paasonen-Kivekäs ym. 2016¹ ja Marmolin 2010¹⁸ (alkuperäinen lähde Johansson & Linnér 1977¹⁹).)

4.3 Kierrätetty vesi

Kierrätetty vesi, kuten jäte- (harmaa-) ja hulevedet sekä eri teollisuusprosesseista tulevat vedet voivat sisältää viruksia, bakteereita ja parasiitteja, joten käsittelemättömällä tai vain vähän käsitellyllä jätevedellä kasteltaessa elintarvikkeiden saastumisriski on suuri. Tällaisella vedellä kasteltujen elintarvikkeiden kypsentämättömyydestä voi seurata vatsatauti- ja ihmissairauksia. Ilman keittämistä syötävillä kasveilla kasteluveden laatuvaatimukset ovatkin vastaavat kuin talousvedelle. Ennen käyttöä keitettävillä kasveilla vaatimukset ovat kuitenkin lievemmat. Useissa maissa esimerkiksi öljykasvien, viljojen ja teollisuusperunan kasteluun kelpuutetaan mekaanisesti puhdistettu vesi.

Kun käytetään sadetusta kasteluun, mahdolliset taudinaiheuttajat voivat levitä useita satoja metrejä kohdealuetta laajemmalle, erityisesti kostealla säällä tuulen mukana. Jätevedellä tai heikommin puhdistetulla vedellä kasteltaessa tämä tulee ottaa huomioon varmistamalla riittävä etäisyys asutukseen ja teille.

Euroopan parlamentti ja neuvosto antoivat vuonna 2020 asetuksen koskien jätevesien uudelleenkäyttöä kasteluvetenä maataloudessa²⁰. Asetuksen tarkoituksena on taata, että uusiovetä voidaan käyttää turvallisesti maataloudessa kasteluun varmistamalla ympäristön- ja terveydensuojelun korkea taso.

Valtioneuvosto päätti kesällä 2022, että uudelleenkäyttöasetusta ei sovelleta Suomes-

sa. Todettiin, että Suomen runsaiden vesivarojen vuoksi uudelleenkäyttö ei ole Suomessa tarkoituksenmukaista eikä se ole perusteltavissa ympäristönsuojelullisista tai taloudellisista näkökulmista. Päätöstä tullaan

kuitenkin tarkastelemaan uudestaan viimeistään kuuden vuoden kuluttua, jolloin asetuksen soveltamisen tarvetta Suomessa arvioidaan uudelleen.²¹

4.4 Tuottajalla vastuu veden laadusta

Viljelijällä on velvollisuus osoittaa, mistä kas-teluun käytetty vesi on peräisin ja esittää tutkimustulokset laadusta, mikäli sellaisia vaaditaan. Tutkimukset tulee tehdä Ruokaviraston hyväksymässä laboratoriossa, joista löytyy listaus Ruokaviraston nettisivuilta.²² Mi-

käli käytetään talousvettä, jonka toimittaa terveydensuojelulain mukainen valvottu laitos, ei tutkimuksia tarvita. Tällöin tulee kuitenkin voida osoittaa käytetty vesilähde esimerkiksi vesilaskun avulla.²³

5. Kasteluveden hankinta

Kun tarkastellaan Suomen kokonaisvesitasetta, kasteluveden riittävyys ei näyttäisi aiheuttavan haasteita. Suomessa vain noin 2 % maan veden kokonaisvalunnasta otetaan erillisiin hyötykäyttötarkoituksiin, joista suurin osa menee teollisuuden ja yhdyskuntien vedentarpeeseen. Lisäksi meillä kastelu perustuu lähinnä paikallisiin pintavesiä hyödyntäviin ratkaisuihin, eikä lämpimämmissä maisissa usein käytettyihin laajoihin vedensiirtojärjestelmiin tai pohjaveteen.

Kokonaistilannetta katsoessa Suomessa kolmasosa pelloista on aivan vesistön, järven, joen tai pääojan vieressä, hieman yli kolmasosa sijaitsee enintään 300 metrin päässä ja neljäsosa tätä kauempana, kun vesistöihin ei lasketa merenrantaa. Vesireitin läheisyyden yleisyys vaihtelee kuitenkin alueellisesti. Länsirannikon alueilla, joilla on paljon mereen purkautuvia vesistöjä, on myös eniten vesireittien lähellä sijaitsevia pelloja. Vähiten

vesireittien läheisyydessä olevia pelloja taas on saaristossa, etelärannikolla ja itäisen Suomen sisämaassa. Näilläkin alueilla 20–30 % pelloista sijaitsee vesireitin lähellä, Järvi-Suomessa tätäkin suurempi osuus.²⁴

Suomessa käytetään keskimäärin 20–30 mm vettä kertasadetuksella, jolloin tarvittava vesimäärä on 200–300 kuutiota hehtaarille. Usein kastelutarpeen aikaan alueen vesivarastot ovat pienimmillään, jolloin voidaan kastelukapasiteetin saavuttamiseksi tarvita erillistä veden varastointia.

Tarvittavan vesimäärän tarkempi arviointi vaatii tietoa kasteltavista kasveista, kasteltavasta alasta ja sadannan vajauksesta. Toimivan kastelun kannalta perusvaatimus on, että kastelun tullessa ajankohtaiseksi, tarvittava määrä laadullisesti sopivaa vettä on saatavilla. Hankinnan suunnitteluvaiheessa on otettava myös oikeudelliset asiat huomioon (ks. kohdat 4.4 ja 5.3).

5.1 Veden hankinnan suunnittelu

Kasteluun käytetään Suomessa yleensä pintavettä, joka pumpataan läheisestä joesta, järvestä, purosta, tai ojasta. Jossain tapauksissa voidaan pumpata pohjavettä varastoihin hapettumaan ja lämpenemään, käyttää merivettä tai jätevettä.

Veden siirtäminen kaukaa tulee kalliiksi ja pienentää kastelun kannattavuutta. Yhteis-

työ viljelijöiden kesken on suotavaa erityisesti, jos joudutaan rakentamaan pitkiä runkolinjoja, ja pumppaamoja.

Jos vesistö sijaitsee kaukana tai jos veden saanti on kuivina aikoina rajoitettua, saattaa olla kannattavaa varastoida vettä erilaisiin varastoaltaisiin (ks. kohta 5.2).

5.2 Vesien varastointi

Kasvukaudella monella alueella veden määrä on tavallista vähäisempi vesistöjen virtaaman ollessa juuri silloin pienimmillään. Jotta kasteluveden saanti kesällä voidaan varmistaa, saatetaan tarvita varastointia. Tämä voidaan toteuttaa kevään valumavesien talteenotolla. Tiettyyn kohtaan tulevien valumave-

sien määrä voidaan arvioida valuma-alueen perusteella, jonka koko voidaan karkeasti arvioida peruskartalta korkeuskäyrien mukaan. Valumavesien varastoinnista voi olla myös ympäristön kannalta hyötyä, jos sen avulla ravinnerikkaita vesiä pääsee vähemmän vesistöön. Valuma-alueen koon sekä va-

luma-alueen maankäytön arviointiin on ole-
massa Suomen ympäristökeskuksen kehittä-
mä työkalu (VALUE)²⁵.

Veden varastoinnin suunnittelu on syy-
tä tehdä huolella. Vesitalouden suunnitteli-
joiden yhteystietoja löytyy esimerkiksi Sa-
laojayhdistyksen nettisivuilta osoitteesta
www.salaojayhdistys.fi. Veden varastoinnissa
tulee ottaa myös huomioon tarvittavat luvat,
niiden hinta ja käsittelyajat (ks. kohta 5.3 ja
taulukko 5.1).

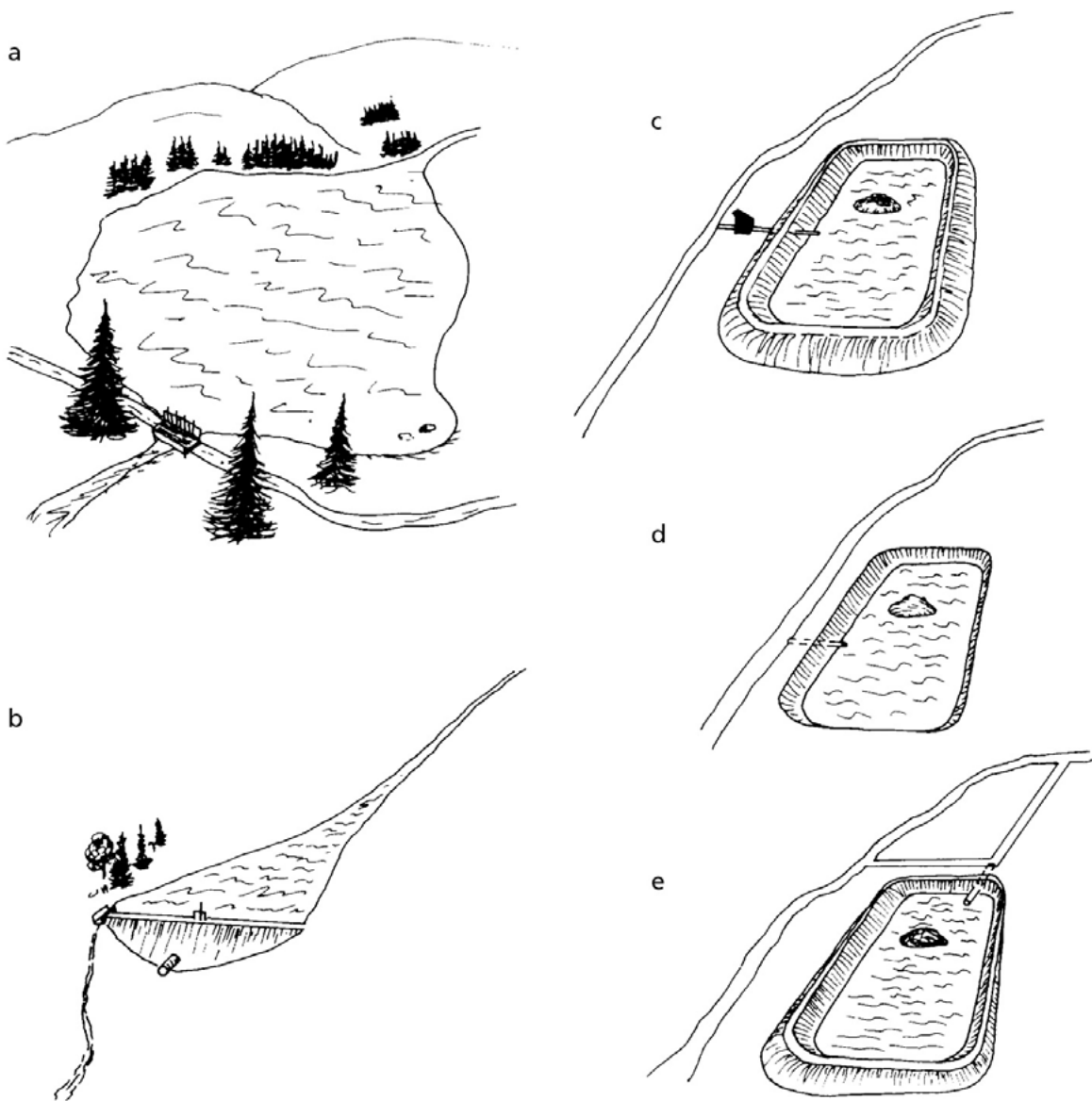
Veden varastointiin voidaan käyttää muun
muassa järvien säännöstelyä, jokien tai pu-
rojen padotusta tai erilaisia erikseen raken-
nettavia altaita. Allas voidaan täyttää joko
pumppaamalla pinta- tai pohjavesi altaaseen
tai suunnittelemalla altaan sijainti niin, että

se täyttyy luontaisesti. Altaan perustamisessa
on huomioitava pohjamaan tiiviys eli pysyy-
kö vesi altaassa ilman muovitusta. Jos poh-
jamaa on esimerkiksi erittäin tiivistä savi-
maata, vesi voi pysyä altaassa, mutta usein
voidaan joutua muovittamaan allas riittä-
vän tiiviyn saavuttamiseksi. Järvisäännös-
tely on aiemmin mainituista vaihtoehdoista
teknisesti helpoiten toteutettava ratkaisu, jos
alueella on järviä. Järvialtaiden säännöste-
lyyn tarvitaan useimmiten aluehallintoviras-
ton lupa (ks. taulukko 5.1 ja kohta 5.3).

Patoamalla tehty allas on edullisempi
kuin kaivamalla tehty. Tämän vuoksi yleen-
sä kaivamalla toteutetaan vain pieniä altai-
ta. Altaan tulee kuitenkin olla riittävän suuri
kastelutarpeeseen nähden. Myös altaan riit-

Pohjapato tai muu kiinteä pato		Luvan käsittely- maksu (€)
	suuri padotusalue (yli 4 km ²) (40 htp)	19 000
	keskikokoinen padotusalue (koko 0,1–4 km ²) (27 htp)	13 000
	pieni padotusalue (koko alle 0,1 km ²) (17 htp)	7 900
Vesistön säännöstelyä koskeva asia		
	yli 50 km ² :n suuruista vesialuetta koskeva säännöstely (205 htp)	98 000
	10–50 km ² :n suuruista vesialuetta koskeva säännöstely (113 htp)	54 000
	alle 10 km ² :n suuruista vesialuetta koskeva säännöstely (44 htp)	21 000
Veden ottamista koskevat asiat		
	pinta- ja pohjaveden ottaminen yli 2000 m ³ /vuorokausi (20 htp)	9 500
	pinta- ja pohjaveden ottaminen 500–2000 m ³ /vuorokausi (14 htp)	6 700
	muu vedenottoasia (7 htp)	3 200

Taulukko 5.1 Esimerkkejä vesiluvan vaativien toimenpiteiden luvan haun hinnoista (2/2023, www.avi.fi/palveluhinnasto). Sulkuihin on merkitty arvioitu keskimääräinen työmäärä henkilötyöpäivinä (htp). Käsittelymaksu tulee maksettavaksi, vaikka lupaa ei myönnettäisi. Hinnat voivat muuttua ja ne voi tarkistaa aluehallintoviraston nettisivuilta. ²⁶ Padotus-
alueella tarkoitetaan padon yläpuolista vesialuetta, jonka vedenkorkeuksiin pohjapato tai muu kiinteä pato vaikuttaa.



Kuva 5.1. Erilaisia tapoja varastoida vettä. a) Järvisäätö, b) uomassa oleva pato, c) erillinen allas, jota täytetään pumppaamalla, d) matalalla oleva allas, joka täyttyy itsestään ylivesikausina, e) allas, joka täyttyy itsestään ylävirtaan olevan vedenottokohdan avulla. Järvisäätö ja uomaan tehtävä pato vaativat todennäköisesti aluehallintoviraston (AVI) luvan. Lupahakemuksen käsittelystä tulee maksaa valtioneuvoston asetuksen mukainen maksu ja myös luvan käsittelyaika tulee huomioida (katso taulukko 5.1 ja kohta 5.3). (Kuva: Paasonen-Kivekäs ym. 2016 ¹⁾)

tävä syvyys on tärkeää laadun hyvänä pysymisen kannalta. Luontaisena paikkana altaalle voi toimia vesijättömaa tai muu vastaava vesistön varrelta löytyvä alava paikka.¹⁰

Altaan perustaminen patoamalla vaatii sopivat maanpinnan muodot. Lisäksi alueen valinnassa olisi edullisinta, myös ympäristöllisistä syistä, jos allas saataisiin perustettua paikkaan, johon pellon tai metsän valumavedet luonnollisesti valuvat.¹⁰

Kosteikko voi myös toimia varastoaltaana. Suunnittelemalla kosteikon vedenkorkeus vaihtelevaksi eri virtaamilla, voidaan kosteikon avulla vaikuttaa sen alapuoliseen purovesistöön tai valtaojaan vähentäen tulvavirtaamia ja lisäämällä alivirtaamia²⁷. Samalla kosteikko voi toimia tärkeänä luonnon monimuotoisuutta lisäävänä elinympäristönä. Tällöin on kuitenkin huomioitava elinympäristöjen vaatima vesimäärä ja varmistaa, ettei kosteikko tyhjene liikaa.

Valtaojien vedenpinnan liiallinen lasku viettävässä maastossa voidaan estää rakentamalla pohjapatoja/-kynnyksiä. Pohjapatojen avulla vedenpinta uomassa saadaan pidettyä korkeammalla, mikä voi vähentää peltojen kuivumista. Lisäksi pohjapadotus voi mahdollistaa kasteluveden oton uomasta.²⁷

Vesiuomaan padottuna varastoallas vaatii alijuoksutusjohdon patoon. Sen kautta vetä juoksutetaan vähävetisenä aikana vastaava määrä kuin yläjuoksulta virtaa altaaseen. Tämä pitää huolen altaan alapuolella olevien vedensaannista.

Vesivaraston kokoa suunniteltaessa mitoituserusteena tulisi olla kuivien vuosien tarve, ottaen huomioon suoto- ja haihduntahäviöt. Laskelmia tehdessä tulisi tarkastella säähavaintoja mahdollisimman pitkältä ajalta, koska on tärkeää muodostaa käsitys, mitä sadannan vaje voi suurimmillaan olla. Veden tarve yhdelle kastelukaudelle lasketaan kastelualan sekä kasteltavien kasvien veden tarpeen mukaan. Jos esimerkiksi 15 hehtaarin alalle säähavainnot ja kasvilaji huomioiden todetaan 150 mm (=1 500 m³ ha⁻¹) veden tarve kuivina vuosina, voidaan tarvittavan veden määräksi laskea 15 ha x 1 500 m³, josta saadaan tulokseksi 22 500 m³ tarve.

Tämä vastaa tilavuudeltaan allasta, joka on mitoiltaan 50 m x 150 m x 3 m. Altaan mitoituksessa otetaan huomioon sadanta, haihdunta ja mahdolliset suotautumiset sekä vesitilavuus, jonka toivotaan altaaseen jäävän kastelun jälkeen. Altaaseen kastelun jälkeen jäävä vesitilavuus riippuu siitä, onko altaalla muita käyttötarkoituksia. Virtaamien vaihteluiden säännöstelyyn allas sopii sitä paremmin mitä suurempi sen hyötytilavuus on. Tarkkojen valuntamittausten puuttuessa, voidaan olettaa, että talven ja kevään valumavesimäärä on noin 1 000 kuutiota hehtaarilta²⁸. Valuma-alueen valumavesien talteenotossa on lisäksi huomioitava veden muut mahdolliset käyttötarkoitukset sekä elinympäristöjen vaatima vesimäärä.

Soistumista ja matalavetisyyttä sekä kasvillisuushaittoja voidaan välttää suunnittelemalla kastelualtaan reunat riittävän jyrkiksi ja altaan syvyys riittäväksi. Ravinteiden kulkeutumista voidaan välttää jättämällä suojakaista altaan ja pellon väliin. Puilla altaan ympärillä on tuulta ja siten haihtumista ehkäisevä vaikutus.¹⁰ Myös puiden varjostus auringolta vähentää haihduntaa pitämällä veden lämpötilan matalampana kuin ilman varjostusta. Haihtumista ehkäisevä vaikutus vaihtelee puustotyyppin, sen tiheyden ja muiden ympäristön olosuhteiden mukaan.

Maisemaan ja ympäristöön liittyviä asioita voidaan ottaa huomioon suunnittelemalla monipuolisia altaita, joihin sisältyy kosteikkoalueita ja laskeutusaltaita. Ympäristön kannalta on hyvä, jos altaan sijainti voidaan suunnitella niin, että pellon kuivatusvedet valuvat siihen. Näin pellolta tulevia ravinteita saadaan talteen ja parhaassa tapauksessa käytettyä pellon kasteluvetenä.¹⁰

1 mm kasteluvettä = 10 m³/ha.
Jos kasteluvettä tarvitaan koko kaudella 120 mm, on vettä varattava 1200 m³/ha/vuosi + häviöt korvaava määrä. Esimerkiksi 20 ha alalle olisi tällöin vuodessa varattava 1 200 m³ x 20 ha = 24 000 m³ (+ häviöt).

Esimerkki allasrakentamisen kustannuksista 0,7 ha kokoisen veden varastoaltaan ²⁹ tapauksessa, joka toteutettiin kaivamalla.

Altaan rakentamisen investointikustannukset ovat tapauskohtaisia. Kustannuksiin vaikuttavat suuresti rakennettavan altaan koko ja toteutustapa. Altaan koon määrittämiseksi ja toteutustavan ja -paikan valitsemiseksi tarvitaan suunnittelutyötä. Jos allas on mahdollista rakentaa niin, että se täyttyy painovoiman avulla valumavesistä kuten esimerkin tapauksessa, erillistä veden pumppausta altaaseen ei tarvita. Muun suunnittelutyön lisäksi tulee tapauskohtaisesti neuvotella hankkeesta muiden kyseisen valuma-alueen maanomistajien kanssa sekä tehdä tarvittavat ilmoitukset ja lupahakemukset, joista mahdollisesti aiheutuvat kustannukset tulee huomioida (ks. taulukko 5.1 ja kohta 5.3).

Allasrakentamisen kustannukset 1. kastelualaa ja 2. altaan kasteluveden tilavuutta kohti:

Kasteltavissa olevaa peltoalaa kohti kustannus oli noin 2 800 €/ha.

Altaaseen varastoitavissa olevaa kasteluveden määrää kohti kustannus oli noin 8 €/kuutio.

Syntyneet kustannukset voidaan eritellä eri kululuokkiin seuraavasti:

- Ostopalveluna toteutettu suunnittelu 13 %
- Kaivuutyö 65 %
- Kaivot, putket ja muovi (=tarvikkeet) 20 %
- Muu (=raivaus) 2 %

Esimerkin kustannuksissa ei ole otettu huomioon oman työn osuutta suunnittelussa, kilpailutuksessa ja valvonnassa.

Yllä esitetyt kululuokat (suunnittelu ostopalveluna, kaivuutyö, materiaalit, muu, esim. raivaus) sisältynevät yleisesti vastaavan hankkeen toteutukseen, mutta niiden osuudet voivat vaihdella tapauskohtaisesti.

Kaivuutyö toteutettiin esimerkin tapauksessa pääosin talvella, mikä tarjosi työtilaisuuden hankkeessa kaivuutyön toteuttaneelle salaojaurakoitsijalle. Sesongin ulkopuolelle sijoittunut työ saattoi vaikuttaa kaivuutyön hintaan.

5.3 Veden hankintaan liittyvä lainsäädäntö

Vesilakiin (587/2011) ³⁰ sisältyy kaikkia vesitaloushankkeita koskeva velvoite haittojen ennaltaehkäisystä ja minimoinnista. Vaikka hanke ei vaatisi lupaa, tätä velvoitetta tulee noudattaa. Hanke tulee toteuttaa niin, että vesien käytöstä ei aiheudu *vältettävissä olevaa yleisen tai yksityisen edun loukkausta, jos hankkeen tai käytön tarkoitus voidaan saavuttaa ilman kustannusten kohtuutonta lisääntymistä kokonaiskustannuksiin ja aiheutetta-*

vaan vahingolliseen seuraukseen verrattuna.

Veden ottamisesta on säädetty vesilain neljännessä luvussa. Säännökset koskevat pintaja pohjaveden ottamista. Tekopohjaveden ottamiseen sovelletaan pohjaveden säännöksiä. Jos pintavettä johdetaan tekopohjavedeksi, tulee myös huomioida ympäristönsuojelulain (527/2014) ³¹ pykälät 16 (maaperän pilaamiskielto), 17 (pohjaveden pilaamiskielto) ja 28 (luvanvaraisuus pohjavesialueilla).

Pintavettä saa vapaasti ottaa tavanomaiseen kiinteistökohtaiseen käyttöön omalta alueelta. Pinta- tai pohjaveden otosta tulee ilmoittaa ELY-keskukselle, jos vedenottomäärä on suurempi kuin 100 kuutiota vuorokaudessa. Ilmoitus tulee tehdä vähintään 30 vuorokautta ennen toimenpidettä tai 60 vuorokautta ennen toimenpidettä, jos kyseessä on johdon sijoittaminen toisen vesialueelle (vesilain 2 luku 5 a §).³⁰

Aluehallintoviraston lupa vedenottoon tarvitaan, jos kiinteistökohtaisella omalta alueelta tapahtuvalla vedenotolla on vaikutusta vesilaissa määriteltyyn yleiseen etuun. Lupa tarvitaan myös, jos pohjavettä otetaan suurempi määrä kuin 250 kuutiota vuorokaudessa. Lupa tarvitaan aina, jos pohja- tai pintavettä otetaan laajamittaiseen toimintaan, kuten vesihuoltolaitoksen tarpeisiin. Vedenoton luvan tarve on määritelty vesilain 3 luvun 2 ja 3 §.³⁰ Tietoja aluehallintovirastolta haettavien lupien käsittelymaksuista löytyy aluehallintoviraston nettisivuilta²⁶ ja esimerkkejä taulukosta 5.1.

Muusta kuin vähäisestä ojituksesta on ilmoitettava kirjallisesti ELY-keskukselle vähintään 60 päivää ennen ojituksen aloittamista. Vähäisenä ojituksena voidaan pitää pienehkön metsäkappaleen ojitusta, rakennuspaikan kuivattamisen vuoksi tarpeellista ojitusta omalle maalle, vähäisen peltolohkon ojitusta, peltolohkon täydennysojitusta tai salaojitusta. Happamilla sulfaattimailla tai pohjavesialueella ojitettaessa tulee aina tehdä ilmoitus.³² Ilmoituksesta tulee käydä ilmi kuka hankkeesta vastaa. Ilmoituksessa kuva-

taan hanketta ja sen vaikutusalueita sekä miten hanke vaikuttaa ympäristöön (vesilaki 5:6)³⁰. Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä siitä, mitä ilmoituksen tulee sisältää. Ilmoituksen perusteella ELY-keskus arvioi luvan tarpeen. Ojituksen, ojan käyttämiseen ja sen ylläpitoon tarvitaan joissain tapauksissa aluehallintoviraston (AVI) lupa^{30, 33}.

Ruoppaukselle tulee hakea lupa aluehallintovirastolta, jos ruopattava määrä on tilavuudeltaan yli 500 kuutiota. Jos määrä on alle tämän ja ruoppaus suoritetaan koneellisesti, tulee siitä tehdä ilmoitus ELY-keskukselle sekä vesialueen omistajalle ainakin 30 vuorokautta ennen ruoppauksen aloittamista. Luvan tarve arvioidaan tapauskohtaisesti huomioiden alueen luontoarvot. Jos hankkeesta voi aiheutua haittaa luonnolle tai kalakannoille, tarvitaan lupa. Tiettyjen luonnontilaisten luontotyyppien, kuten enintään 10 ha kokoisen fladan, lähteen tai kluuvijärven luonnontilaa ei saa vaarantaa. Myöskään muualla kuin Lapin maakunnassa sijaitsevan noron tai enintään 1 ha kokoisen järven tai lammen luonnontila ei saa vaarantua. Ilmoituksesta ELY-keskukselle ei tarvitse maksaa, mutta aluehallintovirastolle tehtävät lupahakemukset ovat maksullisia. Lisää tietoa ruoppausmassojen sijoittamisesta, ruoppauksen ajoittamisesta, ruoppauksen haitoista ja niiden välttämisestä, ruoppaukseen liittyvästä lainsäädännöstä sekä ilmoituslomake löytyvät Ympäristöhallinnon verkkopalvelusta ja vesilaista^{34, 30}.

Peruskuivatushankkeissa (ojitukset, valtojen ja purojen putkitukset ja perkaukset,

Vedenottomäärä suurempi kuin 100 m³/vrk	Ilmoitus ELY-keskukselle väh. 30 vrk ennen toimenpidettä (60 vrk ennen, jos johto sijoitetaan toisen vesialueelle).
Vedenottomäärä suurempi kuin 250 m³/vrk	Tulee hakea lupa aluehallintovirastolta (AVI), muista huomioida lupamaksu ja käsittelyaika.
Vedenotolla on vaikutuksia yleiseen etuun (määritelty vesilaissa³⁰)	Tulee hakea lupa aluehallintovirastolta (AVI), muista huomioida lupamaksu ja käsittelyaika.

Taulukko 5.2. Vedenottoon liittyvät ilmoituksen ja luvan rajat.³⁰

viljelyalueiden pengerrykset), joilla on usein yhteys myös kasteluveden saatavuuteen, tulisi suosia luonnonmukaisia menetelmiä, joilla voidaan samalla myös edistää luonnon monimuotoisuutta³⁵. Luonnonmukaisista menetelmistä on julkaistu Suomen ympäristökeskuksen opas *Maatalousalueiden perattujen purojen luonnonmukainen kunnostus*³⁶.

Todennäköisesti lisääntyvän kastelutarpeen myötä on mahdollista, että tulevaisuu-

nessa veden hankintaan liittyvää lainsäädäntöä muutetaan vastaamaan entistä suurempaa vedenottotarvetta. On esimerkiksi esitetty, että vedenottohankkeet, joissa vesilähteenä on vesistö, tulisi saada ilmoitusmenettelyn piiriin jo nykyistä pienemmällä määrällä (10 kuutiota vuorokaudessa) ja ilmoittajan tulisi laatia veden riittävyys selvitys myös pienestä hankkeesta²⁸.

6. Kastelumenetelmät

Kastelumenetelmän valinta vaikuttaa kastelun onnistumiseen sekä kannattavuuteen. Perusteellinen kastelun suunnittelu on tämän vuoksi hyvin tärkeää. Tulee muun muassa miettiä, mistä kasteluvesi saadaan, kuinka paljon sitä tarvitaan, miten valittu kastelumenetelmä vaikuttaa maan vesi- ja ravinnetalouteen ja mitkä ovat sen investointi- ja käyttökustannukset. Myös oikeudelliset asiat tulee ottaa huomioon (ks. kohdat 4.4 ja 5.3).

Suomessa sadetuskastelu on yleisin käytössä oleva menetelmä. Alta- ja tihkukastelua käytetään myös jonkin verran. Valutus- ja upotuskastelu ovat yleisiä kastelumenetelmiä maailmalla, mutta meillä niitä ei juuri käytetä. Suomessa kastelu on ilmasto-olo-

suhteiden vuoksi vähäisempää kuin lämpimämmillä alueilla ja sitä käytetään lähinnä erikoiskasvien, kuten marjojen, vihannesten ja perunan viljelyssä. Lisäksi sadetusta käytetään erikoiskasvien viljelyssä hallantorjuntaan. Jos kuivuuskaudet yleistyvät ja maataloustuotteista saatava hinta tekee kastelun kannattavaksi, kastelu voi lisääntyä tulevaisuudessa.

Sadetus-, tihku- ja tippukastelussa vesi johdetaan ylhäältäpäin kasvin tai maan pinnalle, tihkukastelussa vesi voidaan viedä myös hieman maan pinnan alapuolelle. Alta-kastelussa vesi nousee alhaaltapäin pohjavedestä juuristovyöhykkeeseen.

6.1 Sadetuskastelu

Sadetuskastelussa vesi pumpataan putkia pitkin kastelualueelle ja ruiskutetaan korkealla paineella ilmaan sateen omaisesti. Sadetukseen voidaan käyttää sadettimia, kastelupuomia, center pivot -kastelujärjestelmää (ympyräkastelua) tai tykkisadetinta.

Kastelupuomi on tykkisadetinta hellävaraisempi maanpinnalle. Jos kastelulaitteistoa joudutaan siirtämään, voidaan keskimäärin arvioida, että kastelulaitteen siirtämiseen menee noin 30 minuuttia, jos käytössä on tykkisadetin ja noin 45 minuuttia, jos käytössä on kastelupuomi³⁷.

Sadetuskastelun etuja on monikäyttöisyys. Sitä voidaan käyttää pinnanmuodoiltaan ja maalajiltaan erilaisilla pelloilla, useimmille kasveille sekä myös hallantorjuntaan. Veden tarpeen tulee kuitenkin olla kohtuullinen – sadetuskastelua käytetään yleensä kosteilla alueilla vain kuivakausien sadannan vajeeseen. Tippu- ja tihkukasteluun verrattuna sadetuskastelussa veden häviöt ovat myös haihdunnan ja heikomman kohdennettavuuden vuoksi suuremmat. Tämän vuoksi sadetus kannattaa ajoittaa mahdollisuuksien mukaan

yoaikaan, jolloin haihdunta on vähäisempää ja tuuliolosuhteet usein päivää paremmat.

Perinteisissä sadetinkastelulaitteissa on halkaisijaltaan 20–40 metrin aluetta kastelevia pyöriviä sadettimia. Sadettimet ovat kiinni alumiiniputkissa, joita siirrellään keran tai useammin vuorokaudessa käsin. Siirtely on työlästä. Tämän vuoksi arvokkaita kasveja varten voidaan myös hankkia riittävän sadettimia koko alan kattamiseksi. Tällöin sadetusta voidaan hyödyntää myös hallantorjunnassa esimerkiksi marjatiloilta. Sadettimet asetellaan limittäin suhteessa viereisiin riveihin tasaisemman kastelun taakamiseksi.

Maailmalla yleisesti käytetty center pivot -kastelujärjestelmä on Suomessa vielä harvinaisen. Ympyrän keskellä sijaitseva pumppu pumppaa vettä satoja metrejä pitkään kastelupuomistoon, joka kulkee keskikohdan ympäri kastellen ympyrän muotoisen alan. Järjestelmiin on tullut myös kääntyviä päitä, jolloin saadaan tarkemmin kasteltua pellon reunaa ja kasteltu ala ei ole täysin ympyrän muotoinen.



Kuva 6.1. Nurmen sadetuskastelua tykkisadettimella.
(Kuva: Sakari Alasuutari, Vastavalo.net.)



Kuva 6.2. Nurmen sadetuskastelua kääntyvällä puomilla Pikkalan kartanolla Siuntiossa. Kastelupuomin päässä tykkisadetin kastelee pellon reunaa.
(Kuva: Jani Bergholm.)



Kuva 6.3. Maissin sadetuskastelua perinteisillä ympyräsadettimilla Pikkalan kartanolla Siuntiossa.
(Kuva: Jani Bergholm.)

Center pivot -kastelujärjestelmällä saadaan kasteltua kerralla iso ala. Laite on siirrettävä, mutta suuren kokonsa vuoksi siirrot on suunniteltava tarkasti siirtomatkan minimoimiseksi. Center pivot -järjestelmä voisi soveltua useamman tilan yhteishankinnaksi.

On myös olemassa kastelu-uomin ja center pivot -kastelujärjestelmän yhdistelmiä, kääntyviä kastelu-uomeja (ks. kuva 6.1).

6.2 Tihkukastelu

Tihkukastelussa kastellaan tihkukasteluletkun reikien kautta joko kasvien tyvää tai letku voidaan myös sijoittaa hieman maanpinnan alapuolelle, perunan kohdalla esimerkiksi penkin harjalta suunnilleen 5–10 cm syvyyteen. Tihkukastelua käytetään perunan viljelyn lisäksi yleisesti myös muilla erikoiskasveilla ja kasvihuonetuotannossa.

Tihkukastelussa voi riittää jopa vain 0,5 baarin paine, jos maa on tasainen. Epätasaisella maalla tulee hankkia pinnanmuotojen mukaan tätä tehokkaampi pumppu.

Tihkukastelujärjestelmässä reikien tukautuminen voi aiheuttaa ongelmia, joten veden puhdistamiseen tarvitaan vähintään hienosuodatin, mutta tämän lisäksi myös hiekkasuodatin voi olla tarpeen veden partikkeleiden määrän mukaan.

Lähiaikoina on tullut saataville uudentyyppinen jakolinja rivikohtaisilla liittimillä, joka voisi sopia yksivuotisille kasveille, myös esimerkiksi viljoille. Pro flat -letkun paino on kolmasosa tavanomaisen letkun painosta, se kestää yliajon tyhjänä ja sen rullaaminen kasaan onnistuu nopeasti hydraulisella kelalla. Letkuun voi teettää reiät jo tehtaalla. Letkun asennus on tavanomaista nopeampaa ja helpompaa, mutta vaatii GPS-paikannuksen.

Center pivot -järjestelmästä poiketen näissä veden syöttöön käytetty pää ei ole kiinteästi paikallaan pysyvä, vaan se voi myös liikkua renkaiden avulla. Tällaisen kastelujärjestelmän avulla voidaan saada iso ala sadetettua ilman erillisiä siirtoja, kun laite kääntyy itse pellon päässä. Myös veden otto pellon vierestä voi olla mahdollista, jolloin on mahdollista kastella suorakaiteen muotoinen ala.



Kuva 6.4. Tihkukastelussa letku voidaan viedä myös hieman maanpinnan alapuolelle sen sijaan, että se pidettäisiin kasvin tyvellä mullan päällä. (Kuva: Lantbrukarnas Riksförbund (LRF).)



Kuva 6.5. Tihkukasteluletku kuvattuna tihkun kohdalta letkun ulko- ja sisäpuolelta. Kasteluveden riittävä suodattaminen on tärkeää tihkujen tukkeutumisen estämiseksi. Virtauksentasajaan tarkoitus on tasata tihkukohtien virtausta, jotta kastelu olisi mahdollisimman tasainen paineen muuttuessa putkessa. (Kuva: Lantbrukarnas Riksförbund (LRF).)

6.3 Tippukastelu

Tippukastelussa vesi johdetaan johtojen kautta ns. tippuihin, joiden läpi kasville kulkevaa vesimäärää voidaan hallita jokaisen tipun kohdalla erikseen ruuvin kireyttä säätämällä. Tippukastelua käytetään yleisimmin kasvihuoneissa, mutta myös avomaalla hedelmäpuiden kasteluun.²⁸ Tippukastelun etuina on, että sen avulla on mahdollista optimoi-

da vedenkäyttöä pienellä työmäärällä. Myös käyttökustannukset ovat pienet. Tippukastelun alkuinvestointikustannukset ovat kuitenkin usein suuret. Kasvihuoneissa käytettäessä kasteluvesi pyritään kierrättämään, mikä lisää investointikustannuksia, mutta pidemmällä aikavälillä alentaa veden ja lannoitteiden kustannuksia.

6.4 Sadetus-, tihku- ja tippukastelujärjestelmien kokoonpanot

Sadetus-, tihku-, ja tippujärjestelmien tärkeimmät osat ovat pumppu voimanlähteenä (ks. kohta 7.2 Pumpun valinta), putki-

verkosto veden kuljetukseen sekä mahdollinen sadetusjärjestelmä.

Kastelujärjestelmissä käytettävät vesiput-

ket voivat olla kiinteitä (yleensä muovisia) tai siirrettäviä (yleensä alumiinisia). Kiinteät putket on usein kaivettu maahan ja ne on varusteltu vesiposteilla, joihin voidaan liittää putkia/letkuja tai kastelulaitteita.

Tykkikasteluun käytettävissä kastelulaitteissa on yleensä 300–800 metriä pitkä polyteeniletku, jota vedetään hitaasti takaisin kelalle ja samalla suuri vesitykki kastelee 40–80 metriä leveää aluetta. Tällaisen laitteen kastelukapasiteetti on 25–30 mm vettä 1–5 hehtaarille vuorokaudessa. Kastelulaitteita löytyy vuorokausikapasiteetiltaan noin 0,5 hehtaarista 8 hehtaariin, jolloin myös veden tarve vaihtelee välillä 5–80 m³/tunti³⁷. Kastelulaitteet käyttävät paljon energiaa ja vesi jakautuu epätasaisesti tuulisella säällä. Vedenjakautumisen tarkentamiseksi on kehitetty suuttimin tai pienin sadettimin varusteltuja kastelupuomeja, joiden työleveys on 20–75 metriä. Näi-

den avulla tasainen kastelu onnistuu suhteellisen tuulisellakin säällä. Puomien huonona puolena on vaikea siirrettävyys.

Tihku- ja tippukastelujärjestelmässä käytetään ohuita, noin 12–16 mm muoviputkia, jotka pidetään siirtelemättä pellolla kaudesta toiseen. Putkia voidaan pitää maanpinnalla tai viedä ne maan alle. Putkissa olevien pienten suuttimien tai tiputtajien kautta kasvit saavat vähitellen vettä. Tihku- tai tippukastelujärjestelmiä voidaan käyttää myös liuoslannoitteiden levittämiseen.

On hyvä olla jo heti suunnittelun alkuvaiheessa yhteydessä kastelulaitteiden jälleenmyyjiin ja toimittajiin, jotka osaavat neuvoa tilakohtaisissa kastelujärjestelmäratkaisuissa. Eri kastelujärjestelmiä ja niiden erityispiirteitä on kuvailu tarkemmin muun muassa Maan-kuivatuksen ja kastelun suunnittelu -julkaisussa¹⁰.

6.5 Altakastelu

Säätösalaojituksella, jossa salaojastoon padotaan vettä, tai altakastelulla, jossa kasteluvettä pumpataan padottavaan salaojastoon, on mahdollista pitää pohjaveden pintaa tavanomaista korkeammalla, jolloin kasvien veden saanti paranee. Padotus voidaan toteuttaa myös sarkaojissa. Kastelua voidaan tehostaa ja vaikutusaluetta laajentaa myös laskuojia padottamalla. Pohjavedenpinta pyritään kasvukaudella säätämään siten, että kosteusolot ovat kasvien kannalta optimaaliset.

Altakastelu vaatii sopivat olosuhteet toimiakseen, joten se ei sovellu kaikille pelloille. Soveltuvuuteen vaikuttaa erityisesti maalajin vedenliikkeiden nopeus eli maan vedenjohtavuus kyllästettynä ja kyllästymättömänä, jotta vedenpinta saadaan lasketuksi ja nostetuksi riittävän nopeasti. Kasvien veden saannin turvaamiseksi oleellisinta on kapillaarisuus. Hitaan kapillaarisuuden vuoksi altakastelu tai säätösalaojitus ei yleensä sovi savimaille. Syväturpeisilla mailla haasteena on ruokakasvien viljelyn kannalta suuren vesimassan hitaat liikkeet. Altakastelun soveltu-

vuuteen vaikuttaa lisäksi maan struktuuri.

Altakastelussa käytetään joko salaojaverkoston tai avo-ojien padotusta kasteluun. Altakastelu on yleisnimitys kaikille altakastelumuodoille. Muita altakastelusta tai sen eri tyypeistä käytettyjä nimityksiä ovat salaoja-, säätö-, pohjavesi- ja padotuskastelu. Altakastelussa vettä johdetaan käytössä olevista kuivatusjärjestelmistä (avo-oja, salaojaputket) maahan. Jotta altakastelu onnistuu, on maan oltava tasainen (kaltevuus enintään 1 %), lajitekoostumukseltaan yhtenäinen ja läpäisevyyden hyvä (kuten hieno hieta, ja sitä karkeammat maalajit sekä urpasavi), jotta pohjavedenpinnan säätö onnistuu riittävän nopeasti. Syvemmällä maassa tulee olla vettä läpäisemätön kerros tai pohjaveden tulee olla luonnostaan korkealla.

Kasvukaudella vesi pumpataan tai padotaan niin, että pohjavedenpinta pyritään pitämään halutulla korkeudella (esimerkiksi noin puoli metriä maanpinnan alapuolella). Pumpun voi säätää (mittaamalla esimerkiksi vedenpinnan korkeus säätökaivossa tai



Kuva 6.3. Pohjavedenpinnan tasoa säädelään säätökaivon avulla. Altakastelussa säätökaivon kautta voidaan pumpata lisävetä ojastoon. (Kuva: Markus Sikkilä.)

pohjavesiputkessa kohon avulla) niin, että se aloittaa toiminnan vasta pohjaveden lasketua ennalta määritetylle syvyydelle.

Altakastelussa vesi pääsee nousemaan juuristokerrokseen kapillaarisesti. Keväällä ja syksyllä pohjavedenpintaa lasketaan maan kuivattamiseksi ja paremman kantavuuden saavuttamiseksi työkoneita varten ja maan tiivistymisen estämiseksi.

Eniten altakastelua käytetään Pohjanmaalla, jossa on monin paikoin luonnostaan sille sopiva maaperä. Suurimmalta osin kastelu on toteutettu salaojien kautta, joihin vesi johdetaan yleensä pumpaamalla vettä järvestä tai joesta. Vesi pyritään johtamaan järjestelmään salaojien tai avo-ojien yläpäästä, josta se kulkeutuu säätöjärjestelmien ohjaamana eteenpäin ja lopulta maaperään kasvien käyttöön. Joskus voidaan myös padot-

tamalla tai pumpaamalla syöttää vesi ojan kaltevuutta vastaan. Yleensä näissä tapauksissa on kysymys yksittäisistä valtaojaan päättyvistä salaojista. Kaltevuuden ja sijaintien kannalta juuri sopivissa olosuhteissa on myös mahdollista syöttää vesi painovoimavirtausta hyödyntäen ojaston yläosaan, jolloin pumpausta ei tarvita.

Kun halutaan käyttää salaojastoa altakasteluun, otetaan tämä huomioon jo suunnitteluvaiheessa tiheämpänä ojavälinä. Kun kokonaan uusi ojitus tehdään säätösalojitukselle, käytetään noin 30 % tiheämpää ojaväliä kuin tavanomaisen salaojituksen tilanteessa käytettäisiin. Jos taas ojitusta suunniteltaessa tiedetään, että säätösalojitusta on tarkoitus käyttää myös kasteluun, voidaan ojitus tehdä jopa 50 % tiheämmäksi verrattuna tavanomaisen salaojan ojaväliin vastaavalla pellol-

la. Riittävän tiheä ojaväli takaa tasaisen kosteuden padotuksen aikana sekä nopean kuivumisen esimerkiksi rankkasateen sattuessa.

Altakastelun tai salaojakuivatuksen tarve tulee ennakoida hyvissä ajoin, sillä padotuksen säätöön ja mahdolliseen lisäveden pumpauksen tarpeeseen vaikuttaa se, kuinka nopeasti kyseessä olevan peltolohkon pohjaveden pinta muuttuu padotuksen vaikutuksesta. Altakastelussa riittävän aikainen kastelun aloitus on tärkeää, jotta pohjaveden korkeus ei pääse laskemaan liian alas. Jos pohjavesi pääsee laskemaan liian alas, vesi ei pääse nousemaan juuristokerrokseen kapillaarisesti. Altakastelussa salaojastoon kannattaa syöttää vettä hitaasti, jotta vesi ehtii imeytyä maahan ja saadaan minimoitua mahdolliset ohivalunnat.

Altakastelussa pohjavedenpinta on tasaisemmin jakautunut kuin säätösalojituksessa kuivatuksen aikaan. Siten myös juuristovyöhykkeen kosteus on tasaisemmin jakautunut altakastelun aikana kuin tilanteessa, jossa salaojakuivatus on toiminnassa. Altakastelulla saadaan tasaisempi kastelutulos verrattuna ylhäältä päin toteutettuihin kastelumenetelmiin, kuten sadetuskasteluun, joissa esimerkiksi tuuliolosuhteet ja pistemäinen vesilähde voivat vaikuttaa kasteluveden epätasaiseen jakautumiseen pellolla.

Altakasteluun on kehitteillä etäojattava säätökaivo, johon tulevaisuudessa kehitystyön myötä voidaan lisätä automaattiohjausta sääolojen, kuten maan kosteuden, sadannan ja pohjaveden pinnan korkeuden, mukaan.



Kuva 6.4. Pohjavedenpinnan tasoa voi mitata pohjavesiputkeen asennettavalla ja kohon avulla toimivalla niin sanotulla antennilla, joka näyttää pohjavedenpinnan etäisyyden maanpinnasta. Pohjavedenpinnan tason mittaamiseen on myös olemassa automaattimittareita. (Kuva: Rainer Rosendahl.)

7. Kastelujärjestelmän suunnittelu

Kastelujärjestelmän suunnitteluun vaikuttavat muun muassa vesilähteen sijainti (etäisyys ja korkeus), kasteluvesimäärän mitoitus (määräävänä tekijänä tarve tai riittävyys), kasteltavien lohkojen erityispiirteet (muoto, topografia, maalaji ja vesitalous), kasteltava pinta-ala, kastelumenetelmä, kasteltavat kasvit, käytettävissä olevat resurssit (esim. olemassa oleva salaojitus, työvoima, kannattavuus, tilussuhteet) sekä tilan tulevaisuuden suunnitelmat. Tarkasti suunnitteleamalla kas-

telujärjestelmä saadaan optimoitua niin, että sen kastelutulos on tasainen ja tarvittavat resurssit, kuten putkien ja muiden kastelujärjestelmän osien määrä sekä tarvittava työvoima, ovat mahdollisimman vähäiset.

Kastelujärjestelmään kuuluvat vesilähde ja mahdolliset varastoaltaat, vedenottoputki, pumppu, siirtoputki, jakeluverkosto sekä kastelulaitteet. Lisäksi järjestelmään voi kuulua erityyppisiä mittalaitteita ja automatiikkaa kastelun seurantaan ja toteuttamiseen.

7.1 Kastelumenetelmän valinta ja mitoitus

Kastelumenetelmän valintaan vaikuttavat suurelta osin samat tekijät kuin järjestelmän suunnitteluunkin. Altakastelu on sille suotuisissa olosuhteissa helppohoitoinen ja tehokas kastelumenetelmä. Suomessa yleisin kastelumenetelmä on soveltavuudeltaan monipuolinen sadetuskastelu. Sadetuskastelussa veden häviöitä tapahtuu haihdunnan kautta ja tuulisuus aiheuttaa veden epätasaista jakautumista.

Tippu- ja tihkukastelumenetelmien etuja ovat vähäinen työpanos, toimivuus matalalla vedenpaineella, hyvä tarkkuus (kastelee vain juuristoa, ei esim. riviväliä) ja mahdollisuus automatisoinnille. Tippu- ja tihkukastelua käytetään eniten marja- ja hedelmätiloilla, joilla letkut voidaan pitää paikoillaan, koska vuosittaisia peltomaan muokkauksia ei tarvita. Voisikin pohtia, olisiko tihkukastelussa potentiaalia myös muille kasvinviljelytiloille, joilla käytetään suorakylvöä. Lisäksi on kehitetty koneita, joiden avulla letkujen käsittely helpottuu, ja siten tippu- tai tihkukastelujärjestelmän käyttö myös yksivuotisilla kasveilla mahdollistuu. Yleisenä ongelmana tippu- ja tihkukastelujärjestelmissä ovat tukkeumat, joiden välttämiseksi veden suodattaminen on usein tarpeen. On myös kehitetty letkuja, joiden ei pitäisi tukkeutua yhtä helposti kuin tavanomaiset letkut.

Sopivan kastelumenetelmän löydyttyä tulee pohtia, miten kastelukapasiteetti mitoitetaan. Kastelukapasiteetin mitoittamiseen vaikuttavat fyysisten tekijöiden lisäksi taloudelliset seikat. Usein arvokkaille kasveille mitoitetaan kapasiteetti niin, että se riittää myös kuivimpina vuosina. Muiden kasvien kohdalla voidaan tyytyä siihen, että kapasiteetti riittää esimerkiksi keskimäärin kahdeksana vuonna kymmenestä. Mitoituksessa on otettava myös huomioon kasteltavien kasvien juuriston syvyys sekä maan vedenpidätyskyky. Riittävä kastelukapasiteetti korostuu matalajuuristen kasvien viljelyssä hiekkamailla, joilla kasveille saatavilla oleva vesivarasto voi kulua loppuun muutamassa päivässä. Hyvin vettä pidättävillä mailla, joilla viljellään syväjuurisia kasveja, vesivarasto kuluu tasaisesti eivätkä lyhyet kuivuusjaksot vaikuta erityisen merkittävästi.

Kastelujärjestelmän käyttöaika vuorokaudessa tulee myös ottaa huomioon mitoituksessa. Kastelualan sekä vuorokautisen veden tarpeen ja käyttöajan avulla voidaan laskea järjestelmän kastelukapasiteetti. Esimerkiksi, jos 20 hehtaarin viljelyalaa tulee voida kastella noin 4 mm vuorokaudessa (eli 40 kuutiota per hehtaari), laitteiston käyttöaika on arviolta noin 16 tuntia vuorokaudessa kuivakautena ja vuorokaudessa kuluva vesimäärä

on 800 kuutiota (20 ha x 40 kuutiota), saadaan kastelujärjestelmän kapasiteetiksi 50 kuutiota per tunti (vuorokauden vesimäärä jaetaan käyttöajalla: 800/16). Jos käyttöaikaa olisikin vain 10 tuntia vuorokaudessa, tarvittaisiin tuntikapasiteetiksi 80 kuutiota. Tämä johtaa investointivaiheessa suurempiin kustannuksiin, kun tarvitaan muun muassa tehokkaampi pumppu ja suuremmat putket. Lisäksi, kun tiedetään kokonaisvedentarve, on veden riittävyyden varmistamiseksi tarpeen ottaa huomioon myös muiden tilojen ja koko valuma-alueen vedenkäyttö. Vaikka vedenottomäärä olisi pienempi kuin ilmoitusvelvollisuuden raja (100 m³/vrk), voi alueen yhteenlaskettu vedenkäyttö johtaa veden riittävyyden haasteisiin.

Tuntikapasiteetti (m³) lasketaan jakamalla vuorokaudessa tarvittu vesimäärä (m³) kastelujärjestelmän käyttöajalla (tuntia vuorokaudessa).

Vuorokauden vesimäärä

= ala (ha) x vedentarve vuorokaudessa (m³/ha, lasketaan vuorokauden kastelutarve (mm) x 10 = m³/ha)

Tarvittava vesimäärä arvokkaille kasveille, kuten mansikoille ja vihanneksille, on noin 4–5 mm vuorokaudessa, kun taas nurmelle, perunalle ja sokerijuurikkaalle riittää keskimäärin 3–4 mm vuorokaudessa.

Käytettäessä altakastelua, sopiva kosteus juuristovyöhykkeessä saadaan aikaan pohjavedenpintaa säätämällä kasteluveden pumpauksen avulla. Kasteluvedentarve voidaan arvioida maan täytettävissä olevan huokostilavuuden sekä nykyisen ja tavoitteellisen pohjavedenpinnan tason erotuksen avulla.

Altakastelussa pohjavedenpinnan nostoon tarvitaan suuri vesimäärä. Vaikka vesi padotaan, lisätty vesimäärä kuluu haihdunnan, kasvien vedenkulutuksen sekä suotautumisten vuoksi. Hyvissä olosuhteissa padotettu pohjavedenpinnan taso alenee kuitenkin

Esimerkki kasteluveden tarpeesta altakastelussa

Pohjavedenpinta on 100 cm maanpinnan alapuolella ja pohjaveden tasoa halutaan nostaa 40 cm, jotta pohjavedenpinnan taso saataisiin nostettua 60 senttimetriin maanpinnasta. Esimerkkinä käytetään Sievin koelohkoa³⁸, jonka maalaji on karkea hieta. Pohjavedenpinnan ollessa 100 cm syvyydessä maan pinnasta, pohjavedenpinnan yläpuolisen 40 cm maaprofiilin, joka halutaan täyttää vedellä, käytettävissä oleva huokostila on 10 % maan kokonaistilavuudesta. Kun veden nostotarve on 40 cm ja täytettävä huokostilavuus 10 %, voidaan vedentarve hehtaaria kohti laskea kertomalla keskenään nostotarve (0,4), täytettävissä oleva huokostila (0,1) ja hehtaarin neliömetrit (10 000), jolloin saadaan vedentarve kuutioina hehtaarille (400). Esimerkiksi 10 hehtaarille vedentarve olisi siis 4 000 kuutiota, jotta pohjavedenpinta kyseisellä maalla saataisiin nostettua 100 senttimetrinä 60 senttimetriin. Jos veden pumpppaamiseen käytettäisiin viisi vuorokautta, olisi tarvittava veden määrä 800 m³/vrk.

suhteellisen hitaasti. Yleisesti altakastelun tavoitteena on, toisin kuin muissa kastelumuodoissa, jatkuvan ja tasaisen kosteuden pito juuristovyöhykkeessä nostetun pohjavedenpinnan tason avulla. Suomessa luontaisesti suhteellisen korkea pohjavedenpinnan taso mahdollistaa tämän. Esimerkiksi eteläisessä Euroopassa pohjavedenpinnan taso on usein luontaisesti useita metrejä maanpinnan alapuolella, jolloin sen nostaminen altakastelun avulla ei ole mahdollista tai järkevää.

	Sadetuskastelu	
Soveltuvuus	Monipuolinen soveltuvuus, myös vaihteleviin maanmuotoihin. Puomi mahdollistaa ravinteiden lisäämisen ³⁷ . Sadetusta voidaan käyttää hallan torjunnassa.	
Investointi-kustannukset	Puomi kalliimpi kuin tykki.	
Veden kulutus	Häviöt haihdunnan kautta, puomi käyttää tykkiä vähemmän vettä (10–20 %) ³⁷	
Energian kulutus	Kastelukone vie paljon energiaa, puomi toimii pienemmällä paineella ja vie siten tykkiä vähemmän energiaa. Energian kulutus on sadetuslaitteiden vaatiman paineen vuoksi kuitenkin suurempi kuin tihkukastelussa ja altakastelussa.	
Työintensiivisyys	Kastelukoneen siirtämiseen menee noin 30 minuuttia, jos käytössä on tykki ja noin 45 minuuttia, jos käytössä on puomi. ³⁷	
Muuta	Puomikastelulla tarkempi veden levitys kuin tykkikastelulla, puomikastelu on myös maanpinnalle tykkikastelua hellävaraisempi aiheuttaen vähemmän valuntoja.	

Taulukko 7.1. Kastelumenetelmien vertailua.

	Tihkukastelu	Altakastelu
	Käytetään avomaalla riviviljelyillä erikoiskasveilla. Voidaan lisätä lannoitetta kasteluveteen.	Maalla oltava riittävä vedenjohtavuus, pohjamaassa vettä läpäisemätön kerros ja pohjavesi luontaisesti korkealla. Vaatii riittävän tiheän salaojaston ja riittävän pienen maan kaltevuuden (alle 1 %). Sopii kaikille kasveille.
	Kustannuksia voidaan vähentää hankkimalla useamman kauden kestäviä letkuja. Pumpulta ei vaadita korkeaa painetta, etenkin jos käytetään tasisessa maastossa, jolloin pumpun kustannukset alhaisemmat kuin tehokkaamman pumpun.	Kustannuksiin vaikuttaa mm. se, voidaan-ko hyödyntää olemassa olevaa salaojaverkostoa, joudutaanko lisäämään imuojia ja onko säätökaivoja ennestään asennettu. Selvitään pienemmällä pumpulla kuin muissa kastelumenetelmissä.
	Tehokas veden käyttö, tasainen veden jakautuminen. Valuntojen riski pienempi kuin sadetuksessa.	Sopivissa olosuhteissa tehokas.
	Pumppu toimii alhaisella paineella ja vie siten vähemmän energiaa kuin kovemman paineen vaativat sadetusjärjestelmät.	Veden siirtoon käytetyn pumpun viemä energia (erikoistapauksessa ei tarvita, jos vesi siirtyy painovoimaisesti). Altakastelu ei vaadi painetta, ainoastaan veden siirron salaojastoon/säätökaivoon.
	Asennuksen jälkeen ei juuri vaadi työtä, ei yleensä siirretä.	Ei vaadi siirtelytyötä, ainoastaan olosuhteiden seuraaminen ja säätö. Pumppu voi vaatia asennustyötä kauden alussa ja lopussa esim., jos asennettu lautalle.
	Veden tasainen jakautuminen takaa tasaisen kosteuden. Usein suodatin tarpeellinen tukosten ehkäisemiseksi.	Kastelu tapahtuu alta päin, jolloin pintavaluntaa ei synny. Oikein säädettynä mahdollistaa muita menetelmiä tasiseman kosteuden pitämisen juuristovyöhykkeessä. Kastelun lisäksi salaojastosta on kuivatushyötyä. Pohjaveden pysyessä korkeammalla turvemailla maan painuminen vähenee.



Kuva 7.1. Polttomoottoripumppu kasteluveden pumppaamiseen joesta sadetusta varten. Pikkalan kartano, Siuntio. (Kuva: Jani Bergholm.)

7.2 Pumpun valinta

Kastelussa käytetään yleensä keskipakopumpua, joka voi toimia traktorin voimanottoakselilla, sähköllä, polttoaineella, tai aurinkokennolla. Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa (VesiHave) -hankkeen alustavien tulosten mukaan aurinkokennotoiminen pumppu (kuvassa 7.2) sopii hyvin altakasteluun tasaisen ja riittävän pienen tehon vuoksi ³⁹. Tutkimuksessa aurinkokennotoiminen pumppu aiheutti selvästi polttomoottoripumppua vähemmän ohivirtausta. Jos pumpun voimalllähteenä käytetään traktoria, traktoriin liitettävillä suojamekanismeilla moottori voidaan pysäyttää, jos traktoriin tulee vika tai jos paine tai virtaama muuttuu. Pumppujärjestelmä on mahdollista automatisoida niin, että sitä voidaan ohjata etänä. Se voidaan esimerkiksi käynnistää tai sammuttaa puhelimella.

Sopivissa olosuhteissa kastelu voidaan myös järjestää painovoiman avulla ilman ve-

sistöstä kasteluvettä siirtävää pumppua. Kun kasteluvettä taas otetaan syvältä vedenpinnan alta, tarvitaan uoppomppua.

Pumpun tehontarve riippuu siirrettävästä vesimäärästä ja korkeuserosta (korkeusero pumpun ja vesistön välillä voi käytännössä olla enintään 6–7 metriä). Myös hävikki ja sen minimointi tulee huomioida mitoitettaessa pumpun tehoa. Sadetuskastelussa on myös huomattava, että pumpun on oltava tehokkaampi kuin sadettimien vaatima teho jakelussa tapahtuvan paineen laskun vuoksi.

Kun halutaan laskea tarvittava vesipumpun koko, tulee tietää, kuinka suuri määrä vettä kasteluun tarvitaan tunnissa, kuinka korkealla pumppu on vesilähteeseen nähden, kuinka korkealla kastelulaite on suhteessa pumppuun, jakeluhäviöt putkissa, kastelulaitteen häviöt, haluttu kastelun paine ja pumpun hyötysuhde.



Kuva 7.2. a) Aurinkokennotoiminen pumppu ja b) virtalähteenä toimiva aurinkopaneeli. Pumppu on asennettu lautalle, koska joen vedenpinnan korkeuden vaihtelut ovat suuria ja laitetoimittajan suositus kyseiselle pumpulle on, että imuletku olisi mahdollisimman lyhyt. Aurinkokennotoimisen pumpun virranlähteenä toimiva aurinkopaneeli on asennettu joen penkalle. Aurinkoenergiaa on usein eniten saatavilla, kun kastelun tarve on suurin. (Kuvat: Minna Mäkelä.)

Pumpun teho voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

Teho (kW) = tarvittava vesimäärä tunnissa (m^3/tunti) * haluttu paine (mvp) / 3,67 *
hyötysuhde (%)

1 mvp (metriä vesipatsasta) = 9,81 kPa tai 0,0981 bar

1 kPa = 0,102 mvp tai 0,01 bar

Esimerkki kastelupumpun koon laskemisesta

(Malm & Berglund 2007 ³⁷ mukaan)

Haluttu vesimäärä	50 m^3/tunti
Pumpun imu	5 metriä
Jakeluverkoston ja pumpun välinen korkeusero	5 metriä
Painehäviöt letkuissa	10 metriä vesipatsasta
Painehäviöt kastelulaitteessa	20 metriä vesipatsasta
Haluttu jakelun paine	60 metriä vesipatsasta
Yhteensä (1000 kPa)	100 metriä vesipatsasta
Oletetaan, että pumpun hyötysuhde on 60 %	
Teho = $50 * 100 / 3,67 * 60 = 22,7 \text{ kW}$	

8. Kastelu investointina

Kasteluinvestointipäätökseen vaikuttavat tilan taloudellinen tilanne, tulevaisuuden näkymät sekä toimintaympäristön mahdollisuudet. Tilakohtaisesti arvioidaan, onko kastelun hyöty omassa tilanteessa riittävä, jotta investointi kannattaa.

Kastelua harkittaessa voidaan pohtia seuraavia kysymyksiä:

Kasvintuotanto

- Kärsvätkö lohkot usein kuivuudesta?
- Onko maalaji poudanarka?
- Onko viljeltävä kasvi herkkä (sadonmuodostus ja laatu) kuivuudelle?
- Kuinka paljon sadon lisäystä voidaan saada kastelulla kuivina vuosina?
- Kuinka usein toistuu kuivuus, jolloin viljeltävä kasvi selvästi kärsii nyt ja tulevaisuudessa?
- Halutaanko tuotantosuuntaa muuttaa tulevaisuudessa?
- Lisääkö kastelu kasvivalikoimaan olennaisia laajennusmahdollisuuksia?
- Kuinka paljon huonommaksi panosten hyötysuhde jää kuivina vuosina ilman kastelua?
- Onko alueella riskiä hallanvaaraan? Sadetuksella voidaan vähentää riskiä hallavaurioille.

Kastelun toteutus

- Onko kasteluvettä kuivina vuosina riittävästi saatavilla kohtuullisella etäisyydellä?
- Tarvitaanko kasteluveden hankintaa varten lupa?
- Onko kasteluveden laatu riittävä?
- Tuleeko saatavuuden varmistamiseksi perustaa siirtolinjoja tai varastoja?
- Mikä kastelumenetelmä voisi olla sopiva?
- Onko turvelohkojen painuminen kyseessä olevalla lohkolle riski? Pohjaveden pysyessä korkeammalla turvemailla maan painuminen vähenee.
- Ovatko kasteltavat lohkot suuria ja säännöllisen muotoisia vai tuleeko siirtoja useita ja siirtomatkoista pitkiä?
- Tarvitaanko tai saadaanko kastelua varten työvoimaa?
- Mitkä ovat kastelun investointi- ja käyttökustannukset (ks. kohta 8.1)

Muuta

- Voidaanko osaa kastelukustannuksista pitää vakuutuksena, jonka avulla suuret satotappiot voidaan välttää kuivimpina vuosina?
- Voiko kastelu parantaa ehtoja viljelysopimuksissa?
- Paljonko tuotteiden hinnat nousevat kuivina aikoina?

8.1 Investointi-, käyttö- ja ylläpitokustannukset

Kastelun kustannukset koostuvat investointi-, käyttö- ja ylläpitokustannuksista. Investointikustannukset muodostuvat laitteiden hankinta-, suunnittelu- ja toteutuskustannuksista. Käyttö- ja ylläpitokustannuksiin kuuluvat energian ja veden kustannukset sekä työvoima- ja huoltokustannukset.

Kastelujärjestelmien suunnitteluun kannattaa panostaa, sillä tarkoituksenmukaisuus ja resurssitehokkuus ovat tärkeitä tekijöitä investoinnin onnistumisen kannalta. Myös

laitteiden toimittajiin kannattaa olla yhteydessä varhaisessa vaiheessa, sillä joidenkin kastelulaitteiden toimitusajat voivat olla pitkiä. Kastelutarvikkeita Suomessa myyvien yritysten yhteystietoja löydät Salaojayhdistyksen nettisivuilta osoitteesta www.salaojayhdistys.fi/materiaalit-ja-apuvalineet.

Seuraavat laitteiden hankintahinnat ovat keskimääräisiä esimerkkejä hinnoista syksyllä 2022.

Kastelulaitteet

Tykkikastelussa sadetuskoneiden hintoihin vaikuttavat putken pituus ja halkaisija sekä lisävarusteet. Pienten koneiden hinnat lähdevät noin 10 000 eurosta (alv. 0 %) ja suuremmat hyvin varustellut voivat maksaa jopa 80 000 euroa (alv. 0 %). Puomikastelulaitteistojen hintoihin vaikuttavat putken pituuden ja halkaisija sekä lisävarusteiden lisäksi puomin leveys. Näiden hinnat vaihtelevat 25 000 eurosta jopa 95 000 euroon (alv. 0 %).

Tihkukastelussa tihkuletkun hinnan voidaan arvioida karkeasti olevan 550–1 000 euroa/ha (alv. 0 %). Hintaan vaikuttavat kasvin mukaan valittava tihkujen tiheys sekä letkujen seinämävahvuus ja halkaisija. Esimerkiksi yksivuotisilla kasveilla letkut vaihdetaan vuosittain, muun muassa mansikoilla muutaman vuoden välein ja puilla paljon harvemmin, mikä vaikuttaa letkuilta vaadittaviin ominaisuuksiin ja siten hintaan. Useamman vuoden kestävät letkut ovat kalliimpia kuin yhden kauden käyttöön tarkoitettut, koska niissä on paksumpi seinämävahvuus. Ne tulevat kuitenkin yleensä yksivuotisia edullisemmiksi, koska niitä ei tarvitse vaihtaa uusiin vuosittain. Lisäksi tihkukastelun kustannuksiin tulee lisätä jako- ja siirtolinjat sekä suodattimet ja paineenalentimet, joiden kustannukset jakautuvat useammalle vuodelle.

Ympyräsadettimilla toteutetun sadetuksen hintaan vaikuttaa valittu sadetin ja kuinka tiheästi niitä tarvitaan. Sadettimien määrä voi vaihdella hehtaarilla noin 50:stä 80:een sadetimeen. Sadettimen keskihinta on noin 12–20 euroa (alv. 0 %). Esimerkiksi, jos hehtaarille tarvittaisiin 64 sadetinta, joiden hinta olisi 16 euroa (alv. 0 %), tulisi sadetinten hinnaksi 1 024 euroa/ha. Perustamiskustannuksiin kuuluvat myös jako- ja siirtolinjat.

Altakastelun hinta, jos se lisätään olemassa olevaan, riittävän tiheään salaojitukseen, vaihtelee tarvittavien kaivojen koon ja lukumäärän mukaan. Kaivon hinta asennuksiin on arviolta noin 800–1 000 euroa. Pelloin kaltevuudesta, maan vedenjohtavuudesta ja ojastojen sijainnista riippuen yhdellä kaivolla voidaan padottaa ja altakastella noin 1–10 ha. Jos säätökaivot ovat jo ennestään

olemassa, investointi koostuu siirtojohtodesta, pumpusta ja energianlähteestä.

Mikäli olemassa olevat salaojituksen oja- väli on liian harva altakastelua varten voidaan tehdä täydennysojitus lisäämällä salaojia vanhojen ojien väliin. Kokonaan uusi salaojitus tehdään esimerkiksi, jos kokoojaoja ei ole riittävän syvällä tai jos pelto on avo-ojissa. Salaojitus maksaa noin 5,1–6,0 euroa metriltä. Jos uusi salaojitus toteutetaan 10 metrin ojavälillä, hehtaarille tulee 1 000 metriä salaojaa, jolloin hehtaarikustannukseksi tulee kokonaisuudessaan noin 5 100–6 000 €.

Säätösalaajitukselle voi saada ELY-keskukselta haettavaa investointitukea enintään 40 % hyväksyttävistä enimmäiskustannuksista. Hoitotukea voi happamalla sulfaattimilla ja turvemilla saada säätösalaajitukselle 77 euroa ja altakastelulle 214 euroa hehtaarilta vuonna 2023.

Varastoaltaat

Jos kasteluveden riittävyyden varmistamiseksi tulee perustaa veden varastoaltaita, pengertämällä ja padottamalla kustannukset jäävät kaivuuta matalammiksi (esimerkiksi kaivamalla rakennetun altaan kustannuksista kohdassa 5.2). Kaivuun lähtöhinta on noin 1,5–3 €/kuutio (alv. 0) kaivua- maa levitettynä. Kaivuun hintaan vaikuttaa, kuinka helppoa kyseistä maalajia on kaivaa. Kovan ja kivisen maan kaivuu tulee kalliimmaksi kuin helposti kaivettavan maala- jin. Lisäksi kustannus kasvaa sen mukaan, mitä kauemmas kaivuupaikalta maa- aines siirretään. Kaivamalla rakennettujen varastoaltaiden kustannukset ovat yleensä suuret. Varastoaltaiden perustamista suunniteltaessa tulee myös huomioida padotusta ja vedenottoa varten tarvittavat luvat, niiden hinnat ja käsittelyajat (ks. taulukko 5.1 ja kohta 5.3).

Pumput ja siirtolinjat

Pumppujen hinnat vaihtelevat suuresti käyttövoiman ja tarvittavan tehon mukaan. Pumpun lisäksi tulee käyttöä varten hankkia muun muassa imuletku, teline ja painepuolen lähtö.

Jos vesilähde on kaukana, rakennettavat pitkät vedensiirtolinjat tienalituksineen ja pumppuineen saattavat olla erittäin kalliita.

Mittalaitteet

Kastelua varten voi olla hyödyllistä hankkia erilaisia mittalaitteita, kuten kosteusantureita, pohjavesiputkia tai paineantureita pohjavedenpinnan tason mittaamiseksi, datalogge-

reita, erilaista automatiikkaa ja sääasema.

Kosteusantureiden hinnat vaihtelevat muutamasta kymmenestä eurosta useisiin tuhansiin. Edullisimmin saa käsikäyttöisiä mittareita, joilla kosteus mitataan viemällä anturitikku maahan. Useammaksi vuodeksi maahan jätettävät anturit ovat kalliimmasta päästä ja niiden hinta riippuu valittavista antureista ja niiden määrästä.

8.2 Investoinnin kannattavuuden arviointi

Investointikustannukset ovat monesti suuret ja ajoittuvat hankkeen alkuun, kun taas käyttö- ja huoltokustannukset ja hyödyt ovat eri vuosina erisuuruisia ja ajoittuvat tasaisemmin investoinnin koko käyttöiälle. Investointia arvioitaessa hyödyt ja kustannukset tuodaan nykyarvoon. Nykyarvoksi lasketaan tulevat käyttökustannukset ja hyödyt. Kastelulaitteille voidaan käyttää esimerkiksi 15 vuoden ja altakastelulle 30 vuoden käyttöikää. Tarvikkeiden uusimistarve tulee myös huomioida tilanteen mukaan.

Investoinnin kannattavuutta on tärkeää arvioida ennen investointipäätöstä. Tulevaisuudessa saatujen tuottojen tulee olla suuremmat kuin investoinnin aiheuttamat kulut, huomioiden myös alkuinvestoinnin jälkeen tulevat käyttö- ja huoltokustannukset sekä mahdolliset tuet, jotta investointi kannattaa taloudellisesta näkökulmasta. Kastelun tapauksessa tuleviin hyötyihin vaikuttaa se, saadaanko kastelun avulla sadonlisää ja kuinka paljon. Kastelulla saatu lisätuotto voidaan laskea kertomalla sadonlisä keskimääräisellä tuottajahinnalla. Saatava sadonlisä on vaikea ennustaa tarkasti etukäteen, joten tulevista hyödyistä voidaan tehdä vain arvio.

Investointien taloudellisen kannattavuuden mittaamiseen voi käyttää nettonykyarvomenetelmää, sisäisen korkokannan menetelmää tai takaisinmaksuajan menetelmää.

Nettonykyarvo saadaan investoinnista johdettujen tulevien vuosien diskontattujen tuottojen ja kustannusten erotuksesta, josta vähennetään investoinnin hankintakustannus.

Jos nettonykyarvo on positiivinen (≥ 0), hanke on kannattava toteuttaa – mitä korkeampi nettonykyarvo, sitä kannattavampi hanke.

Maatalouden vesitaloudellisiin järjestelyihin on saatavissa erilaisia tukia, joista voi kysyä tarkemmin ELY-keskukselta. Esimerkiksi salaojitukseen, säätösalaajoitukseen, altakasteluun, kosteikkojen perustamiseen ja luonnonmukaiseen vesirakentamiseen voi hakea tukea.

Nettonykyarvo = lisätuotot - lisäkustannukset

= kastelun hankintakustannukset (neg. summa) + nettotuotto₁ investoinnin käyttöiän ajanjaksolla * $(1 / (1 + \text{diskonttauskerroin})^1)$ + ... nettotuotto_n investoinnin käyttöiän ajanjaksolla * $(1 / (1 + \text{diskonttauskerroin})^1)$

Diskonttauskertoimella tulevat tuotot ja kustannukset muunnetaan nykyarvoon, jotta tulevat, eri aikoina saatavat rahavirrat ovat vertailukelpoisia keskenään. Sisäisen korkokannan menetelmällä saadaan laskettua kasteluinvestoinnin tuottoprosentti. Takaisinmaksuaika voidaan laskea jakamalla kastelun investointikustannus vuodessa saatavalla sadonlisän nettotuotolla.

Kasteluinvestoinnin hinnan lisäksi kannattaa ottaa huomioon myös muita asioita, kuten suunnitellun järjestelmän käytän-

nöllisyys. Jos kastelujärjestelmästä saadaan helppokäyttöinen, on todennäköisempää, että kastelu aloitetaan ajoissa ja toistetaan tarpeen mukaan, jolloin kastelusta saadaan hyvä tulos.

Pelkän investoinnin ja saatavien lisäsatojen perusteella tehdyn kannattavuuslaskelman lisäksi voidaan miettiä investoinnin arvoa ja kannattavuutta myös riskien minimoimisen kannalta. Jos riski sille, että jonnain vuonna/vuosina sato menetettäisiin tai se olisi erittäin pieni, olisiko kyseisen vuoden tappiot niin suuret, että olisi ennemmin kan-

nattavaa maksaa kasteluinvestoinnista vakuutuksenomaisesti, jotta tällaisilta tappiolisilta vuosilta säästytettäisiin? Tällaista riskiä voidaan toki vähentää myös monipuolistamalla tuotantoa – jos jonkin tuotantokasvin sato epäonnistuu, luultavasti jostain toisesta saadaan kuitenkin tuloa. Lisäksi on hyvä huomioda, että erittäin kuivan kauden tai kauden, jolloin kuivuus osuu kriittiselle hetkelle, kastelun avulla saadusta hyvästä sadosta saa usein myös hyvän hinnan, mikä lisää kasteluinvestoinnin kannattavuutta ja lyhentää takaisinmaksuaikaa.

9. Kastelun vaikutukset yhteiskunnan näkökulmasta

Kastelulla voidaan saavuttaa monia yhteiskunnan kannalta merkittäviä hyötyjä. Kasteluveden otto tulee toteuttaa kestävällä sekä muun vedenkäytön että vesiympäristön huomioivalla tavalla. Koska kastelulla saadaan turvattua maan kasvua ja ravinteiden ottoa, ravinteiden käytön tehokkuus paranee ja siten huuhtoutumisriski vesistöihin vähenee. Kun kastelulla turvataan viljelykasvien satoja, vuosittaista kylvöalaa voidaan jättää syväjuuristen nurmien viljelykiertoon, mikä edistää luonnon monimuotoisuutta lisäten samalla maaperän hiilivarastoja. Lisäksi kosteikot ja muut kasteluveden varastointialtaat luovat uudenlaisia elinympäristöjä. Kastelun

avulla saadut entistä suuremmat ja laadukkaammat sadot, satovaihtelun väheneminen sekä tasainen tuleentuminen ovat merkitseviä niin huoltovarmuuden kuin ympäristöhyötyjen ja resurssitehokkuuden paranemisenkin kannalta. Tasaiset, nopeasti kehittyvät sadot vähentävät satotappioiden riskejä ja sadon kuivatusenergian tarvetta, mikä on Suomen oloissa merkityksellistä.

Suomen oloissa vuoden valumavesien varastoinnilla saataisiin useimmissa tapauksissa koko kasvukauden sadannanvajakseen verran vettä käyttöön. Tällöin väliaikaiset pohjaveden laskusta seuraavat paikalliset haasteet ovat vältettävissä.

9.1 Huoltovarmuus

Suomen huoltovarmuuden kannalta kastelulla on tulevaisuudessa yhä suurempi merkitys osana ilmastonmuutokseen sopeutumista, kun kasvukauden kuivuusjaksot lisääntynevät meilläkin ilmastonmuutoksen edetessä. Maailmanlaajuisesti kastelulla on jo nyt erittäin suuri merkitys huoltovarmuudelle monilla kuumilla ja kuivilla alueilla. Kun ilmastonmuutos tekee osan näistä alueista viljelykelvottomiksi, paineet ruoantuotannon lisäämiselle pohjoisemmilla alueilla, kuten Suomessa, kasvavat.

Kastelulla ei mahdollisteta vain hyvää ja laadukasta satoa vaan tehostetaan myös kriittisten resurssien, kuten typen ja sadon kuivatusenergian käyttöä. Tällä on suuri merkitys Suomen huoltovarmuudelle, kun lannoitteiden ja energian saatavuudessa on haasteita ja hinnat nousevat. Kastelun avulla voidaan saada paremmin hyödynnettyä kriittiset ravinteet.

9.2 Resurssitehokkuus

Resurssitehokkuudella tarkoitetaan sitä, että pyritään niin tuotannossa kuin kulutuksessa tehostamaan luonnonvarojen käyttöä. Alkutuotannossa tämä tarkoittaa sitä, että kaikki tuotantoon käytetyt resurssit, joihin voidaan laskea mm. siemenet, lannoitteet, kasvinsuojeluaineet, mahdollinen kasteluvesi, teknologia ja laitteet, energia sekä työ, käytetään mahdollisimman optimaalisesti ilman turhia

hävikkejä, kestävällä tavalla. Parannettaessa nykyistä toimintatapaa voidaan puhua kestävästä tehostamisesta, jolloin tuotanto vaatii vähemmän ympäristön kuormittamista samanaikaisesti, kun ruokaa tuotetaan samalla pinta-alalla aiempaa enemmän.

Esimerkkinä kasvintuotannon resurssitehokkuudesta on tilanne, jossa kastelulla saadaan kuivana kesänä lannoitteet tehokkaam-

min käyttöön lisäämään satoa ja parantamaan laatua sekä vähentämään ravinteiden tappioita. Ympäristökuormitus vähenee, kun ravinteiden huuhtoutuminen pienenee, jolloin saadaan enemmän satoa pienemmällä ympäristökuormituksella. Tähän kytkeytyy myös jaettu typpilannoitus ja muut sato-

potentiaalin mukaiset lannoitusmenetelmät. Digitalisaation ja täsmäviljelyn edistytessä lohkon sisäiset vaihtelut saadaan paremmin hallintaan panosten käytössä, mitä veden saatavuuden kohdennettu turvaaminen vahvistaa.

9.3 Vesistövaikutukset

Kuivina aikoina kasvien kastelun avulla saadaan lisättyä satoa ja kasvien ravinteiden ottoa ja pienennettyä ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Esimerkiksi perunan typpilannoitukseen liittyvässä kokeessa todettiin, että kun vesitalous pidetään hyvänä muun muassa sadetuksen avulla, tyypeä jää maaperään vähemmän kasvukauden jälkeen kuin kuivan kesän jälkeen, jolloin ei ole sadetettu⁴⁰. Vastaavia tuloksia on saatu myös viljoilla⁴¹,⁴². Lannoitetyypen hyväksikäyttöä kevävehnällä tutkittaessa sadetuksen todettiin erittäin kuivana kesänä lisäävän tyyden hyväksikäyttöä noin 50 %⁴¹. Käyttämättä jäänyt typpi löytyy maaperästä kasvukauden jälkeen. Tämä ilmiö havaittiin selkeästi, kun verrattiin kuivia ja märempiä kasvukausia ja viljojen ja öljykasvien tyyden ottoa eri typpilannoitusmäärillä 90-luvulla⁴². Huuhtoutumistista nitraattityyppiä esiintyi maaprofilissa suurempina pitoisuuksina syksyllä kuivan

kesän jälkeen kuin kesän jälkeen, jolloin valitsi normaalit kosteusolosuhteet.

Perusparannusten eli kalkituksen ja ojituksen tilaa sekä ravinnetaseita peltoviljelyssä tutkineen Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä (PERA)-hankkeen⁴³ yksi loppupäätelmä oli, että suurimpia ongelmia tuottivat puutteellisen kalkituksen ja ojituksen lisäksi pellon kuivuminen. Kun veden saatavuus ja perusparannukset ovat kunnossa ja viljelykierrosta huolehditaan, maan suotuisa rakenne auttaa sekä sadonmuodostuksessa että päästöjen hillitsemisessä. Satoisuus ja sen myötä hyvä maan rakenne ehkäisee eroosiota.

Happamalla sulfaattimailla happamuuden muodostumista ja metalliyhdisteiden huuhtoutumista voidaan estää pitämällä pohjavedenpinta riittävän korkealla myös kuivina aikoina.⁴⁴

9.4 Kasvihuonekaasupäästöt

Kaikki yhteiskunnan eri alat pyrkivät hillitsemään ilmastomuutosta ja vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä. Samalla pyritään sopeutumaan muuttuvaan ilmastoon. Maataloudessa ilmastomuutoksen hillintä ja sopeutuminen käyvät käsi kädessä ja ovat riippuvaisia toisistaan. Maataloudessa kasvihuonekaasupäästöjä syntyy eniten maaperästä⁴⁵. Kun maan kasvukunto paranee, maaperäpäästöt suhteessa satoon vähenevät. Kastelun avulla varmistetaan kehitys, joka mah-

dollistaa sen, että voidaan tuottaa enemmän vähemmällä päästöillä ja resursseilla.

Maataloudessa kasvihuonekaasuja voidaan vähentää monin eri tavoin ja erityisesti tätä tukevilla viljelymenetelmillä. Kastelun kautta saatavia ilmastohyötyjä ovat lannoitteiden käytön hyötysuhteen parantaminen ja kasvien hiilensidonnan lisääntyminen, kun kasvu paranee. Myös maankäytön muutosten paineet ovat pienemmät, kun kastelun avulla voidaan tuottaa ruokaa vähemmällä peltoalalla.

Säätösalaojituksen ja altakastelun avulla turvemaiden pohjavedenpinnan korkeuden nostamisella voidaan hidastaa turpeen hajoamista ja siitä aiheutuvia kasvihuone-

kaasupäästöjä. Kun turve on veden alla hapettomissa olosuhteissa, hajoaminen ja hiilidioksidin vapautuminen hidastuvat.

9.5 Luonnon monimuotoisuus

Kun kastelun avulla saadaan lisättyä satoja ja parannettua niiden laatua, voitaisiin heikkuu-
tuottoisia viljelymaita jättää pois ruoantuotannosta ja ohjata käyttöä luonnon monimuotoisuuden edistämiseksi. Kastelun avulla saavutettu ravinteiden tehokkaampi hyödyntäminen tuo myös monimuotoisuushyötyjä ravinnekuormituksen vähenemisen ja

siitä seuraavan vesistöjen ja pienvesien paremman ekologisen tilan kautta.

Kastelun mahdollistamiseksi toteutettavilla luonnonmukaisen vesirakentamisen keinoilla (esim. kosteikon perustaminen, varastoaltaat, peruskuivatuksen tulvatasanteet) voidaan samalla lisätä alueen monimuotoisuutta ja siten elinympäristöjä uusille lajeille.

Lopuksi

Suomessa vesivarojen riittävyys on globaalisti näkökulmasta erinomaisella tasolla. Jos kuivuus tulevaisuudessa lisääntyy, on todennäköistä, että kevätkuivun aikaisia vesiä aletaan varastoida entistä enemmän ja muutenkin kiinnittää vesitalouteen aiempaa enemmän huomiota.

Kasteluun varautumisen tarvetta Suomessa on kuvannut esimerkiksi Häggbloom ym. 2020⁴⁶. Haasteena on kuitenkin kannattavuus. Varautuminen vaatii ruoantuotannon taloudellisten edellytysten selkeää parantamista, jotta kasteluinvestoinnit ovat kannattavia, kuten Suomessa oli tilanne esimerkiksi kevätkuivun viljelyssä ennen Euroopan unioniin liittymistä. Tänä päivänä kannusteina kasteluinvestoinneille voivat toimia erityisesti isojen ja suurien satotasojen saavien tilojen kohdalla tuotannon epävarmuuksien ja satojen vaihteluiden tasaaminen⁴⁷.

Peltokasvien 60- ja 70-lukujen sadetutkimusten jälkeen kastelututkimus on nykyään

keskittynyt lähinnä säätosalaajitukseen ja alitakasteluun (esim. Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa (VesiHave) -hanke³⁹). Kuivuuden ehkäisyn lisäksi tutkimuskohteeksi on tullut pohjavedenpinnan nosto kasvihuonekaasupäästöjen minimoimiseksi turvemaidella (esim. Turvepeltojen ilmastokestävä viljely – viljelijän näkökulma (TURINA) -hanke⁴⁸). Tutkimuksissa todetut ympäristöhyödyt voivat tulevaisuudessa johtaa kastelun nykyistä laajempaan käyttöönottoon.

Ilman ravinteita ei ole ruokaa ja biomassoja. Kastelun avulla saavutettu ravinteiden parempi hyödyntäminen on resurssitehokkuutta. Tällöin lannoitteiden ja muiden maaperän kasvuun investoitujen tuotantopanosten hyötysuhde paranee, mikä parantaa ruuan tuotannon taloudellista kestävyyttä ja vähentää resurssien käyttöä. Siten kastelulla luodaan edellytykset vahvistaa talouden ja luonnonvarojen käytön irtikytkentää.

Lähteet

- ¹ Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P., Äijö, H. (toim.). 2016. Maan vesi- ja ravinnetalous – Ojitus, kastelu ja ympäristö, 2. täydennetty painos. Salaojayhdistys ry. Grano Oy, Helsinki.
- ² Pankakoski, A. 2006. Puutarhurin kasvioppi. 8.–12. painos. Edita Prima Oy, Helsinki.
- ³ Heinonen, R. 1985. Soil management and crop water supply. 4. painos. Ruotsin maataloustieteellinen yliopisto (SLU), maaperätieteiden laitos. Uppsala, Ruotsi.
- ⁴ Miyazaki, T. 2005. Water flow in soils. 2. painos. CRC Press, Boca Raton.
- ⁵ Andersson, S. & Wiklert, P. 1972. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XXIII. Om de vattenhållande egenskaperna hos svenska jordarter. Grundförbättring 25:53–143.
- ⁶ Seuna, P. 1977. Kasteluun vaikuttavista hydrologisista tekijöistä. Vesihallitus, Helsinki.
- ⁷ Muuttomaa, E. 2003. Avomaan kastelumenetelmät. Työtehoseuran maataloustiedote 11/2003 (562).
- ⁸ Copernicus Open Access Hub. <https://scihub.copernicus.eu/>. Viitattu 24.9.2022.
- ¹⁰ Järvenpää, L. & Savolainen, M. 2015. Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu, 2. päivitetty painos. Ympäristöhallinnon ohjeita 4|2015. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/156521>. Viitattu 15.8.2022.
- ¹¹ Perunantutkimuslaitoksen (Petla) nettisivut. Perunan kastelu. <https://petla.fi/viljelyohjeet/kastelu/>. Viitattu 22.6.2022.
- ¹² Myllys, M., Virtanen, E., Forsman, K. & Jauhiainen, L. 2009. Perunan kastelumenetelmien vertailu. Maa- ja elintarviketalous 139, 58 s. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. <http://www.mtt.fi/met/pdf/met139.pdf>. Viitattu 28.7.2022.
- ¹³ Hyytiäinen, T., Hedman-Partanen, R. & Hiltunen, S. 1999. Kasvintuotanto 2, 2. painos. Kirjapaino Oy Westpoint, Rauma.
- ¹⁴ Elonen, P. 1978. Kuivuuden haittojen ehkäisy. Kasvinviljelyoppi 1 (toim. Köppä, P.). ISBN 951-26-1534-7.
- ¹⁵ Elonen, P., Nieminen, L. ja Kara, O. 1967. Sprinkler irrigation on clay soils in southern Finland. Journal of Scientific Agricultural Society of Finland 39:67-98.
- ¹⁶ Ruokavirasto. Alkutuotannon veden laatuvaatimukset. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/elintarvikkeiden-alkutuotanto/veden-laatuvaatimukset/>. Viitattu 5.7.2022.

- ¹⁷ Itämeri.fi. Jan-Erik Bruun. Suolaisuus, lämpötila ja kerrostuneisuus. https://itameri.fi/fi-FI/Luonto_ja_sen_muutos/Ainutlaatuinen_Itameri/Suolaisuus_lampotila_ja_kerrostuneisuus. Viitattu 11.8.2022.
- ¹⁸ Marmolin, C. 2010. Grönsaksproduktion i Sverige 2040. <https://docplayer.se/18024551-Gronsaksproduktion-i-sverige-2040-christina-marmolin-klimatoptimerar-svenskt-lantbruk.html>. Viitattu 3.8.2022.
- ¹⁹ Johansson, W. & Linnér, H. 1977. Bevattning: behov, effekter, teknik. LTs förlag, Borås.
- ²⁰ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2020/741, annettu 25 päivänä toukokuuta 2020, veden uudelleenkäytön vähimmäisvaatimuksista. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0741>. Viitattu 8.12.2022.
- ²¹ Valtioneuvoston päätös MMM/2022/88. <https://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatos?decisionId=0900908f807b9e67>. Viitattu 8.12.2022.
- ²² Ruokaviraston nettisivut. Elintarvikelain nojalla nimetyt laboratoriot. <https://www.ruokavirasto.fi/laboratoriopalvelut/ruokaviraston-hyvaksymat-laboratoriot/elintarvikelaboratoriot/>. Viitattu 5.7.2022.
- ²³ Ruokaviraston nettisivut. Alkutuotannon veden laatuvaatimukset. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/elintarvikkeiden-alkutuotanto/veden-laatuvaatimukset/>. Viitattu 30.8.2022.
- ²⁴ Peltonen-Sainio, P., Laurila, H., Jauhiainen, L., Alakukku, L. 2015. Proximity of waterways to Finnish farmlands and associated characteristics of regional land use, Agricultural and Food Science 24: 24–38.
- ²⁵ VALUE - Valuma-alueen rajaustyökalu KM10. <https://paikkatieto.ymparisto.fi/value/>. Viitattu 27.2.2023.
- ²⁶ Aluehallintoviraston nettisivut. Palveluhinnasto. www.avi.fi/palveluhinnasto. Viitattu 27.2.2023.
- ²⁷ Jormola, J., Harjula, H. & Sarvilinna, A. 2003. Luonnonmukainen vesirakentaminen – Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. Suomen ympäristökeskuksen julkaisu 631.
- ²⁸ Pajula, H. & Triipponen, J.-P. (toim.). 2003. Selvitys Suomen kastelutilanteesta – Esimerkkialueena Varsinais-Suomi. Suomen ympäristö 629. Suomen ympäristökeskus ja Lounais-Suomen ympäristökeskus.
- ²⁹ Luonnonvarakeskuksen nettisivut. Ruukin tutkimusinfrastruktuuri. www.luke.fi/fi/tutkimus/tutkimusinfrastruktuurit/ruukin-tutkimusinfrastruktuuri. Viitattu 16.8.2022.
- ³⁰ Finlex. Vesilaki. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587#L5P6>. Viitattu 5.7.2022.

- ³¹ Finlex. Ympäristönsuojelulaki. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527#L4P28>. Viitattu 1.8.2022.
- ³² Suomi.fi. ELY-keskus – Ojituksista ilmoittaminen. <https://www.suomi.fi/palvelut/ojituksista-ilmoittaminen-elinkeino-liikenne-ja-ymparisto-keskus/3c734b01-abef-49b6-be31-82de09914f71>. Viitattu 1.8.2022.
- ³³ Vesi.fi. Maatalousmaan kuivatus. <https://www.vesi.fi/vesitieto/maatalousmaan-kuivatus/>. Viitattu 27.2.2023.
- ³⁴ Ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Vesilupa ja ilmoitukset. <https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-velvoitteet/vesilupa-ja-ilmoitukset>. Viitattu 14.4.2023.
- ³⁵ Vesi.fi. Luonnonmukaiset menetelmät maankuivatuksessa. <https://www.vesi.fi/vesitieto/luonnonmukaiset-menetelmat-maankuivatuksessa/>. Viitattu 27.2.2023.
- ³⁶ Näreaho ym. 2006. Maatalousalueiden perattujen purojen luonnonmukainen kunnossapito. Suomen ympäristökeskuksen julkaisu 52. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38784/SY_52_2006.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Viitattu 1.7.2022.
- ³⁷ Malm, P. & Berglund, P. 2007. Bevattning och växtnäringsutnyttjande. Jordbruksinformation 5 – 2007. Jordbruksverket. Prinro Team Offset & Media.
- ³⁸ Mäkelä, M. 2021. Salaojayhdistys ry:n jäsenjulkaisu 1/2021. Pohjaveden pinnan syvyyden vaikutus maan kosteuteen juuristovyöhykkeessä. https://www.salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2022/05/Salaojayhdistys_2021_www.pdf. Viitattu 24.8.2022.
- ³⁹ Äijö, H., Myllys, M., Sikkilä, M., Salo, H., Salla, A., Nurminen, J., Paasonen-Kivekäs, M. Koivusalo, H. 2021. Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa (VesiHave) – Loppuraportti 2021. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 35. https://www.salaojitustutkimus.fi/wp-content/uploads/2021/04/Vesitalouden-hallinta-vesiensuojelussa-VesiHave_loppuraportti.pdf. Viitattu 1.9.2022.
- ⁴⁰ Kuisma, P. 2002. Efficiency of split nitrogen fertilization with adjusted irrigation on potato. Agricultural and Food Science in Finland. 11:59–74.
- ⁴¹ Kaila, A. & Elonen, P. 1970. Influence of irrigation and placement of nitrogen fertilizers on the uptake of nitrogen by spring wheat. Reprint from Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland, Maataloustieteellinen aikakauskirja 42:123–130.
- ⁴² Pietola, L., Tanni, R. & Elonen, P. 1999. Responses of yield and N use of spring sown crops to N fertilization, with special reference to the use of plant growth regulators. Agricultural and Food Science in Finland 8:423–440.
- ⁴³ Ovaska, S., Liski, E., Äijö, H., Häggblom, O. & Paasonen-Kivekäs, M. 2021. Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä (PERA) -hankkeen loppuraportti, Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 36. https://mmm.fi/documents/1410837/0/PERA_Loppuraportti_36-2021.pdf/6d211b0e-4f7c-08a5-855b-ff23632beefd/PERA_Loppuraportti_36-2021.pdf?t=1622199146452. Viitattu 9.8.2022.

⁴⁴ Virtanen, S., UusiKämpä, J., Österholm, P., Bonde, A. & Yli-Halla, M. 2016. Potential of controlled drainage and sub-irrigation to manipulate groundwater table or mitigating acid loadings in Finnish acid sulfate soils. Written for presentation at the 10th International Drainage Symposium Partners University of Minnesota Water Resources Center American Society of Agricultural and Biological Engineers Minneapolis, Minnesota September 7–9, 2016.

⁴⁵ Lehtonen, H., Saarnio, S., Rantala, J., Luostarinen, S., Maanavilja, L., Heikkinen, J., Soini, K., Aakkula, J., Jallinoja, M., Rasi, S., Niemi, J. 2020. Maatalouden ilmastotiekartta – Tiekartta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen Suomen maataloudessa. Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry. Helsinki. <https://www.mtk.fi/ilmastotiekartta>. Viitattu 31.8.2022.

⁴⁶ Häggblom, O., Härkönen, L., Joensuu, S., Keskisarja, V. & Äijö, H. 2020. Maa- ja metsätalouden vesitalouden suuntaviivat muuttuvassa ympäristössä. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2020:6. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki.

⁴⁷ Peltonen-Sainio, P., Juvonen, J., Korhonen, N., Parkkila, P. Sorvali, J. & Gregow, H. 2021. Climate change, precipitation shifts and early summer drought: An irrigation tipping point for Finnish farmers?. *Climate risk management* 33.

⁴⁸ Turvepeltojen ilmastokestävä viljely - viljelijän näkökulma (TURINA) -hanke. <https://www.luke.fi/fi/projektit/turina>. Viitattu 8.9.2022.

Luonnonhoidon koulutusyhdistys LUOKO ry perustettiin vuonna 1996 kehittämään maaseudun ympäristönhoitoa. Yhdistys edistää pääasiassa vesiensuojeluun liittyvää koulutusta ja tuottaa siihen liittyvää opetusmateriaalia. Yhdistyksen hallinnossa on tutkimuksen, koulutuksen, neuvonnan ja tuottajien edustajia.

Tämän julkaisun tavoitteena on tuoda esille ja koota peltoviljelyssä toteutettuun kasteluun liittyvää tietoa sekä auttaa kastelun suunnitteluun ja toteutukseen liittyvissä pohdinnoissa. Toivomme, että julkaisusta on hyötyä erityisesti maanviljelijöille ja neuvojille, jotka tekevät ensiarvoisen tärkeää työtä maatalouden vesiasioiden parissa.

Julkaisu löytyy sähköisenä osoitteesta: www.salaokayhdistys.fi – Julkaisut