

MTT RAPORTTI 122

Perunan kolhiintumisen vähentäminen varastolla ja kauppakunnostuksessa

Timo Lötjönen, Mirja Kemppainen, Anu Markus ja Elina Virtanen



**Perunan kolhiintumisen
vähentäminen varastolla ja
kauppakunnostuksessa**

PotatoNow-hankkeen kirjallisuusselvitys

Timo Lötjönen, Mirja Kemppainen, Anu Markus ja Elina Virtanen



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



ISBN: 978-952-487-497-7 (Painettu)
ISBN: 978-952-487-498-4 (Verkojulkaisu)
ISSN: 1798-6419
URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-498-4>
<http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti122.pdf>
Copyright: MTT

Kirjoittajat: Timo Lötjönen, Mirja Kemppainen, Anu Markus ja Elina Virtanen

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisu vuosi: 2013

Kannen kuva: Timo Lötjönen / MTT kuva-arkisto

Perunan kolhiintumisen vähentäminen varastolla ja kauppakunnostuksessa

Timo Lötjönen¹, Mirja Kempainen², Anu Markus² ja Elina Virtanen²

¹MTT Ruukki, Kasvintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, timo.lotjonen@mtt.fi

²MTT Oulu, Biotekniikka- ja elintarviketutkimus, PL 413, 90014 Oulun yliopisto, mirja.kempainen@mtt.fi, anu.markus@mtt.fi, elina.virtanen@mtt.fi

Tiivistelmä

Perunan kolhiintuminen aiheuttaa merkittäviä taloudellisia tappioita. Jopa 10 % perunasta voi joutua biojätteeksi käsittelyketjun aiheuttamien kolhujen takia. Nostovaiheen kolhiintumariskit ovat viljelijöillä aika hyvin tiedossa, mutta varastoinnin ja kunnostuksen aikana syntyvistä kolhuista tiedetään vähemmän. Tärkeää olisi, että peruna on nostossa hyvin tuleentunutta, jolloin sen kuori on vahva. Usein tämä edellyttää mm. peltojen peruskunnostusta, jotta istutustöihin päästään keväällä ajoissa.

Perunoiden kolhiintumiseen vaikuttavat ainakin seuraavat tekijät: pudotuskorkeus tai iskun voimakkuus, perunoiden lämpötila, pehmustusmateriaalit, perunalajike, mukulakoko ja ominaispaino, mukulan muoto, iskujen kokonaismäärä, perunan vesipitoisuus, tuleentumisaste sekä lannoitus. Nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että perunan pudotuskorkeus ei saisi olla missään kohdin linjastoa yli 30 cm. Mikäli on, iskuja voidaan vähentää riittävällä pehmustuksella ja käyttämällä pudotusvaimentimia. Suurimmat riskit ovat varastolaatikoita ja -säiliöitä täytettäessä. Linjastoilla peruna ei saisi muuttua suuntaansa liian nopeasti, eikä perunavirta puuroutua linjastolle. Tällöin mukulat kolhivat toinen toisiaan. Linjastossa ei saa olla teräviä kohtia, joihin perunavirta törmää.

Varastokylmä peruna kolhiintuu herkästi esimerkiksi lajittelussa. Siksi on tärkeää lämmittää perunat yli 10 °C:een lämpötilaan ennen käsittelyä. Suurissa varastolaatikoissa tämä voi kestää useita päiviä. Lajikevalinnalla ja lannoituksella pystytään vaikuttamaan perunoiden kolhiintumisalttiuteen, mutta usein kolhiintumista saadaan tehokkaimmin vähennettyä puuttamalla edellä esitettyihin mekaanisiin tekijöihin.

Avainsanat:

peruna, varastointi, kauppakunnostus, kolhu, vioittuma, iskemä

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	5
2 Perunan varastointitavat Suomessa	6
3 Perunan mekaaniset vioittumat.....	8
4 Pudotuskorkeuden vaikutus.....	10
5 Perunoiden lämpötila.....	12
6 Pehmustusmateriaalit ja pudotusvaimentimet	13
7 Perunalajikkeiden erot	16
8 Yhteenveto.....	18
Kirjallisuus	19

1 Johdanto

Perunan kuori toimii tehokkaana mekaanisena suojana mukulan ympärillä (Sabba & Lulai 2002). Mitä tuleentuneempi mukulan kuori on, sitä kestävämpi se on sadonkorjuussa ja varastoinnissa. Perunan tuleentumisen lisäksi mekaanisiin laatuviikoihin vaikuttavat lajikeominaisuudet, yleinen viljelytekniikka sekä sadon käsittely nosto-, kuljetus-, varastointi- ja lajitteluvaiheessa. Mekaaniset laatuviat altistavat perunan erilaisten sienten ja bakteerien aiheuttamille varastotaudeille sekä painohävikille. Sadon käsittelyn aiheuttamista mekaanisista laatuviioista suurin osa on kolhuja. Kolhiintumien seurauksena perunan ulkoasu muuttuu epämiellyttäväksi ja monesti peruna pilaantuu syömäkelvottomaksi. Kolhiintumat voivat myös nostaa perunan glykoalkaloidipitoisuuden jopa myrkylliselle tasolle (Olsson 1989).

Kolhiintumisesta aiheutuneet rahalliset tappiot ovat merkittäviä. Arviota Suomen osalta ei liene tehty, mutta jo 1990-luvulla arvioitiin, että USA:ssa kolhiintuminen aiheutti koko perunaketjussa vuosittain 125–300 miljoonan dollarin tappiot, mikä vastasi noin 6–12 % koko perunantuotannon arvosta (Peters 1996, Thornton & Bohl 1998). Britanniassa vastaava tappio oli vuosittain 30 miljoonaa puntaa. Yleensä perunan nostovaihetta pidetään eniten kolhuja aiheuttavana, mutta joidenkin selvitysten mukaan varastokäsittelyissä peruna voi kolhiintua yhtä paljon tai enemmän kuin nostovaiheessa (Larsson & Bengtsson 1987).

Tämän kirjallisuusselvityksen tavoitteena oli koota tietoa perunan kolhiintumiseen vaikuttavista tekijöistä varastoilla ja miten kolhiintumisriskiä voidaan vähentää. Tietojen kokoamiseksi käytiin läpi kansainvälisiä artikkeleita Web of Knowledge-palvelua hyväksikäyttäen sekä suomalaisia julkaisuja, mitä oli saatavilla MTT:n kirjastotietokannasta tai Helsingin Yliopiston Maatalouskirjaston tietokannasta. Lisäksi haastateltiin laitevalmistajien edustajia Fruit Logistica 2013-messuilla ja tehtiin katsaus laitevalmistajien nettisivustoille.

2 Perunan varastointitavat Suomessa

Laatikkovarasto lienee edelleen yleisempi perunavarastotyyppi maassamme kuin irtovarasto. Laatikkovarastoinnissa perunat säilytetään 1–2 m³:n puulaatikoissa. Laatikkovarasto sopii erityisen hyvin silloin, kun erillään pidettäviä eriä on paljon, esimerkiksi siemenperunatuotannossa (Juola ym. 2001). Laatikot voidaan täyttää pellon laidassa suoraan nostokoneesta tai vasta talouskeskuksessa erityisen laatikontäytökoneen avulla (kuva 1). Tällöin perunat tuodaan irtotavarana perävaunuilla varastolle ja laatikoidaan karkean lajittelun jälkeen. Laatikoiden täyttö ja tyhjennys ovat potentiaalinen riski perunan kolhiintumisen kannalta, sillä peruna ei saisi pudota korkealta varsinkaan kovalle alustalle (Peters 1996).



Kuva 1. Irtoperunan laatikoimiseen tarkoitettu kone.(Kuva: Timo Lötjönen)

Perunan irtovarastointi sopii silloin, kun varastoidaan suuria määriä vain muutamaa lajiketta. Lajikkeet voidaan pitää erillään omissa halleissa tai isoissa laareissa (Juola ym. 2001). Irtovarastot täytetään ja tyhjennetään tarkoitukseen suunnitelluilla kuljettimilla (kuva 2). Näistä aiheutuu tietysti kustannuksia, mutta ne ovat yleensä pienemmät perunatonnia kohden kuin laatikkokustannukset laatikkovarastoissa (Juola ym. 2001). Peruna voi kolhiintua perävaunun täytössä ja tyhjennyksessä. Irtovaraston täytössä perunat eivät saa pudota liian korkealta betonilattialle, toistensa päälle tai vierii kasan rintausta pitkin lattialle (Thornton & Bohl 1998). Tehtävään suunnitellut täyttökuljettimet osaavat automaattisesti pitää pudotuskorkeuden minimissään ja täyttää varaston kerroksittain (www.bijlsmahercules.com, www.grimme.de).

Varastoinnin jälkeen peruna kauppakunnostetaan, missä käytettävä teknologia riippuu siitä, tuotetaanko siemenperunaa, ruokaperunaa vähittäismyyntiin, ruokaperunaa suurkeittiöihin, ruokaperunaa perunate-

ollisuudelle vaiko tärkkelysperunaa. Kauppakunnostus voi pitää sisällään seuraavia työvaiheita: mullanerotus, harjaus, lajittelu kokoluokan ja ulkoisen laadun perusteella, pesu, kiillotus, kuorinta tai turvetus ja pakkaus. Maatilapakkaamoilla perunan käsittelyketjut ovat suhteellisen lyhyitä, mutta suurilla pakkaamoilla on pahimmillaan jopa yli sata erilaista perunan siirtovaihetta ennen kuin peruna on kuluttajapakkauksessa (Peters 1996). Perunan laadun kannalta riskialttiimpia ovat paikat, joissa pudotuskorkeus on suuri. Näitä ovat tyypillisesti erilaiset säiliöt, kuten linjaston syöttösiilot (varsinkin laatikoita tyhjennettäessä) sekä lopputuotelaatikot ja -pussit. Lajittelussa ja pesussa pudotuskorkeudet ovat pienempiä (Misener ym. 1992). Hyvin riskialttiita ovat myös kohdat, jossa perunamassa kulkee supistettuun linjaan, kääntää suuntaa tai jää pyörimään linjastolle.



Kuva 2. Perunan irtovaraston täyttökuljetin, jossa elevaattorin pudotuspään korkeus säätyy siten, että perunoiden pudotuskorkeus on mahdollisimman pieni. (Kuva: www.grimme.com/de)

3 Perunan mekaaniset vioittumat

Perunan mekaaniset vioitukset voidaan jakaa kuori- ja maltovikoihin. Maltovikoja ovat syvät haavat, ruhjeet, halkeamat, iskemät ja mustelmat (Mattila & Virolainen 1989).

Kuorivikoja syntyy erityisesti tuleentumatonta perunaa nostettaessa ja varastoitaessa, koska tällöin perunan kuori on vielä heikko (Ahvenniemi 1993). Kuoriutuneeseen kohtaan yleensä kasvaa suojaava korkkikerros. Vettä voi kuitenkin haihtua paljon ja varastotaudit voivat iskeä, kuten Olsson (1989) toteaa. Myös normaalikuorinnassa poistuvat matalat viillot ja haavat lasketaan kuorivioiksi.

Maltovikoja ovat syvät haavat, ruhjeet, halkeamat, iskemät ja mustelmat (kuva 3). Haavan aiheuttaa yleensä terävän esineen tekemä viilto, joita voi olla mm. nostokoneessa. Ruhjeen voi aiheuttaa osuminen tylppään esineeseen. Halkeama syntyy mukulan pudotessa korkealta kovalle alustalle. Iskemässä mallon soluja rikkoontuu. Iskemä ei juurikaan näy ulospäin, mutta mallossa vioittuma on selvä ja rajautunut. Mustelma syntyy kuoren alle tai maltoon, kun solukalvoja rikkoontuu ja siinä vapautuvat aineet hapettuvat melaniini-pigmentiksi (Mattila & Virolainen 1989).

Maltovikoja on monesti vaikea poistaa kauppakunnostuslajittelussa, koska ne eivät näy päällepäin (Thornton & Bohl 1998). Siten ne voivat johtaa perunasta valmistetun lopputuotteen hylkäämiseen, mikä tulee tietysti paljon kalliimmaksi kuin vioittuneiden perunoiden poistaminen jo kauppakunnostuksessa.

TAPAHTUMA			MUKULAN OMINAISUUS
ISKU			
MUODONMUUTOS		HANKAUMA	MUKULAN KOVUUS
KUORI SÄILYY EHJÄNÄ *	KUORI RIKKOU- TUU *	KUORI RIKKOU- TUU JA IRTOAA *	KUOREN KOVUUS JA KIINNITTYNEISYYS
SOLUSEINÄ RIKKOUTUU *	SOLUSEINÄ RIKKOUTUU *		MALLON KOVUUS
SOLUKALVOT RIKKOUTUVAT *			TÄRKKELYKSEN OMINAISUUDET
PIGMENTTI MUODOSTUU *			TYROSIINI FENOLAASI
MUSTELMOI- TUMINEN *	SISÄINEN RIKKOUTUMA, ISKEMÄ *	RUHJE, HAAVA *	
MALTOVIAT		KUORIVIAT	

Kuva 3. Mukulan ominaisuuksien vaikutus iskun aiheuttamaan vioitukseen. (Hughes 1980, suomenkielinen piirros: Mattila & Virolainen 1989)

Perunan ravinnehuollossa kannattaa huomioida, että liiallinen ja yksipuolinen typen lisäys voi altistaa kolhiintumiselle epäsuorasti, koska tällöin mukulapaino lisääntyy ja perunan tuleentuminen viivästyy. Fosforilannoituksen lisääminen puolestaan nopeuttaa tuleentumista ja siten vahvistaa kuorta. Kaliumin lisääminen voi vähentää mustelmoitumista ja mekaanista vioittumisalttiutta (Mattila & Virolainen 1989, Thornton & Bohl 1998). Varsinkin viljeltäessä perunaa useita vuosia samoilla lohkoilla perätysten, maan kaliumvarat vähenevät ja perunasta tulee altis kolhiintumaan (Ahvenniemi 1993).

Kirjallisuuden mukaan perunan kolhiintumiseen varastolla vaikuttavat ainakin seuraavat tekijät (Mathew & Hyde 1997):

- pudotuskorkeus (iskun voimakkuus)
- perunoiden lämpötila
- pehmustusmateriaalit
- perunalajike
- mukulakoko ja ominaispaino
- mukulan muoto
- iskujen kokonaismäärä
- perunan vesipitoisuus
- tuleentumisaste
- lannoitus

Lisäksi tiedetään, että saman lajikkeen perunoiden kolhiintumisalttius vaihtelee kasvukauden ja kasvu- paikan olojen mukaan (Mathew & Hyde 1997). Seuraavassa keskitytään edellä olevan listan neljään ensimmäiseen tekijään.

4 Pudotuskorkeuden vaikutus

Perunan kolhiintuminen johtuu monesti siitä, että se putoaa liian korkealta kovalle alustalle (Misener ym. 1992). Toisin sanoen mukulan vauhdin hidastumisnopeus (m/s^2) on liian suuri. Hidastuvuus ilmaistaan usein G-arvona, jossa $1 G = 9,81 m/s^2$. Mitä suurempi on G-arvo, sitä suurempi on todennäköisyys perunamukulan vioittumiselle. Hidastuvuutta voidaan mitata perunavirtaan laitettavan ns. elektronisen perunan avulla, jonka sisällä on kiihtyvyyssanturi (kuva 4) (Johnstone 2012).

Koska kehitetyt elektroniset perunat ovat usein muovia tai muuta synteettistä materiaalia, niiden muoto, kimmoisuus ja pinnan ominaisuudet eivät vastaa täysin oikean perunan ominaisuuksia. Tästä syystä elektronisia perunoita käytetään nykyään melko vähän säätöapuna käytännön sadonkorjuu- ja kauppakunnostustöissä (Geyer ym. 2009). Siksi on kehitetty menetelmää, jossa pelkkä kiihtyvyyssanturi apulaitteineen porataan oikean mukulan sisälle. Tällä menetelmällä saadaan realistisempi kuva perunan kokeimista iskuista kuin synteettisellä elektronisella perunalla, mutta menetelmä on tietysti vähän työläs, kun anturi täytyy aina päivittäin sijoittaa uuden perunan sisälle (Geyer ym. 2009).



Kuva 4. Kiihtyvyyssanturin sisältämä elektroninen peruna (Smart Spud) voidaan laittaa mittaamaan mukuloihin kohdistuvia iskuja mihin tahansa perunaketjun vaiheeseen. Laite lähettää mitaamansa tiedot langattomasti ja reaaliaikaisesti käyttäjän tietokoneelle. (Kuvat: www.masitek.com).

Pudotuskorkeuden lisäksi kolhiintumisalttiuteen vaikuttavat perunalajike ja käsittelylämpötila. Taulukon 1 mukaan herkimpiin lajikkeisiin alkoi tulla vioituksia jo 20 cm:n pudotuskorkeudella (102 G), vaikka perunan lämpötila oli $+15\text{ }^\circ\text{C}$. Kestävämpi lajike taas salli 50 cm pudotuksen (218 G) $+10\text{ }^\circ\text{C}$:een lämmössä täysin ilman vioituksia (Johnstone 2012).

Taulukko 1. Eräiden perunalajikkeiden vioittuminen, kun ne pudotettiin kovalle alustalle 10-100 cm:n korkeudelta $10\text{ }^\circ\text{C}$ tai $15\text{ }^\circ\text{C}$:een lämmössä (mukulakoko 120–350 g). Keskimääräiset G-arvot mitattiin Smart Spud-elektronisella perunalla. (Lähde Johnstone 2012)

Pudotus- korkeus (cm)	Keskimääräinen G-arvo (G)	Perunoista vioittui (%) 10 °C:een lämmössä		Perunoista vioittui (%) 15 °C:een lämmössä		
		Ruby Lou	Nadine	Ruby Lou	Nadine	Royal Blue
10	52	0	0	0	0	0
20	102	0	0	0	0	5
30	164	0	0	0	0	10
40	194	0	20	0	0	20
50	218	0	80	0	0	35
60	223	30	60	70	90	40
70	226	40	60	20	70	80
80	232	30	100	20	90	80
90	279	50	90	30	90	80
100	244	40	100	30	100	80

Kuten edeltä nähdään, niin G-arvolle on vaikea antaa yleispäteviä raja-arvoja, mutta Hyde ym. (1992) mukaan G-arvon ollessa alle 50 kolhiintumat ovat epätodennäköisiä ja G-arvon ollessa yli 100, kolhiintumariski kasvaa. Tämä on hyvin linjassa taulukon 1 kanssa.

Suurikokoiset mukulat ovat alttiimpia vioittumaan kuin pienet, koska pudotessa suurien mukuloiden nopeus ja samalla G-arvo törmäyksessä kasvaa suureksi (Mattila & Virolainen 1989, Bishop ym. 2000). Matthew & Hyde (1997) tekivät pudotuskokeita suurilla Russet Burbank-lajikkeen mukuloilla (mukulapaino 220–280 g/ kpl). Lämpötilan ollessa +10 °C jo 3 cm:n pudotus vioitti 10 % mukuloista, kun ne putosivat teräsalustalle. 40 cm:n pudotus vioitti peräti 100 % mukuloista.

Suomessa ohjearvoksi on annettu, että perunan pudotuskorkeus ei saisi ylittää 30 cm (Juola ym. 2001). Pehmustomalla ja pudotusvaimentimia käyttämällä voidaan suurempien pudotusten kolhiintumisriskiä vähentää.

Mm. laatikointikoneissa käytetään laskeutuvapäisiä elevaattoreita, joilla perunoiden pudotuskorkeus saadaan hyvin pieneksi, alle 20 cm:iin. Optiikkaan perustuva automatiikka nostaa elevaattorin päätä laatikon tai säiliön täytyessä, ettei elevaattori ruhjo pohjalla olevia perunoita. Elevaattorihihna täytyy olla lokeroitu, jotta perunat eivät pääse putoamaan elevaattorin sisällä. Laskeutuvapäisiä elevaattoreita on kahta tyyppiä: viistoon kulmaan taittavia ja pystysuorassa säätäviä (kuva 5).



Kuva 5. Bijsma Hercules (vasemmalla) ja Grimmen (oikealla) valmistamat laatikointikoneet, joissa pudotuskorkeus säätöy elevaattorin päätä nostamalla. Toista laatikkoa voidaan täyttää sillä aikaa kun toista vaihdetaan. (Kuvat: www.bijlsmahercules.nl, www.grimme.com/de)

5 Perunoiden lämpötila

Useiden tutkimusten mukaan perunat ovat varastointilämpötilassa +2–4 °C noin kaksi kertaa alttiimpia kolhiintumisvioletuksille verrattuna +10–12 °C:een lämpötilaan (Larsson & Bengtsson 1987, Bishop ym. 2000). Myös taulukko 1 havainnollistaa tätä, vaikka siinä alhaisempi lämpö onkin vain +10 °C ja ylempi +15 °C.

Yleinen käytäntö perunavarastoilla Suomessa on, että perunat tuodaan varastosta noin +15 °C:een lämpöiseen lajittelutilaan lämpiämään ennen lajittelua ja pakkausta. Perunan lämpenemisnopeus riippuu eräkoosta, mutta isoissa perunalaatikoissa keskiosan lämpeneminen voi viedä useita päiviä. Ilmankiertoa järjestelemällä lämpenemisaika voidaan lyhentää jopa vuorokauteen. Perunan lämmittäminen ja uudelleen jäädyttäminen kannattaa silti pyrkiä tekemään melko hitaasti, ettei perunan pinnalle kondensoidua vettä (Sariola 2001).

Koska vähittäiskauppa tekee tilauksia hyvin lyhyelläkin varoitusajalla, Britanniassa ja Saksassa on kehitetty perunoiden pikalämmitysmenetelmää säteilylämmityksen avulla (Bishop ym. 2000). Siinä neste-kaasulla tai sähköllä toimiva säteilylämmitin on asennettu rullapöydän päälle ja pöydän nopeus on sellainen, että mukulat viipyvät lämmittimen alla 60 sekuntia.

Tehdyissä kokeissa mukulat tippuivat lämmityksen jälkeen 35 cm:iä teräslevyn päälle. Lämmitysko-keessa mukana olleet perunalajikkeet olivat: Cara, Maris Piper, Nadine ja Barna. Lajikkeet ovat Niab:n (National Institute of Agricultural Botany) mukaan keskiherkkiä kolhiintumiselle. Mukuloiden painot olivat keskimäärin 110–135 g/kpl ja niitä oli säilytetty +4–5 °C:ssa noin 4 kk:n ajan. (Bishop ym. 2000)

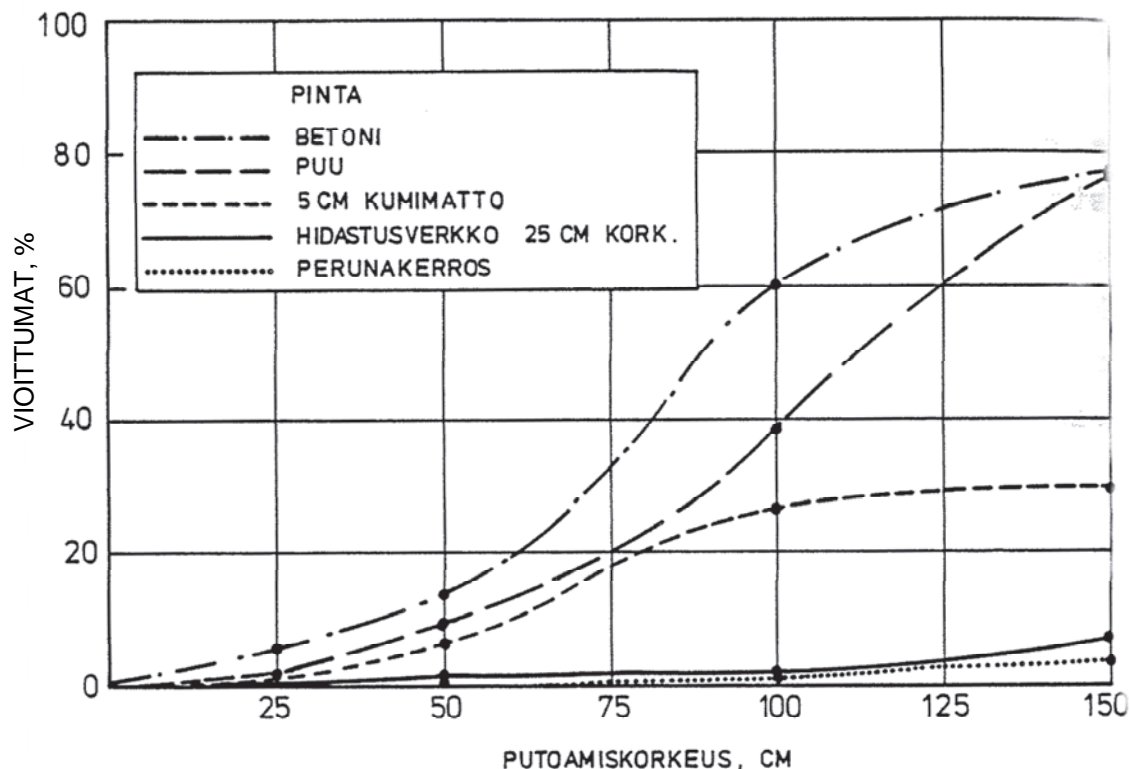
Pikalämmittäminen pienensi merkittävästi mukuloiden kolhiintumista. Mukuloiden koko vaikutti merkittävästi kolhiintumisalttiuteen: yli 65 mm:n mukulat kolhiintuivat enemmän kuin alle 65 mm:n mukulat. Kummankin kokoluokan kolhiintumisalttiutta voitiin lämmittämällä selvästi pienentää. Punaisen mukulan pinta (2mm) lämpesi nopeammin kuin valkoisen, mukulan keskellä ei ollut eroa ja lämpeneminen siellä oli hidasta. Mukuloiden pintakerroksen lämpö nousi 8–12 °C. (Bishop ym. 2000)

Laskelmien mukaan vaadittaisiin 25–30 kW:n säteilylämmitin nostamaan 15 ton/h perunavirran lämpö riittävästi 60 sekunnin aikana. Investointeja tarvitsisi tehdä vain lämmittimiin, riippuen siitä, minkälaiset rullapöydät pakkaamolla on käytössä (Bishop ym. 2000). Saksalaisen tutkimuksen mukaan (Trenckmann 1988) oli eduksi, jos minuutin lämmitysjakson jälkeen perunat saivat tasaantua 5–10 min ennen kauppakunnostusta välisäiliössä. Silloin perunoiden (80–100 g) pintalämpö nousi 10–15 °C. Käsittelyn ansiosta perunoiden mustelmoituminen väheni 70–80 %.

Näissä tutkimuksissa ei ole otettu kantaa perunan pinnan kondensoitumisriskiin, mikä on kuitenkin ilmeinen perunan lämpötilaa nopeasti muutettaessa. Toistaiseksi perunoiden pikalämmitys ei ole yleistynyt ainakaan Suomessa. Ilmeisesti tarvetta tähän ei ole ja hitaalla lämmityksellä katsotaan päästävän parempaan ja edullisempaan lopputulokseen.

6 Pehmustusmateriaalit ja pudotusvaimentimet

Teräksen ja betonin kimmoisuus ovat hyvin alhaisia, joten perunaan kohdistuu voimakas isku (suuri G-arvo) perunan törmätessä näistä materiaaleista tehtyyn pintaan. Perunan kolhiintuminen on todennäköistä, mikäli mukulan vauhti osumishetkellä on suuri. Materiaalin kimmoisuus pienentää iskun voimakkuutta, vaikka mukulan vauhti törmäyshetkellä olisi sama. Puu ja kumimatto ovat näistä hyviä esimerkkejä (Larsson 1966, kuva 6). Larssonin (1966) mukaan tehokkaimpia iskujen vähentäjiä ovat hidastusverkot ja perunakerros itsessään. Tästä johtuu se, että laatikon keskellä ja päällä olevat perunat ovat monesti vähemmän kolhiintuneita kuin laatikon pohjalla olevat perunat, mikäli laatikon täyttö on ollut kovakouraista.



Kuva 6. Pudotuskorkeuden vaikutus erilaisille pinnoille pudotetun perunan vioittumiseen (lievät + vakavat vioittumat, paino-%). (Larsson 1966, suomenkielinen piirros: Mattila & Virolainen 1989)

Teknisistä syistä perunankäsittelylinjastoja ei voida rakentaa kokonaan pehmeistä ja kimmoisista materiaaleista. Linjastot tehdään pääsääntöisesti teräksestä tai kovasta muovista, joissa kolhiintumisen kannalta kriittiset kohdat pehmustetaan (kuva 7). Pehmustusmateriaalien käytön tarpeellisuus on todettu kirjallisuudessa useaan otteeseen (mm. Misener ym. 1992, Peters 1996, Hyde ym. 1992). Perunankäsittelylinjastoissa kriittisiä pehmustusmateriaalia kaipaavia kohtia ovat pudotuspaikat, terävät kulmat ja myös pystysuorat pinnat, jos perunat törmäävät niihin (Sariola 2001). Käsittelylinjoissa ei saisi olla ahtaumia muodostavia kohtia, mutta jos näitä on, niiden reunat tulisi pehmustaa.

Mathew & Hyde (1997) tekivät pudotuskokeita Russet Burbank-lajikkeen mukuloilla kolhiintumisraja-arvojen määrittämiseksi (mukulakoko 220–280 g/kpl). Heidän mukaan tärkeimmät kolhiintumiseen vaikuttavat seikat ovat: pudotuskorkeus, vaimennusmateriaali ja mukulan lämpötila. Kokeessa perunoiden lämpötilat olivat 10 °C, 15,5 °C ja 21 °C. Vaimennusmateriaalit olivat: teräs, 6,3 mm:n PoronTM ja 13 mm:n PoronTM. PoronTM on solurakenteinen uretaaninen pehmustemateriaali (www.rogerscorp.com).

Jos sallittiin, että enintään 10 % mukuloista saa kolhiintua, pudotuskorkeuksien raja-arvot teräsalustalle olivat 30, 50 ja 100 mm lämpötiloissa 10 °C, 15,5 °C ja 21 °C (Mathew & Hyde 1997). Nämä arvot ovat hyvin matalia verrattuna esim. Larssonin (1966) ja Johnstonen (2012) tutkimuksiin (kuva 6 ja taulukko 1). 6,3 mm Poron™ -vaimennus lisäsi pudotuskorkeuksien raja-arvoja 250, 300 ja 350 mm:iin eri lämpötiloilla. 13 mm Poron™ -vaimennus lisäsi pudotuskorkeuksien raja-arvoja vähintään 100 mm edelliisiin verrattuna. Pienillä pudotuskorkeuksilla aiheutui lähinnä mustelmia, suuremmilla mustelmat vaihtuivat halkeamiin. 400 mm:n pudotus teräkselle 10 °C:n lämmössä kolhiinnutti 100% mukuloista. Kannattaa huomata, että vaimennuksella kolhiintumista saatiin tehokkaammin estettyä, kuin lämpötilaa nostamalla (Mathew & Hyde 1997). Mukulat olivat tässä kokeessa todella isoja, 220–280 g/kpl, mikä saattaa selittää mukuloiden herkempää kolhiintumista verrattuna muihin tutkimuksiin. Mitä isompi mukula, sen suurempi nopeus pudotessa, josta seurauksena on suurempi G-arvo ja kolhiintumisasteen kasvu (Mattila & Virolainen 1989).

Pehmustimien asentaminen on tietysti ensisijassa laitevalmistajan tehtävä, mutta useita erimerkkisiä laitteita yhteen sovitettaessa joudutaan pehmusteita lisäämään jälkikäteen. Eivätkä laitevalmistajatkaan aina tiedosta, missä ovat laitteen kriittiset paikat erilaisissa käyttötilanteissa. Pehmusteet myös kuluvat käytössä ja ne olisikin syytä tarkistaa vähintään kerran vuodessa ja uusia kuluneet kohdat (Sariola 2001). Pehmusteiden asentaminen ei ole kovin kallista, kyse on lähinnä asian tärkeyden tiedostamisesta. Sariolan (2001) mukaan hyvä pehmuste on kaksiosainen: uloimpana kerroksena on kulutusta kestävä 5 mm:n kumikerros ja sisempänä 25–30 mm pehmeää vaahtokumia. Tällöin saavutetaan hyvä kulutuksenkesto ja hyvät joustavuusominaisuudet. Perunan käsittelyyn voitaisiin joissain kohdin ottaa oppia hedelmienkäsittelylinjastoilta, esimerkiksi omenien ja persikoiden käsittelyn täytyy olla vielä hellävaraisempaa kuin perunoiden.



Kuva 7. Hyviä esimerkkejä oikein toteutetusta pehmustuksesta. Vasemmalla kotimaisen valmistajan kuljetin (Kuva: www.remet.fi) ja oikealla hollantilaisen optisen lajittelijan pudotusluiska. (Kuva: Timo Lötjönen)

Pudotusvaimentimia käytetään silloin, kun pudotuskorkeudet ovat suuria, pehmustinmateriaalien vaimennuskyky ei riitä tai perunat kolhiintuisivat, vaikka ne osuisivatkin vain toisiaan vasten. Pudotuskorkeudet voivat olla vaikkapa metristä viiteen metriin. Ideana pudotusvaimentimissa on, että putoaminen on järjestetty porrastetusti siten, että enimmillään perunat putoavat kerrallaan kankaiselle tai kumiselle alustalle esimerkiksi 30 cm:n verran ja jatkavat siitä omavoimaisesti seuraavalle portaalle. Näin perunan liike-energiaa saadaan vähennettyä hallitusti, eivätkä G-arvot kasva liian suuriksi.

Pudotusvaimennintyyppejä ovat pressukankaiset tai kumiset vaimenninlöpät (kuva 8), joita käytetään erityisesti laatikkojen täytössä, moniportaiset pressukankaiset vaimentimet korkeisiin pudotuksiin (kuva 9) ja kuvassa 5 esitellyt säätyväkorkeuksiset eleaattorit. Yhteistä näille kaikille on, että vaimentimen alapään korkeuden tulee säätyä perunakerroksen korkeuden mukaan, ettei vaimennin hautaannu perunoiden alle tai kolhi perunoita mekaanisesti.



Kuva 8. Vaimenninläpät kuljetinhihnojen päissä vaimentamassa perunan putoamista laatikoihin (Kuva: Skals Maskinfabrik A/S).



Kuva 9. Moniportainen pudotin vaimennin suurille pudotuskorkeuksille (Kuva: Skals Maskinfabrik A/S)

7 Perunalajikkeiden erot

Vaikka lajikkeiden välillä on selviä eroja kolhiintumisen kestossa ja ominaisuutta voidaan jalostuksen avulla edelleen parantaa, saadaan kolhiintumista kuitenkin tehokkaimmin vähennettyä kehittämällä perunan mekaanista käsittelyä hellävaraisemmaksi (Geyer ym. 2009, Peters 1996). Jalostuksella on monia muitakin tavoitteita ja osa näistä voi jopa heikentää lajikkeen kolhiintumisen kestoa.

Perunalajikkeet uusiutuvat melko nopeasti, joten kirjallisuudessa esitetyt lajike-erot perunoiden kolhiintumisen kestossa saattavat tänä päivänä olla vanhentuneita tai vähämerkityksellisiä. Mustonen (1986) esitti pudotuskokeen tulokset, jossa 1980-luvulla yleisesti viljelyssä olleiden lajikkeiden mukuloita pudotettiin 100 cm:n korkeudelta. Pudotuskokeessa lajikkeiden kolhiintumisen keston paremmuusjärjestys oli seuraava: Rekord (58%), Bintje (32%), Pito (12%) ja Sabina (10%). Suluissa on esitetty vioittumattomien mukuloiden määrä. Tilastojen mukaan noiden lajikkeiden viljelyala vuonna 2011 Suomessa oli 0–2 % koko ruoka- ja siemenperunan viljelyalasta, eli paljon uusia lajikkeita on tullut tilalle (Rahkonen 2012).



Kuva 10. Kolhiintuuko vai ei? Tärkeintä on pitää käsittelylinjaston pudotuskorkeudet pieninä, huolehtia vaimenninmateriaalien kunnosta ja käsitellä vain lämmitettyä perunaa. Kuvassa työturvallisuusasiat eivät ole ihan kunnossa puuttuvan ketjunsuojan takia. (Kuva: Timo Lötjönen)

Monet lajikkeiden välistä kolhiintumisalttiutta mittaavat kokeet on tehty ulkomailla, esimerkiksi USA:ssa ja Australiassa, joten niissä mukana olleet lajikkeet saattavat olla meillä viljelemättömiä (esimerkiksi taulukko 1). Toisaalta meillä viljellään osin samoja lajikkeita kuin Keski-Euroopassa, siinä mielessä perunan tilanne on hieman erilainen kuin viljalajikkeilla, joissa me voimme suomalaisten lajikkeiden lisäksi oikeastaan viljellä vain joitakin ruotsalaisia ja norjalaisia lajikkeita.

Ehkä kattavimman kuvan eri lajikkeiden kolhunalttiudesta antaa brittiläisen Potato Councilin lajiketietokanta (www.varieties.potato.org.uk). Lajikkeet on luokiteltu mm. kolhunalttiuden mukaan asteikolla 1–9, jossa 1 on huonoin ja 9 paras. Tietokannan mukaan meillä viljeltävistä lajikkeista hyvin kolhiintumista kestäviä lajikkeita ovat mm. Melody, Annabelle, Asterix, Lady Claire, Nicola, Victoria ja Fambo. Tuossa lajikkeet ovat paremmuusjärjestyksessä arvosanoin kahdeksasta viiteen. Tietokannassa olevia kovin heikosti kolhiintumista kestäviä lajikkeita meillä ei viljellä ollenkaan.

Samalla on todettava, että lajikkeiden kolhiintumisalttius vaihtelee vuosittain kasvuolojen ja kasvupaikan mukaan (Bishop ym. 2000, Mathew & Hyde 1997). Siten kovin tarkkoja lajikekohtaisia eroja kolhiintumisalttiudelle ei voida antaa. Käsittelyperäiseen kolhiintumiseen on kuitenkin vaikuttamismahdollisuuksia lajikkeesta huolimatta.

8 Yhteenveto

Tarkista, että:

- perunan pudotuskorkeus ei ole missään kohdin linjastoa yli 30 cm. Mikäli on, huolehdi riittävästä pehmuksesta ja tarkista pehmusteiden kunto säännöllisesti.
- peruna ei muuta suuntaansa liian nopeasti, eikä perunavirta puuroudu linjastolle. Tällöin mukulat kolhivat toinen toisiaan.
- linjastossa ei ole teräviä kohtia, joihin perunavirta törmää (esimerkiksi pultin päät).
- tarkista erityisesti ne kohdat, joissa linjasto muuttuu eri laitetoimittajan toimittamaksi.
- lämmitä perunat yli 10 °C:een lämpötilaan ennen lajittelua ja kauppakunnostusta. Tällöin ne eivät kolhiinnu yhtä herkästi kuin varastokylmät perunat.
- säädä laitteet toimimaan siten kuin ne on suunniteltu, varsinkin kun sadon laatu muuttuu

- Ahvenniemi, P. 1993. Kolhutonta perunaa. *Maatilan Pirkka* 4: 8–9.
- Bishop, C.F.H., Thorogood, A.J., Duran, T. & Devres, Y.O. 2000. Reduction of potato damage during grading by radiant heating. *Potato Research* 43: 273–278.
- Geyer, M. O., Praeger, U., Koenig, C., Graf, A., Truppel, I., Schluter, O. & Herold, B. 2009. Measuring behavior of an acceleration measuring unit implanted in potatoes. *Transactions of the ASABE*. 52: 1267–1274.
- Hughes, J. 1980. Role of tuber properties in determining susceptibility of potatoes to damage. *Annl. appl. Biol.* 96: 344–345.
- Hyde, G.M., Brown, G.K., Timm, E.J. & Zhang, W. 1992. Instrumented sphere evaluation of potato packing line impacts. *Transactions of the ASAE*. 35: 65–69.
- Johnstone, R. 2012. Improve potato quality by minimising mechanical damage. Farmnote 514. Department of Agriculture and Food, Australia. <http://www.agric.wa.gov.au/>
- Juola, P., Palohuhta, J.P., Ruokolainen, A. 2001. Varastointi. Teoksessa: Toim. Virtanen, A. & Teräväinen, H. *Laatuperunan tuotanto. Tieto tuottamaan* 95. Maaseutukeskusten liiton julkaisuja. Jyväskylä. s. 86–93.
- Larsson, K. 1966. Hantering av matpotatis i gårdslager. Jordbrukstekniska institutet, meddelande nr. 317. Uppsala. 75 s.
- Larsson, K. & Bengtsson, N. 1987. Mekaniska skador på matpotatis i olika hanteringsled. Jordbrukstekniska institutet, meddelande nr. 414. Uppsala. 59 s.
- Mathew, R. & Hyde, G.M. 1997. Potato impact damage thresholds. *Transactions of the ASAE*. 40: 705–709.
- Mattila, T. & Virolainen, V. 1989. Hellävarainen perunankorjuu. *Vakolan tutkimuslaskutus* 53. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos. Vihti. 103 s.
- Misener, G.C., McLeod, C.D. & McMillan, L.P. 1992. Identification of mechanical injury of potatoes on packing lines. *Canadian Agricultural Engineering* 34: 55–59.
- Mustonen, L. 1986. Vioitukset perunan laatuongelmana. *Käytännön Maamies* 35, 8: 12–13.
- Olsson, K. 1989. Impact damage, gangrene and dry rot in potato : important biochemical factors in screening for resistance and quality in breeding material. Diss. Swedish University of Agricultural Sciences. Svalöv. 62 s., 6 erip.
- Peters, R. 1996. Damage of potato tubers, a review. *Potato Research* 39: 479–484.
- Rahkonen, A. 2012. Tärkeimmät peltokasvilajikkeet 2013, Ruokaperuna. Teoksessa: Toim. Harmoinen T. & Teräväinen, H. *Maatalouskalenteri 2013. ProAgria Keskusten liitto*. s. 188.
- Sabba R.P. & Lulai E.C. 2002. Histological analysis of the maturation of native and wound periderm in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber. *Annals of Botany*. 90, 1–10.

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -julkaisusarjassa julkaistaan maatalous -ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.



- Sariola, J. 2001. Ruokaperunan kauppakunnostus. Teoksessa: Toim. Virtanen, A. & Teräväinen, H. Laatu-
tuperunan tuotanto. Tieto tuottamaan 95. Maaseutukeskusten liiton julkaisuja. Jyväskylä. s. 94–98.
- Thornton, M. & Bohl, W. 1998. Potato bruise damage. Bulletin 725 (revised). Cooperative Extension
System, University of Idaho.
- Trenckmann, S. 1988. Versuche zur Verminderung der Schwarzfleckigkeit von Kartoffeln durch
verschiedene Verfahren der Erwärmung. Universität Göttingen, Dissertation. Forschungsbericht
Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG); No. 148.