

Nõuandeid kartulikasvatuse mehhaniseerimiseks

Jaanus Siim, põllumajandustehnika katselabori juhataja

Toodetavate kartulimasinade nomenklatuur on väga suur, mistõttu valiku tegemine on küllaltki raske. Üldjuhul on tootlikumad masinad kallimad ja majanduslikult ei ole otstarbekas ega võimalik osta suure tootlikkusega masinat väikesel põllulapil töötamiseks. Eestis on kõrvuti suurtootjatega siiski tuhandeid väikekasvatajaid, kellel kartuli kasvupind on alla hektari või siis mõne hektari ringis. Seetõttu püüame anda vastavalt kasvupinna suurusele 1, 3, 5, 10 hektarit ja üle 20 hektari mõningaid pidepunkte kartulitootmise põhimasinade valikuks. Masina töö on seda odavam, mida rohkem ta tööd teeb. Enamikku masinatest ei suuda üksik väiketootja täielikult koormata, seetõttu tuleks masinatöö maksumuse hoidmiseks vastuvõetaval tasemel neid kasutada mitmekesi, välja rentida või teha nendega teenustööd. Järgnevalt on esitatud üldisi soovitusi kartulimasinade valikuks ja orienteerivaid andmeid selle kohta, millised võiksid olla või peaksid olema erinevatele tootmismahtudele sobivad masinatüübid, nende tootlikkused, aastased töömahud, masina hinnad, töö maksumused ja inimtöökulud. Kui kartulikasvatajat aga huvitab masinatöö maksumus või kartulikasvatuse tasuvus tema konkreetsetes töötingimustes, siis võib ta pöörduda autori poole vastava arvutusprogrammi tutvumiseks ja soovi korral ka selle saamiseks ning iseseisvaks kasutamiseks, et kodus enne masina ostu kõik rahulikult läbi kalkuleerida.

Kartulisorteerid

Kartulimugula üks põhilisi tunnussuursusi on tema mass; see peakski olema kartuli fraktsioonidesse jaotamise alus, kuid valdavalt sorteeritakse kartulit siiski mõõtmete järgi. Viimastel aastatel on hakanud levima väga täpselt sorteerivad optoelektronilised sorteerid, kus iga mugul mõõdetakse elektrooniliselt (kontaktivabalt), arvutatakse mugula maht/mass ja kartul jaotatakse täiturmehhanismidega vastavalt peremehe poolt etteantud suurusgruppidesse. Lihtsamatel (kahe mõõtme järgi) optoelektronilistel sorteeridel on passitootlikkus käesoleval ajal kuni 24 ja täiuslikematel (kolme mõõtme järgi) kuni 16 t/h.

Kartulisorteeri põhiparameetrid on tootlikkus, sorteerimistäpsus ja mugulate vigastamine. Eri tüüpi sorteeride võrdlemisel on õige kasutada eritootlikkust – so tootlikkus tööpinna 1 m alglaiuse kohta tunnis. Sorteeri võib põhimõtteliselt kahel viisil: fraktsioonide järjekorrekuse või rööbitise eraldamisega. Esimesel juhul eralduvad esmalt väikemugulad, seejärel keskmised fraktsioonid ja lõpuks kõige suuremad. Teisel juhul eralduvad (lähevad üle) esmalt kõige suuremad mugulad, mis läbivad sorteeri lühima tee ning seetõttu vigastuvad vähem. Keskmised ja väikesed mugulad läbivad sorteeri ülemise tööpinna ning lähevad järgmistele, väiksemate avadega tööpinna, kus läheb üle suuruselt järgmine fraktsioon jne, kuni lõpuks jäävad järele kõige väiksemad mugulad. Uurimis- ja katsetulemused on näidanud, et fraktsioonide rööbitisel eraldamisel on sorteeri eritootlikkus 25...40% suurem kui järjekorrekusel eraldamisel. Tööorgani tüübi järgi liigitatakse sõelursorteerid sari-, konveier-, rullik- (valts-), trummel- ja pikivaltsorteerideks.

Sarisorteeri tööorganiteks on traadist punutud või kokkukeevitatud neljakandiliste (tavaliselt ruudukujuliste) avadega liikuvad varbrestid ehk sarjad, mille arv on ühe võrra väiksem soovitatavast mugulafraktsioonide arvust. Tavaliselt asetsevad sarjad kohakuti: kõige pealmine on suurimate ja kõige alumine väikseimate avadega. Võrreldes rulliksorteeridega on sarisorteeride tööpinna avade pindala (nn elav pind) kuni kaks korda suurem. Mugulate vigastamise vähendamiseks kaetakse sarja traadid plasti või kummiga, mistõttu sellised tööorganid on kallimad. Sarja liikumisviis võib olla õõtsuv, vibreeriv või tõukeline. Esimesel juhul liiguvad sarjad õõtsuhoobadel sujuvalt edasi-tagasi. Üldjuhul liiguvad sarjad paarikaupa vastasfaasides – see tasakaalustab masina raamile mõjuvaid dünaamilisi koormusi. Sorteerimistäpsuse suurendamiseks on keerukamatel sorteeridel õõtsumine intervallidega – vahepealse sujuva seisumise-käivitusega, et mugulad vajuksid avadest paremini läbi. Täiuslikumad sorteerid on varustatud automaatselt toimiva erimehhanismiga, mis lükkab välja sarjaavadesse kinnijäänud mugulad. **Tõukursorteeri** sarjad liiguvad tõukeliselt poolviltu ette-üles, visates iga tsükliga mugulad ühe ava võrra edasi, kusjuures üles liiguvad sarjad kiiresti, tagasi aga laskuvad mugulate vigastamise vältimiseks sujuvalt. Tavaliselt on sarjade liikumisrežiim reguleeritav.

Konveiersorteeri tööorgan on traadist, nõõrvõrgust, plastist või mitmest materjalist valmistatud lõputu võrklint või liikumissuunas laienevate vahedega rihmad. Võrklindi ülemine tööharu tavaliselt rappub sorteerimise intensiivistamiseks elliptiliste rullide või raputavate kandurite mõjul. Lindi ees on tavaliselt leevenduskonveier, mis hajutab tõstekonveierilt tulevad mugulad ja pidurdab nende hoogu. Lindi kohal võib

paikneda tasanduspõll või -hari mugulakihi laialilükkamiseks. Harilikult on lindi harude vahel põikkonveier, mis viib läbitulnud mugulad kõrvale välja. Üks sorteer jaotab kartuli seega kahte fraktsiooni, enama arvu fraktsioonide saamiseks tuleb järjestikku tööle panna mitu erineva avasuurusega võrklindiga sorteer, mis nõuab küllalt suurt ruumi.

Rulliksorteeri tööorganiks on pöörlevad erineva läbimõõdu ja kujuga ketas- või profiilrullikud, mugulad liiguvad tööpinnal edasi risti rullikuid. Ainult pöörleva liikumisviisiga rullikutega sorteer kasutamisel tuleb silmas pidada, et mugulad liiguvad rullikutel edasi põhiliselt tagant tuleva kartuli tõukejõu mõjul. Kui etteanne on liiga väike, jäävad üksikud mugulad rullikute vahele tükiks ajaks pöörlema, mis vigastab nende koort ja soodustab haiguste levikut. Pikivaltssorteeril liiguvad mugulad piki vastassuunas pöörlevaid valtse kas kallaku või valtsidel oleva teoniidi mõjul. Mugulate fraktsioneerimiseks on valtside vahekaugus reguleeritav ja liikumissuunas laienev.

Trummelsorteeri tööorganiks on väikese kaldega pöörlev erineva suurusega avadega varb- või võrktrummel. Mugulad liiguvad trumli sees pöörelles edasi ja väljuvad sellest vastavalt avade suurusele. Kõige suuremad mugulad väljuvad trumli alumisest otsast ja läbivad seega kõige pikema tee, mistõttu nende vigastumisoht on suur.

Sorteerimistäpsus sõltub kõigi sorteeride puhul etteande kogusest, mugulate kujust, sorteer avade mõõtmete püsivusest, töörežiimist ja lisandite hulgast. Väikese etteande korral eraldub väiksesse fraktsiooni enam suuri mugulaid. Suure etteande korral seevastu satub väikesi mugulaid suurte hulka. Kartulikiht peaks olema sorteeripinnal ühe mugula paksune, paksema kihi korral väheneb sorteerimistäpsus. Seega peab kartuli etteanne sorteer tööpinnale olema võimalikult ühtlane. Oluliselt mõjutab sorteerimistäpsust mugula kuju. Erinevat tüüpi sorteeride puhul võib see olla ümmargustel ja piklikel mugulatel sootuks vastupidine. Ka kartuli puhtusel on oma osa. Muld kleepub sorteer tööorganitele, mis vähendab avade mõõtmeid. Taimejäänused ja kivid võivad sorteer avad sootuks ummistada. Sorteer tööpinna pikendamine suurendab mõnevõrra sorteerimistäpsust ja mugulate vigastumisohtu, kuid oluliselt mitte tootlikkust. Sorteerimistootlikkuse suurendamiseks on õigem valida laiema tööpinnaga sorteer. Kolme erinevat tüüpi sorteeride – rullik-, õõts- ja tõukursorteeride tööomaduste võrdlemisel on katsetustel hinnatud kokkuvõtvalt parimaks viimane tüüp.

Seemneks ja toiduks kõlbmatute mugulate eraldamine on hoolikust nõudev käsitsitöö. Lihtsam on seda teha koos sorteerimisega, kui sorteer ette või järele panna tööle noppelaud, kus mugulad liiguvad tööliste eest mööda. Tööliste ülesandeks jääb siis vaid praakmugulate ja lisandite väljakorjamine. Noppelaua tööpinnaks on kas lint- või rullkonveier või pöörlev ketas. Rullnoppelauad liiguvad mugulad koos pöörlevate rullidega edasi, samaaegselt ka ise pöörelles. Mugula pinnast on nähtav 92...96%. Ehituselt on rullnoppelauad keerukamad ja ei õigusta end alati lisanditerohke kartuli valimisel. Ka on rullnoppelauadel mõnevõrra suurem haiguste edasikandumise oht. Lintnoppelauad on konstruktsioonilt märksa lihtsamad, kuid neil on nähtav vaid alla poole mugula pinnast. Seetõttu on otstarbekad sellised lintnoppelauad, millel valitav kartul juhatakse keskkanalisse, praakmugulad aga heidetakse äärekanalitesse. Noppelaua sobiva laiuse korral (≤ 800 mm) saab mugulaid vaadelda ja välja korjata kahelt poolt. Noppelaud peab olema hästi valgustatud ja varustatud reguleeritava asendiga istmetega. Keskmiselt võib arvestada, et inimese kohta võib noppelauale juhtida sõltuvalt kartuli kvaliteedist kuni 1 tonn kartulit tunnis.

Teistest abiseadmetest kuulub sorteer juurde vastuvõtupunker, tõstekonveier ja kaubakartuli tootmisel ka kaalumispakkimisseade, kokku moodustavad need sorteerkomplekti. Lihtsamatel sorteerkomplektidel vastuvõtupunker puudub - neil kühveldatakse kartul käsitsi tõstekonveieri kolusse. Suurema tootlikkusega sorteeride puhul tuleks kasutada vastuvõtupunkrit ja tööle rakendada rohkem noppelaudu. Vastuvõtupunker võimaldab kartuli mehhaniseeritud ja ühtlast etteannet. Ka peaks selle konstruktsioon võimaldama etteande sujuvat reguleerimist vastavalt sorteeritava kartuli omadustele. Raskemate viljelustingimuste korral, kui kartuli hulka jääb koristusel ohtrasti mulda, on sorteer ette vajalik rakendada tööle mullaeraldil või eelsorteer. Lihtsaim peenmulla eraldil on kaldne varbrest. Niiske muld kleepub siiski varbadele ja need vajavad pidevat puhastamist. Tõhusam on sama tööpõhimõttega aktiivse tööorganiga seade – varbkonveier, millel tavaliselt on ka lindiraputid. Küllaltki levinud on mitmesugused rotatsioonmullaeraldilid, nagu biiter-, ketas-, tähik-, hari- ja spiraalsõelurid. Nendel on järjestikku mitu rööbitist pöörlevat võlli, millele on kinnitatud varbbiitrid, kettad, tähikud, harjad, spiraalid või mõne muu kujuga tööorganid. Kivide eraldamiseks kasutatakse kummisõrm-, hari-, õhk-, hüdro- või nõelkivieraldilid, elloetletute kombinatsioone

või automaatselt toimivat lisandieraldit. Eelsorteer on seade, mis eraldab väikemugulad, et nendega mitte asjatult koormata kartuli säilitamisel hoidlat ja töötlemisel põhisorteeri, noppelauda vm seadet. Koos väikemugulatega eraldub ka peenmuld, kuid eelsorteeri võib vajaduse korral komplekteerida veel täiendava lisandieraldiga.

Eesti kartulikasvatajatele seni võibolla tundmata uuematest abiseadmetest tuleks mainida mugulaloendurit, mida kasutavad arenenud kartulikasvatamaades seemnekartuli kasvatajad-müüjad. On ju seemnekartuli vajaliku koguse planeerimisel esmatähtis mugulate arv, mitte nende kogumass, mistõttu kartulikasvataja, teades oma põllu suurust ja mahapanekutihedust, tellib näiteks pool miljonit mugulat aga mitte 30 tonni.

Kartulisorteeri ja selle abiseadmete valikul tuleb arvestada töömahuga, kartuli kasutusotstarbega, võimalike lisandite iseloomu ja kogusega ning aastase kasutusperioodi pikkusega. Sorteeri töö maksumus piisava töökoormuse korral on 10...15 senti/kg, mis kartuli omahinnast moodustab küllaltki väikese osa, kuid sorteerimise kvaliteet võib oluliselt mõjutada turustusvõimalusi. Tabelis 1 on esitatud orienteerivaid andmeid sorteeri valikuks vastavalt sorteeritava kartuli kogusele.

Tabel 1. Kartuli sorteerimise mehhaniseerimise võimalusi vastavalt töömahule

Kartuli pind, ha	Näitajad	Andmed	
1	Sorteeri tüüp	Käsitsi	
	Orient. tootlikkus, t/h	0,1	
	Töömaht, t/aasta	30	
	Masina orient. hind, kr	-	
	Töö orient. hind, kr/t	160*	240**
	Abitöölisi	1	
	Inimtöökulu, h/t	10	
3	Sorteeri tüüp	Lihtsorteer, käsitsi pealetõstmise	
	Orient. tootlikkus, t/h	0,5	0,5
	Töömaht, t/aasta	90	180 (mitme peale)
	Masina orient. hind, kr	15 000	15 000
	Töö orient. hind, kr/t	140*	190**
	Abitöölisi	4	4
	Inimtöökulu, h/t	8	8
5	Sorteeri tüüp	Sorteer + tõstekonveier ja noppelaud	
	Orient. tootlikkus, t/h	2,0	2,0
	Töömaht, t/aasta	150	300
	Masina orient. hind, kr	90 000	90 000
	Töö orient. hind, kr/t	120*	140**
	Abitöölisi	4	4+1
	Inimtöökulu, h/t	2	2,5
10	Sorteeri tüüp	Sorteer + tõstekonveier, haripuhasti, noppelaud jm.	
	Orient. tootlikkus, t/h	2,0	2,0
	Töömaht, t/aasta	300	600 (mitme peale)
	Masina orient. hind, kr	150 000	150 000
	Töö orient. hind, kr/t	150*	170**
	Abitöölisi	4+1	4+1
	Inimtöökulu, h/t	2,5	2,5
Üle 20	Sorteeri tüüp	Sorteerikomplekt	
	Orient. tootlikkus, t/h	4,0	4,0
	Töömaht, t/aasta	600	900
	Masina orient. hind, kr	300 000	300 000
	Töö orient. hind, kr/t	135*	145**
	Abitöölisi	4+1	4+1
	Inimtöökulu, h/t	1,25	1,25

* – abitöölise töötasu 12 kr/h

** – abitöölise töötasu 18 kr/h

Kartulipanurid

Sellest, kuidas kartul maha pannakse, sõltub paljuski tulevane saak ja selle kvaliteet, aga ka koristamise sujuvus. Olulised on nii kartulipanuri tehnilised ja tehnoloogilised omadused kui masina õige kasutamine. Üheks olulisemaks kartulipanuri töö kvaliteedi näitajaks on mahapanekuühtlus. On arusaadav, et ideaalselt ühtlaselt ei saa kartulit maha panna, kuid vähemalt 80% mugulaist peaks olema vaos vahekaugusega piirides, mis ei ületa $\pm 20\%$ soovitud vahekaugusest. Kui näiteks on vaja panna 5 mugulat meetrile, s.t vahekaugusega 20 cm, võib tegelik vahekaugus olla vahemikus 16...24 cm. Kui mugulate vahekaugus on üle kahe korra suurem ettenähtust (antud näites üle 40 cm), on tekkinud tühik, neid ei tohiks olla üle 2%. Kui kaks mugulat puutuvad kokku või on nende vahekaugus alla veerandi ettenähtust (antud näites alla 5 cm), on tegemist kaksikmugulatega. Ka neid ei tohiks olla üle 2%. Mahapanekuühtlust saab kontrollida, kui jätta vaod kümnekonna meetri ulatuses kinni ajamata – seda tuleks teha töö alustamisel. Ebaühtlase mahapanekutiheduse põhjus masinpanekul on tavaliselt seemnekartuli halb kvaliteet: märjad (mädased) ja mullased mugulad, mis kleepuvad lusikatesse või ei valgu söotekolusse, lisandite – põhu, idude – olemasolu ja erineva suurusega mugulad. Tühikute põhjuseks võib olla ka liiga suur töökiirus, mispuhul lusikad ei jõua täituda. Vao põhi, kuhu seemnekartul kukub, peab olema kitsas ja kobe – siis jäävad mugulad ühte ritta ja ei veere kukkumisel teise kohta.

Teine oluline kartulipanuri töö kvaliteedi näitaja on mahapanekusügavuse ühtlus – see ei tohi erineda üle 2 cm. Ühtlase sügavusega mahapandud kartul tärkab ja areneb ühtlaselt. Uue saagi mugulad on siis ühesuguse füsioloogilise vanuse ja küpsusega, mis hõlbustab koristamist, säilitamist ja sorteerimist. Mahapanekumasinatelt tuleks eelistada selliseid, millel iga vaomoodustaja ees on kopeerratas – mahapanekusügavust ei mõjuta siis mugulapunkris oleva seemnekartuli kaal ja selle muutumine.

Kartulipanur agregaadis traktoriga peab võimaldama saada sirged ja ühelaiused vaod selleks, et taimejuured ei saaks muldamisel vigastada. Kartulipõldude vaatlustel on leitud, et kõverate ja ebaühtlase laiusega vagude vahelharimisel võib hävida kuni veerand taimedest. Naabertöökäikude vagude vahekaugus (puutereavahe) ei või mingil juhul olla kitsam, kuid ka mitte üle 10 cm laiem.

Kartulipanurid liigitatakse kahte suurde rühma: käsitoitega (-etteandega) ja mehaanilise toitega. Teine olulisem liigitusalus on sööturi tüüp. Söötur (ka mahapanekuaparaat, etteandemehhanism) on seade, mille ülesanneteks on suunata seemnemugulad ükshaaval seemendisse, tagada vaos mugulate soovitud vahekaugus ja vältida tühikuid ning kaksikmugulaid. Kartulipanureid liigitatakse veel realisuse (1-, 2-, 3-, 4-, 6-, 8-realisel) ja haakimisviisi (ripp-, poolripp-, järeelvetav) järgi.

Käsitoitega kartulipanuritel asetatakse seemnemugulad kas sööturisse või otse vaku viivasse suundetorusse käsitsi. Käsitoitega kartulipanuritel võib sööturiks olla kärgrootor (pesaratas), lusikrootor või lusikelevaator. Käsitoitega kartulipanurid sobivad eelkõige väiketootjaile, sest need on lihtsa konstruktsiooniga ja odavad. Eestis on väiketootjail küllaltki levinud 2-realine suundetoriga panur. See on traktori taha rippesse haagitav raam, mille ette alla on kinnitatud kaks elementaarset seemendit-vaomoodustit ja taha alla kolm sama lihtsat vaosulgurit. Raami tagaservas on kaks istet. Raami all on veel koputiga kopeerratas. Seemnekartul paigutatakse raamile kastidega. Seemenditesse suubuvad plasttorud, kuhu inimesed viskavad koputi taktis seemnemugulaid. Selle riistaga saab kartuli küll ühe töökäiguga maha, kuid ta vajab väga hästi ja ühtlaselt ettevalmistatud mulda. Kergekaaluline T-25-tüüpi traktor on selle mahapanekuriistaga väga tundlik mullaharimisvigade suhtes, mistõttu vaod võivad kõverad tulla. Tavaliselt puuduvad ka tugi(kopeer)rattad, mistõttu mahapanekusügavust mõjutab põllu pehmus ja see, kas mugulakastid on täis või tühjad. Mahapanekutihedus ja -ühtlus sõltuvad täielikult inimeste tööst.

Hea mahapanekuühtlusega on käsitoitega kärgrootoriga ja lusikelevaatoriga kartulipanurid, sest nendel on söötur, mida käitatakse masina käigu- või spetsiaalselt harkrattalt ja mis tagab seega vaos ühesuguse mugulate vahekauguse. Erineva mahapanekutiheduse valikuks on ajamis kettreduktor, lihtsamatel masinatel muudetakse harkratta läbimõõtu. Seemnemugulad asetatakse rootori kärgedesse või elevaatori lusikatesse. Käsitoitega lusikelevaatoriga panurid sobivad hästi eelidandatud kartuli mahapanekuks väiksemate tootmiskahtude korral – nende päevatootlus on keskkeltläbi üks hektar.

Mehaanilise toitega kartulipanuritel liiguvad seemnemugulad sööturisse kas isevoolu teel, aktivaatorite abil või etteandekonveieriga. Sööturiks võib olla lusikelevaator, sõrmlusiketas või rõhtkonveier. Eestis olid valdavalt kasutusel sõrmlusikettaga kartulipanurid. Nende sööturid käitatakse traktori jõusiirdevõllilt. Olulisemateks puudusteks olid keerukus, tundlikkus lisandite (muld, idud, mädakartul) suhtes ja seemnemugulate vigastamine. Lusikelevaatoritega kartulipanurid on levinuim tüüp nii Lääne-Euroopas kui ka Eestis. Lusikad on elevaatoril tavaliselt kahes reas – see võimaldab suuremat töökiirust. Enamasti on elevaatoriks konveierilint, kuid on ka kettelevaatoriga masinaid. Sööturi käitab kartulipanuri ratas. Täiuslikumatel kartulipanuritel on ajamis kettredaktor, mis võimaldab valida suures diapasoonis mahapanekutihedusi. Kaasaegse lusikelevaatoritüüpi kartulipanuri kasutamisel tuleb tühikute ja kaksikmugulate vältimiseks seemnekartul sorteerida suuruse järgi 2 või 3 fraktsiooni, mis pannakse eraldi maha. Ühe fraktsiooni seemnemugulate mõõtmete erinevus peaks jääma 10 mm piiresse – see nõuab väga täpset sorteerimist. Ebaühtlase suurusega seemnemugulate mahapanekul toimub nn isosorteerumine: lusikad haaravad esmalt väiksemaid mugulaid, suuremad jäävad lõpuks. Enamik kartulipanureid on võimalik komplekteerida lisakausikestega: kui elevaatori lintide küljes olevate lusikate mõõtmed võimaldavad maha panna keskmise suurusega mugulaid, siis keskmisest väiksemate ja suuremate mahapanekuks on ette nähtud mitmes mõõdus ja erineva kujuga plastmassist kausikesed, mida saab lihtsalt kinnitada põhilusikatele. Tehakse ka erinevaid kausikesi ümmarguste ja piklike mugulate jaoks. Lusikelevaator on tavaliselt varustatud reguleeritava töörežiimiga raputiga, mis peab tagama, et igale lusikale jääb vaid üks seemnemugul – nii välditakse kaksikmugulate mahapanek.

Rõhtkonveiersööturiga kartulipanurid on suhteliselt keerukama konstruktsiooniga, kuid käivad seemnemugulatega eriti hellalt ümber. Nende söötur on tavaliselt varustatud andurite ja täiturmehanismidega, mis reguleerivad automaatselt mugulate voolu ja tagavad hea mahapanekuühtluse.

Vagude ajamiseks ja mugulate muldajuhtimiseks on kartulipanuritel kas sahk- või ketasseemendid. Kasutatakse kiil-, hõlm- ja harksahkseemendeid ning ketas- ja labaketasseemendeid. Ühtlase vaosügavuse saamiseks on seemenditel ees tavaliselt kopeerrattad. Kiilseemendid on tavaliselt nürinurkse sisenemisnurgaga ja need surutakse mulda reguleeritava pingsusega survevedruga. Kiilseemendid tihendavad vao põhja ja külgi. Rasketel liivsavimuldadel võib see pikendada tärkamisaega. Hõlm- ja eriti harksahkseemendid moodustavad koheva vao, kuid ummistuvad kergesti umbrohujuurtega. Ka toovad nad alumistest kihtidest üles niisket mulda, mis kiirendab kuivamist. See ei sobi põuakartlikel muldadel, kuid on soodne liigniiskuse korral.

Vagude kinniajamiseks on kartulipanuritel kas sahk- (hõlm-, hark-) või ketassulgurid. Tavaliselt on nende tööasend ja seega vao kuju reguleeritav. Nii seemendeid kui sulgureid saab täiuslikematel panuritel ristsuunas ümber asetada, võimaldades selliselt valida sobiva vaolaiuse.

Oluliseks kartulipanuri osaks on mugulapunker. 2-realistel masinatel on see tavaliselt jäigalt raamil. Sisselaadimiskõrgus on neil 1,2...1,4 meetrit ja maht 350...800 kg. 4-realistel kartulipanuritel kasutatakse rohkem raamiga šarniirselt ühendatud punkreid, mida saab hüdroüsteemi abil laadimise ajaks alla lasta. Sisselaadimiskõrgus on sellisel juhul ca 0,8 meetrit. Nende punkrite maht on tavaliselt 1000...2000 kg. 6-realistel kartulipanuritel on allalastavad 3000...3500 kg mahuga punkrid.

Kaasaegsed kartulipanurid on võimalik komplekteerida mitmesuguste lisaseadmete ja tööorganitega:

- erinevad seemendid, kopeerratastega ja ilma;
- ulatuslikult reguleeritavad erinevad hõlm- ja ketassulgurid;
- lokaalväeturi erinevate seemendite ja punkritega;
- taimekaitse(puhtimis)seadmed;
- tühikute signaalsaatid;
- pindalamõõtur;
- jäljekobestid.

Kartulipanuri ja selle komplektatsiooni valikul tuleb arvestada eelkõige töömahuga ja seemnekartuli ning kartulipõllu mulla omadustega. Olgu siinkohal märgitud, et kartulikasvatuse kogukuludest moodustab mahapaneku maksumus vaid mõne protsendi; samas on mahapaneku kvaliteedi tähtsus kõrge ja homogeense (ühtlase suurusega mugulad) saagi saamiseks võrreldamatult suurem. Seetõttu tuleks eelistada kaasaegsel tasemel kartulipanureid, millega on võimalik seemnemugulad maha panna ühtlase tihedusega ja ühtlasele

sügavusele sirgetesse vagudesse. Tabelis 2 on esitatud orienteerivaid andmeid kartulipanuri valikuks vastavalt kartuli kasvatuspindalale.

Tabel 2. Kartuli mahapaneku mehhaniseerimise võimalusi vastavalt kasvupinna suurusele

Kartuli-pind, ha	Näitajad	Andmed	
1	Kartulipanuri tüüp Orient. tootlikkus, ha/h Töömaht, ha/aasta Masina orient. hind, kr Töö orient. hind, kr/ha Abitöölisi Inimtöökulu, h/ha	2-real. käsitoitega suundetorusse 0,12 kuni 5 (mitme peale) 9000 1890 2 25	
3	Kartulipanuri tüüp Orient. tootlikkus, ha/h Töömaht, ha/aasta Masina orient. hind, kr Töö orient. hind, kr/ha Abitöölisi Inimtöökulu, h/ha	2-real. käsitoitega, lusikelevaatoriga 0,12 9 (mitme peale) 25 000 2065 2 25	2-real. lihtne elevaatorpanur 0,25 9 (mitme peale) 40 000 1450 - 4
5	Kartulipanuri tüüp Orient. tootlikkus, ha/h Töömaht, ha/aasta Masina orient. hind, kr Töö orient. hind, kr/ha Abitöölisi Inimtöökulu, h/ha	2-real. lihtne elevaatorpanur 0,25 10 (mitme peale) 40 000 1450 - 4	2-real. täiuslik elevaatorpanur 0,6 20 (mitme peale) 90 000 1370 - 1,7
10	Kartulipanuri tüüp Orient. tootlikkus, ha/h Töömaht, ha/aasta Masina orient. hind, kr Töö orient. hind, kr/ha Abitöölisi Inimtöökulu, h/ha	2-real. täiuslik elevaatorpanur 0,6 30 (mitme peale) 90 000 995 - 1,7	2-real. täiuslik elevaatorpanur 0,6 40 (mitme peale) 90 000 810 - 1,7
Üle 20	Kartulipanuri tüüp Orient. tootlikkus, ha/h Töömaht, ha/aasta Masina orient. hind, kr Töö orient. hind, kr/ha Abitöölisi Inimtöökulu, h/ha	4-real. täiuslik elevaatorpanur 0,8 40 (mitme peale) 200 000 1420 - 1,3	4-real. täiuslik elevaatorpanur 0,8 60 (mitme peale) 200 000 1010 - 1,3

Hooldusriistad

Kartuli kasvuaegsete hooldusriistadega tuleb tagada kartulitaimedele kogu kasvuperioodiks soodne kasvukeskkond, vähem tähtis ei ole koristusmasinatele heade töötingimuste – hästisepareeruv, pankadeta ja umbrohupuhas muld – loomine. Vaheltharimisriistad peavad võimaldama hooldusperioodi lõpuks kujundada mahuka vao. Olenevalt mullastikust kasutatakse mitmesuguseid äkkeid ja vaheltharimis-muldamikultivaatoreid, neist viimaseid ka koos väetusseadisega.

Kartulivagude äestamiseks kasutatakse võrk-, pulk-, rootor- või varbäkkeid. Võrkäke, kui ta ei ole raami vahel liialt pingul, kopeerib hästi vagusid ja on efektiivsem orasheina tõrjel, raskema lõimise korral on ta mullapankade ja -kooriku purustamiseks kergevõitu. Raskema lõimisega muldadel on kasutatud kergeid ja keskmisi pulkäkkeid (nn siksakäkked). Need harivad siiski puudulikult vaokülgi, kisuvad mugulaid mullast

välja ja vigastavad tärnanud taimi, mistõttu jäikade pulkäkete kasutamisest on loobutud. Jäiga pulkäkke puudusi ei ole lintäkkel, sellel on pulgad kinnitatud 0,8...1,0 m laiuse konveierilindi külge, lint ise aga on riputatud lainjalt (vao profiile kopeerivalt) raamile. Lintäkke töö kvaliteet ja -kindlus on head. Rootoräkked on efektiivsed seemneumbrohtude tõrjel, purustavad hästi mullapankasid ja –koorikut ning nendega saab töödelda nii vao harja kui külgi. Tavaliselt on nende kalle ja ataknurk reguleeritavad. Puuduseks on asjaolu, et nad kerivad enda ümber orasheinajuuri, kivisel põllul aga veerevad üle kivide ja jätavad põhitöö tegemata. Varbäke on valmistatud vedruterasest varbadest kammina, mis kinnitatakse kronsteini ja kammitsaga vaheltharimiskultivaatori raamile või seksioonile. Sõltuvalt konstruktsioonist võib varbäkkega äestada vaovahet või -harja (või mõlemat). Ummistuste vältimiseks on varvad erineva pikkusega, vaoprofiili kopeerimiseks on varbade allapainutatud otsad samuti erineva pikkusega. Vasttärnanud umbrohtusid hävitab varbäke hästi, kuid tugevalt juurdunud orasheinast ja sammasjuurtega umbrohtudest ei saa see äke jagu. Vastavalt mulla lõimisele tuleks valida varbade jäikus: kergemal mullal võivad varvad olla peenemast ja elastsemast, raskemal mullal aga jämedamast ja jäigemast materjalist. Võrreldes võrk- ja pulkäkkega on varbäke agregaadis kompaktsem, kergem ja paremini transporditav. Plussiks on äestamissügavuse reguleerimisvõimalus.

Kartuli vaheltharimiskultivaatoreid liigitatakse korruga haritavate vagude arvu (1-, 2-, 4-, 6-, 8-realist, tööseksioone vastavalt 1, 3, 5, 7, 9), haakimiskoha (taga, ees, (traktori)telgede vaheline), kivikaitsmete (ei ole, on – lehtvedru-, keerdvedru-, tihvtkaitse), lisafunktsiooni (näiteks väetamine) või tööorgani tüübi alusel. Tööorganid liigitatakse töö iseloomu alusel passiivseteks ja aktiivseteks – freesid, otstarbe alusel aga rohimis-, kobustus- ja muldamisorganiteks. Passiivsed tööorganid on kas jäiga – näiteks peitelkäpad, või elastse (erineva kuju, näiteks C-, S- ja laiusega) vedrupiidega, pendelvandaga, šarniirselt, nelilülimehhanismiga kinnitusega raamile. Jäiga kinnitusega tööorganid kobestavad mulda ja hävitavad umbrohte ning nende töösügavus on stabiilne, kuid mullapanku lõhkuv toime on väike. Elastse kinnitusega tööorganid vibreerivad muutuva takistusjõu mõjul, mistõttu purustavad ka mullapanku, kuid vibratsiooni tõttu muutub pidevalt nende töösügavus. Omaette rühma moodustavad pöörleva liikumisega tööorganid, mis pöörlevad agregaadi liikumisel kokkupuutest maaga: tähik-, tasand-, sfäär- ja labakettad ning vurrid. Tööorganite töösügavust reguleeritakse kultivaatori tugirataste või traktori rippüsteemi, nelilülimehhanismi ja pendelvanda puhul aga seksiooni kopeerratastega.

Freese soovitatakse kasutada eelkõige keskmise ja raskema lõimisega panklikkusele kaldumatel muldadel, sest freesimine on mullaharimisvõte, mis tagab vagudes ka raskema lõimise korral kiirestisoojeneva, õhurikka ja peenesõmeralise (pankadeta) mulla ning kergendab selliselt koristusmasinate tööd. Tööorganiteks on nürinurkse konksu kujulised piid. Freestrummel käitatakse traktori jõusiirdevõllilt; reduktori vahetatavad hammasrattad võimaldavad muuta trumli pöörlemissagedust. Kartulivaod kujundatakse trapetsikujuliseks spetsiaalse plekist vaovormiga, mille pealmise osa on ülestõstetav või eemaldatav juhiks, kui on vaja vagusid töödelda pärast kartuli tärkamist. Vaheltharimisfreese on võimalik kasutada ka mahapanekueelseks vagude sisseajamiseks. Kuigi mõned firmad reklaamivad oma freese sobivaks ka kivistele muldadele, võib nende kasutamist siiski soovitada vaid üksikute väiksemate kividega põldudel.

Eestis enam kasutatavatel vaheltharimiskultivaatoritel on kõigil ühetüübiline vedrukivikaitsmega tööorgan, nn vuntsidega C-piid. 62...65cm vaolaiuse puhul on tööorganis kõrvuti kaks, 70 cm vao harimiseks aga kolm piid. Kasutusel on ka nelja piiga tööorganeid, neil on äärmiste piide asend püstsuunas reguleeritav. Vedrupiidest tööorgan on üsna töökindel ka kivistel muldadel ja harib hästi vao alumist osa, kuid puudulikult vaokülgede ülemist kolmandikku. Seda tüüpi tööorgani puhul jääb vaovahe, eriti selle põhi, põhjusetult laiaks, vago ise aga suhteliselt kitsaks. Rahuldavaks muldamiseks, nii et vao hari tuleb pealt kumer, tuleb töötada küllalt suure – vähemalt 8 km/h – töökiirusega, siis liigub muld hooga ka kartulivarte vahele.

Eesti Maaviljeluse Instituudis on välja töötatud poolribihõlmadega vaheltharimissahk, mille hõlmade asendit saab reguleerida nii laiemaks kui kõrgemaks. Seda valmistab ettetellimisel OÜ ALNIKO (Juubelitammede 11, 75501, Saku, Harjumaa, tel.: 056 560 886). Sahk on monteeritav KOK-tüüpi vaheltharimiskultivaatorite vandale, kuid võib tellida ka komplektse kultivaatori. Vastavalt mulla lõimisele (savi, liiv) on võimalik varieerida ribide pikkust arvu ja tihedust.

Tabelis 3 on esitatud orienteerivaid andmeid hooldusriistade valikuks vastavalt kartuli kasvatuspindalale.

Tabel 3. Kartuli kasvuaegse hooldamise mehhaniseerimise võimalusi vastavalt kasvupinna suurusele

Kartuli-pind, ha	Näitajad	Andmed	
1	Hooldusriistad Orient. tootlikkus, ha/h Töömaht, ha/a Orient. hind, kr Orient. töö hind, kr/ha Inimtöökulu, h/ha	2-real. kultiv.+ äke 0,6 20 (mitme peale, 4-kordne hooldus) 9000 370 7 (4-kordne hooldus)	
3	Hooldusriistad Orient. tootlikkus, ha/h Töömaht, ha/a Orient. hind, kr Orient. töö hind, kr/ha Inimtöökulu, h/ha	2-real. kultiv. + äke 0,6 36 (mitme peale, 4-kordne hooldus) 9000 340 7 (4-kordne hooldus)	
5	Hooldusriistad Orient. tootlikkus, ha/h Töömaht, ha/a Orient. hind, kr Orient. töö hind, kr/ha Inimtöökulu, h/ha	4-real. kultiv. + äke 1,1 40 (mitme peale, 4-kordne hooldus) 14 000 300 7 (4-kordne hooldus)	
10	Hooldusriistad Orient. tootlikkus, ha/h Töömaht, ha/a Orient. hind, kr Orient. töö hind, kr/ha Inimtöökulu, h/ha	4-real. kultiv. + äke 1,1 120 (mitme peale, 4-kordne hooldus) 14 000 180 3,7 (4-kordne hooldus)	4-real. kultiv. + äke 1,1 160 (mitme peale, 4-kordne hooldus) 14 000 175 3,7 (4-kordne hooldus)
Üle 20	Hooldusriistad Orient. tootlikkus, ha/h Töömaht, ha/a Orient. hind, kr Orient. töö hind, kr/ha Inimtöökulu, h/ha	4-real. kultiv. + äke 1,1 160 (mitme peale, 4-kordne hooldus) 35 000 200 3,7 (4-kordne hooldus)	4-real. kultiv. + äke 1,1 240 (mitme peale, 4-kordne hooldus) 35 000 190 3,7 (4-kordne hooldus)

Koristusmasinad

Koristus on kartulikasvatases suurt hoolt nõudev töö, mille hooletul tegemisel võib nullida olulise osa eelnevast tööst ja vaevast. Kartulisaagi kvaliteet ja väärtus on suurim mullast välja võtmise hetkel. Kõigi järgnevate tööde käigus see väheneb, eelkõige mehaaniliste vigastuste ja haiguste tõttu.

Ettevalmistus kartulikoristuseks algab pealsete eemaldamisega, mille eesmärk on peatada kartulitaimede elutegevus. See on oluline agrotehniline võtte mitmest aspektist: kiireneb mugulate valmimine – koor kinnistub ja tekib vähem mehaanilisi vigastusi ning väheneb mugulate nakatumisoht haigustesse, sh ka viirushaigustesse. Paranevad koristusmasina töötingimused, sest pealsete mass väheneb mitmekordselt. Puuduliku umbrohutõrje korral hakkavad mitmed umbrohuliigid, sh eriti malts, sageli suve lõpupoole vohama; ka nende hävitamine pealsete eemaldamise käigus kergendab koristusmasinate tööd. Pealsete eemaldamine annab paremaid tulemusi, kui seda tehakse vähemalt 10 päeva, parem veel kui kaks nädalat enne kartulivõttu. Pealsete eemaldamise mõju mugulates toimuvate protsesside kiirusele sõltub temperatuurist – kõrgemal temperatuuril kulgevad need kiiremini.

Uuemaks võtteks kartulitaimede elutegevuse koheseks peatamiseks on kartulijuurte läbilõikamine pesa alt spetsiaalse laiade nugaadega riistaga. Läbilõigatud juurtega kartulitaimedel ei teki pealsete uuskasvu, nagu seda soodsate ilmastikuolude puhul esineb pealsete mehaanilise eemaldamise järel. Ühtlasi kergitavad noad

vaokorraks üles, kobestades selliselt mulda ja parandades selle separeeruvust koristusmasina elevaatoritel. Võtet soovitatakse kasutada seemnekartuli põldudel. Eesti oludes on siiski salakivide tõttu küsitav sellise riista töökindlus.

Lääne-Euroopa maades on kartulipealsete purustamiseks levinud traktori ette või taha riputatav pealsepurusti, mille tööorganiks on horisontaalne erineva pikkusega (vastavalt vagude profiilile) lõikekäppadega rootor. Eestis on levinud omavalmistatud vertikaalse rootori(te)ga kettidega pealsepurustid. Viimase töö kvaliteet jätab siiski soovida, sest see ei purusta vagude vahele langenud pealseid. Kui kartulit koristatakse kombainiga, millel on pealseeraldusrullid, on soovitatav pealsed ära lõigata nii, et alles jäävad 15...20 cm pikkused tüükad – siis tekib ummistusi vähem.

Kui kartulipealsete purustamisega eemaldamise järel võivad soodsates ilmastikuoludes tekkida uuskasvud, siis keemilisel eemaldamisel vastavate preparaatidega pritsimisega on võimalik kartulitaimede elutegevus lõplikult peatada. Pealsete suure massi korral ja varases staadiumis eemaldamisel annab paremaid tulemusi pritsimine kahes või isegi kolmes jaos. Kuivastressis kartulitaimi ei ole soovitatav pritsida, sest siis võib mugulatel tekkida sisu tumenemine ja nabanekroos. Tavaliselt pritsitakse hariliku taimekaitsepritsiga, kuid preparaadi kokkuhoiu eesmärgil kasutatakse spetsiaalseid ribaspritsimise poome. Keemiline eemaldamine on efektiivsem, kui seda tehakse kombineeritult mehaanilisega – traktori ees on pealsepurusti ja taga prits.

Kartulipealsete termilisel töötlemisel põletatakse kartulipealseid, kasutades selleks kas vedel- või gaaskütust või infrapunakiirgust. Termilise töötamise mõju koore kinnistumisele on mõnevõrra aeglasem kui teiste mooduste puhul. See on efektiivsem, kui pealsed purustada sama töökäiguga mehaaniliselt traktori ette riputatud pealsepurustiga.

Kartulikoristusmasinate töötingimused on Eesti oludes üldjuhul rasked, mistõttu nende nii tehniline kui tehnoloogiline töökindlus peab olema võrreldes näiteks Saksamaa või Hollandi oludega märksa parem. Samas ei või ka Eesti oludes koristusmasinad oluliselt mugulaid vigastada ega neid maha jätta. Kombainiga koristamisel võib rahule jääda, kui raskelt vigastatud mugulaid on alla 3%. Koristuskadu peaks samuti jääma 3% piiresse ja kartuli puhtus peaks olema vähemalt 90...95%.

Koristusmasinad liigitatakse kahte suurde rühma.

1. Kartulivõtturid – need jätavad või paiskavad mugulad pärast vaost ülesvõtmist ja mullast eraldamist uuesti mullapinnale, sealt korjatakse kartul käsitsi üles.
2. Kartulikombainid – need võtavad mugulad vaost üles, eraldavad täielikult või osaliselt mullast ja lisanditest ning üldjuhul laadivad veokile. On ka selliseid kombaine, kus kartul lastakse kottidesse, vakkadesse või konteineritesse, mis laaditakse käsitsi või tõstukiga veokile.

Kartulivõttureid on töö põhimõtte järgi kahte tüüpi: siblisvõtturid ja sõelurvõtturid. Siblisvõtturid koristavad korraga ühe vaok. Valdavalt on kasutusel rõhtteljega rootorvõttur, mis on koristustingimuste suhtes kõige vähenõudlikum - sellega saab enam-vähem rahuldavalt kartulit võtta ka raskema lõimisega ja järjast ning umbrohtunud mullast. Sõelurvõtturi põhitööorganid on üks või mitu sahka ja mulla eraldamiseks üks või mitu elevaatorit, sarja või sõeltrumlit. Sõelurvõttur jätab mugulad lindina või vaaluna enda taha või küljele maha. Ühe elevaatoriga üherealine elevaatorvõttur töötab rahuldavalt vaid kergema lõimisega ja umbrohupuhastel põldudel. Kaherealine elevaatorvõttur separeerib tänu mitmele elevaatorile mulda paremini ja on võimeline töötama ka raskemates tingimustes. Elevaatoreid valmistatakse nii metallkettidega kui kummirihmadega; eelistada tuleks viimaseid, sest need on mugulasõbralikumad. Õõtsuva separeerimispiinnaga sarivõttur töötab rahuldavalt kergema lõimisega ja umbrohupuhastel põldudel.

Kartulikombaine on realisuse ja agregateerimisviisi järgi väga erinevaid: lihtsamad üherealised haake-, poolripp- ja rippkombainid, täiuslikumad ühe- ja kaherealised haake- ja poolrippkombainid ning kahe- ja neljerealised liikurkombainid.

Mugulate kogumisviisi järgi võib kombainid liigitada kolme rühma.

1. Kartul kogutakse kombaini platvormil kottidesse, vakkadesse või konteineritesse; need tõstetakse täitumisel põllule maha või veokile.
2. Kartul laaditakse vahetult kõrvalsõitvale veokile kas lahtisena selle kasti või konteineritesse.
3. Kartul kogutakse kombaini punkrisse ja laaditakse sealt veokile.

Kogumisviise, kus kartul kogutakse kastidesse või konteineritesse, võib pidada kõige mugulasõbralikumateks, sest siis on hilisematel laadimistel välditud mugulate kukkumine ja sellest johtuvad vigastused. Lahtisena veoki kasti kogumise viis omab eeliseid rikkaliku saagi koristamisel suure tootlikkusega kombainiga, mispuhul punker peaks muidu olema väga suure mahuga. Kolmanda kogumisviisi eeliseks on kartuliveokite parem kasutamine (eesmärk on tulla toime väiksema arvu veokite ja traktoritega), kuid kombaini mass on suurem. Uuematel kombainidel mahutab punker kuni 6 tonni kartulit, täis punkriga ulatub sellise poolrippkombaini mass 15 ja liikurkombaini mass 22 tonnini. Punkrid on kahte tüüpi – kallutatavad ja konveierpõhjaga, tühjakslaadimiseks tõstetakse punker esmalt üles. Konveierpõhjaga punkrid on mugulasõbralikumad, sest kukkumisteed on väljalaadimisel on lühem.

Ülesvõetava vao (või vagude) ja traktori omavahelise asendi järgi võib kombainid jagada kahte rühma:

- 1) Nn. *offset*-tüüpi kombainid, mispuhul traktor sõidab koristatud põllul ja üles võetakse kõrvalolevad üks või kaks vagu;
- 2) kombainid, mis koristavad traktori rataste vahele jäävaid vagusid.

Offset-tüüpi kombainiga koristamisel ei tulla traktori rattad vagusid kõvaks ega mulju mugulaid. Ka on võimalik kasutada suurema võimsuse ja laiemate kummidega traktorit. Osa kombainidel on veotiisel pööratav, võimaldades vajaduse korral koristada ka traktori rataste vahele jäävaid vagusid. Enamik üherealisi kombaine ja moodsamad kaherealised on *offset*-tüüpi.

Kombaini tööorganid käitatakse traktori jõuvõtuvõllilt; moodsamatel kombainidel käitatakse mitmeid tööorganeid hüdromootoriga, neid ja samuti hüdrosilindreid käitatakse traktori hüdrosüsteemist või kombainil olevast hüdripumbast. Vagu võetakse üles aktiiv- (võnk-, ketas-) või passiivsahaga.

Mulda separeeritakse kombainidel varbelevaator-, biiter-, tähik-, sari- või trummelsõeluritega. Levinuim on varbelevaator, mida kombainil võib üksteise järel olla mitu. Kuiva ja hästi separeeruva mulla korral tuleks kasutada väiksema varvavahega elevaatoreid ja vastupidi. Mugulate vigastumise vähendamiseks kaetakse elevaatori metallvarvad (kõik või osa) kumm- või plastkatttega, mis võivad olla kinnised või äravõetavad. Viimaste paigaldamisel-äravõtmisel muutub varbade vahekaugus ja mulla separeeruvuse muutumisel ei ole vaja elevaatorit vahetada. Mulla separeerimise seisukohalt on oluline elevaatorite pindala – raskema lõimisega muldadel tuleks eelistada suurema separeerimispindalaga elevaatoritega kombaine. Separeerimise intensiivistamiseks kasutatakse lindiraputeid (nende töörežiimi reguleeritakse käsitsi või hüdrauliliselt) ja elevaatori kohal olevaid reguleeritava asendiga lapatseid, mille ülesandeks on mullatükkide purukshõõrumine. Uuematel kombainidel on elevaatorite kiirus sujuvalt reguleeritav, mis võimaldab mulla separeerimist operatiivselt muuta vastavalt mulla omadustele.

Raskema lõimisega muldadel kasutatakse mullapankade purustamiseks aksiaalrulle mis asuvad viimase elevaatori järel. Elastsed aksiaalrullid pöörlevad paarikaupa vastassuunas, pahn (mugulate ja lisandite segu) liigub igal teisel rullil oleva tigukeerme mõjul piki rulle. Kinnikiilumisel, näiteks kivi tõttu, reverseerub rullipaar automaatselt momendiks sekundi mürdosa jooksul. Kivistel muldadel ei soovitata aksiaalrulle siiski kasutada.

Üks levinumaid lisandieraldusseadmete komponente on sõrmkonveier, mille sõrmed on sõltuvalt eesmärgist erineva elastsusega. Selle töö põhineb kivide, mullapankade ja mugulate tiheduse ning tugevuse erinevusel. Kivid ja mullapangad on raskemad ning vajuvad sõrmkonveieri sõrmede vahele, mugulad seevastu jäävad rohkem pinnale ning pühitakse sealt harirulli, harikonveieri või elastsete sõrmedega pendelkammiga kõrvale. Harirull ja -konveier on mõeldud rohkem kivide eraldamiseks, pendelkamm seevastu mullapankade purukshõõrumiseks-eraldamiseks. Harirulli ja -konveieri ning pendelkammi asend sõrmkonveieri suhtes on reguleeritav. Kivide eraldumine eelkirjeldatud seadmetel on tõhusam siis, kui nende kuju ja suurus erinevad oluliselt mugulate kujust ja suuruselt. Paremini toimivad need seadmed ümmarguste ja ovaalsete mugulatega sortide koristamisel.

Nagu eeltoodust selgub, on kartulikombaine väga palju erinevaid variante. Kombaini ja tema lisaseadmete valikul (komplekteerimisel) on oluline arvestada nende sobivust konkreetsetele kasutustingimustele. Kartulikasvatusest ja -koristusest ei lähe mööda ka täppisviljelus, mispuhul kombainil on andurid saagi

jooksvaks määramiseks ja satelliitorientatsiooni (GPS) seade põllu saagikuse kaardistamiseks. Tabelis 4 on esitatud on esitatud orienteerivaid andmeid koristusmasina valikuks vastavalt kartuli kasvupinna suurusele.

Tabel 4. Kartuli koristamise mehhaniseerimise võimalusi vastavalt kasvupinna suurusele

Kartuli-pind, ha	Näitajad	Andmed, variandid		
1	Koristusmasina tüüp	Rootorvõttur		
	Orient. tootlikkus, ha/h	0,12		
	Töömaht, ha/a	5 (mitme peale)		
	Orient. hind, kr	5 500		
	Orient. töö hind, kr/ha	4130*	5460**	3960* 5030**
	Abitöölisi	20		
3	Inimtöökulu, h/ha	175		
	Koristusmasina tüüp	1-real. elevaatorvõttur		
	Orient. tootlikkus, ha/h	0,12		
	Töömaht, ha/a	5 (mitme peale)		
	Orient. hind, kr	14 000		
	Orient. töö hind, kr/ha	3960*	5030**	3060* 3910**
5	Abitöölisi	16		
	Inimtöökulu, h/ha	142		
	Koristusmasina tüüp	2-real. elevaatorvõttur		
	Orient. tootlikkus, ha/h	0,15		
	Töömaht, ha/a	10 (mitme peale)		
	Orient. hind, kr	17 000		
10	Orient. töö hind, kr/ha	3060*	3910**	6000* 6200**
	Abitöölisi	16		
	Inimtöökulu, h/ha	115		
	Koristusmasina tüüp	1-real. lihtkombain		
	Orient. tootlikkus, ha/h	0,12		
	Töömaht, ha/a	15 (mitme peale)		
Üle 20	Orient. hind, kr	250 000		
	Orient. töö hind, kr/ha	4330*	4600**	3000* 3200**
	Abitöölisi	4		
	Inimtöökulu, h/ha	42		
	Koristusmasina tüüp	1-real. täiuslik kombain		
	Orient. tootlikkus, ha/h	0,2		
Üle 20	Töömaht, ha/a	30 (mitme peale)		
	Orient. hind, kr	700 000		
	Orient. töö hind, kr/ha	6350*	6500**	6360* 6460
	Abitöölisi	4		
	Inimtöökulu, h/ha	25		
	Koristusmasina tüüp	2-real. uus kombain		
Orient. tootlikkus, ha/h	0,3			
Töömaht, ha/a	60 (mitme peale)			
Orient. hind, kr	1 500 000			
Orient. töö hind, kr/ha	6360*	6460		
Abitöölisi	4			
Inimtöökulu, h/ha	16			

* – abitöölise töötasu 12 kr/h

** – abitöölise töötasu 18 kr/h

Kartuli tootmiskulude leidmiseks arvutatakse kõikide tööoperatsioonide maksumus – sõltuvalt tehnoloogiast võib nende arv ulatuda 40-ni, alates mullaharimisest kuni kartuli realiseerimiseni. Lisades tööde maksumusele seemnekartuli, väetiste ja taimekaitsevahendite maksumuse ning majandamise üldkulud, saadakse kartuli tootmiskulud. Tabelis 5 on näidised esitatud kogemuslike, kirjandus- ja katseandmete alusel välja arvutatud kartuli tootmise kulud erinevate tehnoloogiate ja saagikuste puhul. Erinevad tehnoloogiavariandid konstrueeriti vastavalt erinevatele tootmismahadele ja erinevad üksteisest kasutatavate masinate poolest. Esimeses – 1 ha variandis on otseselt kartuliga seotud tööd kõige vähem mehhaniseeritud ja viimasel – üle 20 ha variandis on tööd täielikult mehhaniseeritud, mahapanekueelne mullaharimine on kõikides variantides sama. Erinevad saagikused planeeriti vastavalt Jänedra Õppe- ja Nõuandekeskuses koostatud kattetulu arvestuse metoodikale.

Tabel 5. Kartuli tootmiskulud sõltuvalt tehnoloogiast ja saagikusest, kr/ha

Tööde etapp, saagikus	Variandid					
	1 ha	3 ha	5 ha	10 ha	Üle 20 ha Koristus uue 1-real. kombainiga	Üle 20 ha Koristus vana 2-real. kombainiga
Mullaharimine, väetamine	1 934					
Mahapanek	2 124	2 301	1 829	1 288	1 304	
Hooldus	702	955	1 005	948	983	
Koristamine (äraveota)	4 307	4 140	3 235	4 510	6 528	3 179
Vedu, hoiustamine, säilitus, sorteerimine						
Saagikus 200 ts/ha	6 131	5 294	5 325	5 533	5 484	
Saagikus 300 ts/ha	8 269	7 014	7 061	7 373	7 299	
Saagikus 400 ts/ha	10 448	8 775	8 837	9 253	9 154	
Materjalid: seemnekartul, väetised, pestitsiidid						
Saagikus 200 ts/ha	9 976					
Saagikus 300 ts/ha	16 926					
Saagikus 400 ts/ha	22 515					
Kartuli kasvatus- ja säilituskulud kokku						
Saagikus 200 ts/ha	25 173	24 601	23 304	24 189	26 208	22 860
Saagikus 300 ts/ha	34 262	33 271	31 991	32 979	34 974	31 625
Saagikus 400 ts/ha	42 030	40 621	39 356	40 448	42 418	39 069
Kulud koos majandamise üld- ja realiseerimiskuludega (+15 %)						
Saagikus 200 ts/ha	28 949	28 291	26 800	27 817	30 140	26 289
Saagikus 300 ts/ha	39 401	38 262	36 789	37 926	40 220	36 369
Saagikus 400 ts/ha	48 334	46 714	45 259	46 515	48 781	44 930

Tootmiskulude võrdlemisel selgub, et suhteliselt kõige enam mõjutab kulutusi ühelt poolt kartuli saagikus ja teiselt poolt koristusmasina valik. Erinevused tehnoloogiavariantide vahel on suhteliselt tagasihoidlikud. Reservatsiooniga tuleb suhtuda väiksematesse tootmiskuludesse vana ja suhteliselt odava (50,0 tuh. kr.) kombainiga koristamisel (tabeli 5 viimane veerg); tegelikult tuleks seda pidada investeerimisvõimaluste puudumisel ajutiseks lahenduseks. Tootmise edasiarendamise/moderniseerimise seisukohalt tuleks masinatöö kulude arvestamisel masina hinnaks võtta selle taastamishind, see on hind, millega kavatakse osta järgmine sama otstarbega masin.

Tootmiskulude ja kartuli realiseerimisest saadud tulu alusel on võimalik välja arvestada kartuli tootmise tasuvus. Tabelis 6 on toodud samade tehnoloogia- ja saagikusevariantide puhul välja kasum/kahjum sõltuvalt kartuli realiseerimishinnast. Esitatud andmetest järeldub, et kartulit tasub kasvatada ainult siis, kui selle realiseerimishind on vähemalt 2 kr/kg ja saagikus 300 ts/ha.

Tabel 6. Kasum/kahjum sõltuvalt tehnoloogiast, saagikusest ja realiseerimishinnast, kr/ha

Tööde etapp, saagikus	Variandid					
	1 ha	3 ha	5 ha	10 ha	Üle 20 ha Koristus uue 1-real. kombainiga	Üle 20 ha Koristus vana 2-real. kombainiga
Kasum/kahjum: kui toodangust 60 % realiseeritakse hinnaga 1,5 kr/kg ja 40 % hinnaga 0,3 kr/kg						
Saagikus 200 ts/ha	-8 549	-7 891	-6 400	-7 417	-9 740	-5 889
Saagikus 300 ts/ha	-8 801	-7 662	-6 189	-7 326	-9 620	-5 769
Saagikus 400 ts/ha	-7 534	-5 914	-4 459	-5 715	-7 981	-4 130
Kasum/kahjum: kui toodangust 60 % realiseeritakse hinnaga 2 kr/kg ja 40 % hinnaga 0,3 kr/kg						
Saagikus 200 ts/ha	-2 549	-1 891	-400	-1 417	-3 740	111
Saagikus 300 ts/ha	199	1 338	2 811	1 674	-620	3 231
Saagikus 400 ts/ha	4 466	6 086	7 541	6 285	4 019	7 870
Kasum/kahjum: kui toodangust 60 % realiseeritakse hinnaga 2,5 kr/kg ja 40 % hinnaga 0,3 kr/kg						
Saagikus 200 ts/ha	3 451	4 109	5 600	4 583	2 260	6 111
Saagikus 300 ts/ha	9 199	10 338	11 811	10 674	8 380	12 231
Saagikus 400 ts/ha	16 466	18 086	19 541	18 285	16 019	19 870

Tehnoloogia valikul on üks olulisi faktoreid inimtöökulu. Vähemehhaniseeritud tootmisel on see kuni 5 korda suurem kui täielikult mehhaniseeritud tootmisel. Saagikuse tõustes inimtöökulu hektari kohta kasvab, kuid tonni kohta väheneb. Kõige enam inimtööjõudu nõudvad tööd vähemehhaniseeritud tootmisel on kartuli koristamine ja sorteerimine, seevastu mullaharimine, mahapanek ja hooldus ei ole töömahukad, sest neid töid tehakse masinajõul. Koristamisel käsitsi rootorvõtturi järel ulatub inimtöökulu 200 ja kombainiga koristamisel 16...40 tunnini hektari kohta. Käsitsi sorteerimisel on inimtöökulu keskmiselt 10 ja masinaga sorteerimisel 1,25...2,5 tundi tonni kohta, seejuures on masinaga võimalik sorteerida täpsemini saamaks nõutava mugulusuurusega fraktsiooni.

Vastavalt inimtöökulule on ka töötasu osatähtsus kogukuludes 1 ha tehnoloogia korral suur - keskmiselt 25%, samal ajal kui täielikult mehhaniseeritud tootmisel on see näitaja alla 5%. Käesolevates arvestustes on abitöölise tunnitasu võetud 12 krooni, mis aga ei kindlusta käsitsi koristusel alati vajalikul hulgal tööjõudu. Tunnitasu tõstmine tööjõu saamise eesmärgil toob kaasa töötasu osatähtsuse tõusu, mis on oluliselt suurem kui kogukulude kasv samal põhjusel, kusjuures see erineb oluliselt tehnoloogiavariantide lõikes. Näiteks vähemehhaniseeritud tootmisel kaasneb töötasu 25%-lise kasvuga kogukulude 5,8%-lise kasv, täielikult mehhaniseeritud tootmisel suurenevad kogukulud vaid 1,2%. Kokkuvõttes viib see selleni, et vähemehhaniseeritud tootmine muutub tunnitasu tõustes kulukamaks kui täielikult mehhaniseeritud tootmine.

Kartulikasvatuse mehhaniseerimisele seab omad piirid masinate soetamiseks vajalike investeeringute võimalus. Uute masinate – kartulipanuri, vaheltharimisriista, koristusmasina ja sorteri soetamiseks vajalike investeeringute orienteeriv vajadus vastavalt tootmismahule on esitatud tabelis 7. Kui väikese tootmismahu -

1 ha korral on investeerinute koguvajadus tagasihoidlik – ca 23 tuh. kr., kusjuures ühistegevuse korras võib selle jagada veel kuni 5 kartulikasvataja vahel, siis suurtootmises, kui ei ole piisavalt hooajalist inimtööjõudu, on investeeringute koguvajadus uute kartulimasinate soetamiseks kuni 50 korda suurem, ulatudes üle miljoni krooni. Loobudes uue kombaini ja tootlikuma sorteerkomplekti ostust on investeeringute koguvajadus oluliselt väiksem - ca 400...500 tuhat krooni.

Investeeringu planeerimiseks on oluline prognoosida loodetavat kasumimassi. See sõltub kasvupinna suuruselt, kartuli loodetavast saagikusest ja toodangu realiseerimishinnast. Väikese kasvupinna korral on kasumimass tagasihoidlik – soodsate tingimuste korral kuni parkümmend tuhat krooni (tabel 5), mis arvestatavaid investeeringuid ei võimalda. 20 hektariliselt kasvupinnalt võib loodetav kasumimass ulatuda 0,3...0,4 miljoni ja näiteks 60 hektari puhul üle miljoni krooni – see võimaldab juba korralikke investeeringuid, sealhulgas ka hoidlaseadmetesse. Sellise kasumimassi saamine eeldab saagikust vähemalt 400 ts/ha ja korralikku realiseerimishinda, sest nagu tabelist 10.3-5 selgus, ei ole madalama saagikuse ja väiksema realiseerimishinna korral olulist kasumit ja seega ka investeerimisvõimalusi loota.

Tabel 7. Orienteeriv investeeringute vajadus kartulipanurite, hooldusriistade, koristusmasinate ja sorteeride soetamiseks sõltuvalt kasvupinnast

Variant - kasvupind, ha	Investeeringute vajadus, tuh. kr		Inimtöö-kulu, h/t	Tehnoloogia lühiiseloostus
	Kokku	1 ha kohta		
1	23,0	23,0	27...33	Mahapanek 2-real. käsitoitega suundetoriga panuriga, koristus rootorvõtturiga, sorteerimine käsitsi
3	62,5	20,8	14...19	Mahapanek 2-real. käsitoitega elevaatorpanuriga, koristus 1-real. elevaatorvõtturiga, sorteerimine lihtsorteeriga
5	158,5	31,7	8...12	Mahapanek 2-real. lihtelevaatorpanuriga, koristus 2-real. elevaatorvõtturiga, sorteerimine tõstekonveieri ja noppelauaga sorteeriga
10	441,5 501,5 (täiuslikum sorteer)	44,15 50,15	6...7	mahapanek 2-real. täiusliku panuriga, koristus 1-real. lihtkombainiga, sorteerimine lisaseadmetega sorteeriga
Üle 20	435,0 (vana kombain) 1 135,0 1 285,0 (tootlikum sorteer)	17,4 45,4 51,4	4...6	Mahapanek 4-real. täiusliku panuriga, koristus 1- või 2-realise kombainiga, sorteerimine sorteerkomplektiga