

TERAVILJA KORISTUSAJA PIIRANGUTEST

H. Möller, M. Asi, K. Soonets, K. Tamm, R. Vettik

Autorid on koostanud ühe traktoriga teraviljandustalu masinapargi aastase keskmise töökoormuse, s.o talu teravilja külvipinna suuruse optimeerimismetoodika, arvutusvalemid ja programmid lähtudes teraviljade viljelemisel arvestatavatest bioloogilistest, tehnilistest ning majanduslikest mõjuritest ja seostest, kusjuures optimaalsuse kriteeriumiks on talu kasumi või tasuvuse maksimaalsus (Asi jt., 1988; Möller jt., 1988).

Autorite arvates on otstarbekam lähtuda tasuvuse maksimaalsusest. Sel juhul on talu haritava maa optimaalne pindala sisendparameetrite valitud väärtuste korral ja sõltuvalt mullaviljakusest (saagikusest) ~80 ha (Asi jt., 1988; Möller jt., 1988). Teravilja prognoositud optimaalne kasvupind on väiksem kui enamiku teraviljakombainide aastane tootlus, mistõttu sellises talus on otstarbekas kombaini koristustöödeks rentida.

Suuremates taludes on otstarbekas kujundada masinapark, kus vastavate tööde hooajal on normaalselt koormatud nii traktoriagregaadid kui ka teraviljakombain(id).

Seetõttu on vajalik prognoosida teraviljakombaini keskmine hooajatootlus, s.o tema poolt koristustööde hooajal tõenäoliselt koristatava pinna võimalik suurus.

Teraviljakombaini hooajatootlus

Teraviljade koristusperioodil on ilmastik Eestis üpris muutlik. Koristamist segab esmajoones õhu niiskus, millest sõltub olulisel määral nii tera- kui ka kõrre niiskus, nendest omakorda kombaini tootlus, terakadu, terade vigastused jms.

Kombaini hooajatootlust saab prognoosida järgmiselt:

$$W_{kh} = \sum_{i=1}^{n_{pk}} W_{kpi} \cdot t_{khi} \cdot \tau_{khi} \quad (1)$$

kus W_{kh} – kombaini hooajatootlus ha;
 W_{kpi} – kombaini päevane tootlus ha;
 n_{pk} – erinevate koristatavate kultuuride (sortide) arv;
 t_{khi} – kultuuri (sordi) koristuskestus päevades;
 τ_{khi} – kombaini ilmastikust põhjustatud tööajakadu arvestav tegur.

Kombaini päevane tootlus sõltub heade ilmastikutingimuste korral esmajoones tema konstruktiivsetest parameetritest ja on teada kombaini tehnilisest iseloomustusest. Seevastu nii koristustööde kestus kui ka kombaini ilmastikust tingitud tööajakaod vajavad täpsustamist.

Koristustööde kestus

Varasemad uuringud (Möller jt., 1989) on näidanud, et teravilja kombainikoristus Eestis, lähtudes teraviljakultuuride koristusküpsusest, peaks kestma umbes 30 päeva. EMMTUI teadurid V. Laur, I. Karjane, P. Viil, H. Older ja V. Loko (Möller, 1985) on esitanud järgmise teraviljade koristusaja saabumise skeemi:

- varane oder, valmimise kuupäev 1. august;
- rukis ja talinisu, valmimise kuupäev 9. august;
- hiline oder, valmimise kuupäev 14. august;
- kaer, valmimise kuupäev 22. august;
- suvinisu, valmimise kuupäev 27. august.

Taluniku ülesandeks on luua tingimused, et umbes 30-päevase koristusperioodi kestel oleks kombain sobival ajal tööga täielikult koormatud. See tähendab, et koristatava pinna suurus, kombaini päevane tootlus, ilmastikust tingitud ajakaod jms oleksid omavahel nii seotud, et teraviljakultuurid valmiks koristamiseks konveierina ja kombain saaks kogu koristamiseks sobival ajavahemikul täiskoormusega töötada, kuid samas ka iga koristusküpsuse saavutanud põld kohe koristataks. Seega kombain ei tohi seista töö ja põld koristamise ootel.

Õhuniiskuse mõju teraviljade koristamistödele

Teraviljade koristamistingimused ei ole koristusperioodi kestel ühesugused. Enamasti on ilmad koristusperioodi algul (juuli lõpp, augusti algus) kuivemad ja seega koristamiseks soodsamad kui koristusperioodi lõpus (augusti lõpp, septembri algus). Õhu niiskusesisaldust, mis omakorda mõjutab nii tera kui ka kõrre niiskusesisaldust ja seega ka kombaini töö kvaliteeti, on hakatud iseloomustama ja mõõtma õhuniiskuse defitsiidi (küllastusvajaku) abil, mida on Eesti mõnes ilmajaamas mõõdetud juba 1921. aastast alates ja mille mõõtühik on millibaar (1 bar = 10⁵ Pa).

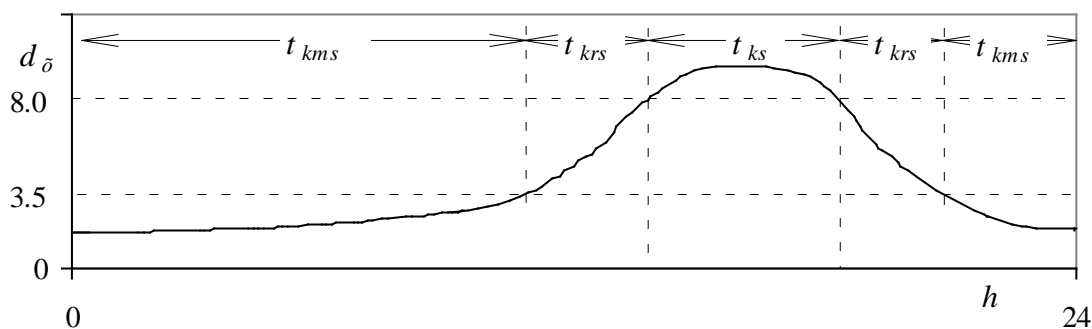
$$d_{\bar{o}} = d_k - d_o, \quad (2)$$

kus $d_{\bar{o}}$ – õhuniiskuse defitsiit mbar;
 d_k – õhku küllastava veeauru osarõhk mbar;
 d_o – õhus oleva veeauru osarõhk mbar.

Õösel ja hommikul on õhk üldjuhul niiskem ja õhuniiskuse defitsiit seega väiksem. Päeval muutub õhk kuivemaks, s.o õhuniiskuse defitsiit kasvab. Õhu kuivemaks muutumine mõjub omakorda tera ja kõrre niiskusesisaldusele, mis teatud hilynemisega kopeerib õhu niiskusesisalduse muutumist. Õhtul hakkab õhu niiskusesisaldus jälle kasvama.

Nõukogude Liidus toodetud teraviljakombainide töö kvaliteet on hea, kui õhuniiskuse defitsiit on vähemalt 8 mbar. Aega, mille kestel päevas õhuniiskuse defitsiit on enam kui 8 mbar, nimetatakse koristamiseks hästi sobivaks ajaks t_{ks} (joon. 1). Kui õhuniiskuse defitsiit langeb alla 8 mbar, siis koristuskoad hakkavad kasvama ja selle kompenseerimiseks on vaja kombaini koormust vähendada, s.o peksuaparaadile ajaiühikus etteantavat massi vähendada, mille tulemusena väheneb ka kombaini tootlus. Töö on võimalik, kuni õhuniiskuse defitsiit on langedud 3,5 millibaarini, siis tuleb koristamine suurenenud koristuskadude tõttu lõpetada. Aega, mille kestel õhuniiskuse defitsiit on piirides $3,5 \leq d_{\bar{o}} \leq 8$, nimetatakse koristamiseks rahuldavalt sobivaks ajaks t_{krs} (joon. 1).

Meil ei ole teada, kuidas mõjub õhuniiskuse defitsiidi muutumine Eestis Lääne-Euroopa maades toodetud kombainide tööd, aga võib oletada, et kuna neid kasutatakse kõikjal põhjamaades, siis koristustööde ajakaod liigse õhuniiskuse tõttu ei ole neil suuremad kui meil seni kasutatud kombainidel.



Joonis 1. Õhuniiskuse defitsiidi ööpäeva kestel muutumise näide.

t_{ks} – koristamiseks hästi sobiv aeg; t_{krs} – koristamiseks rahuldavalt sobiv aeg;
 t_{kms} – koristamiseks sobimatu aeg

Figure 1. Air humidity deficit daily change (Example).

t_{ks} – best harvesting time; t_{krs} – suitable harvesting time; t_{kms} – unsuitable harvesting time

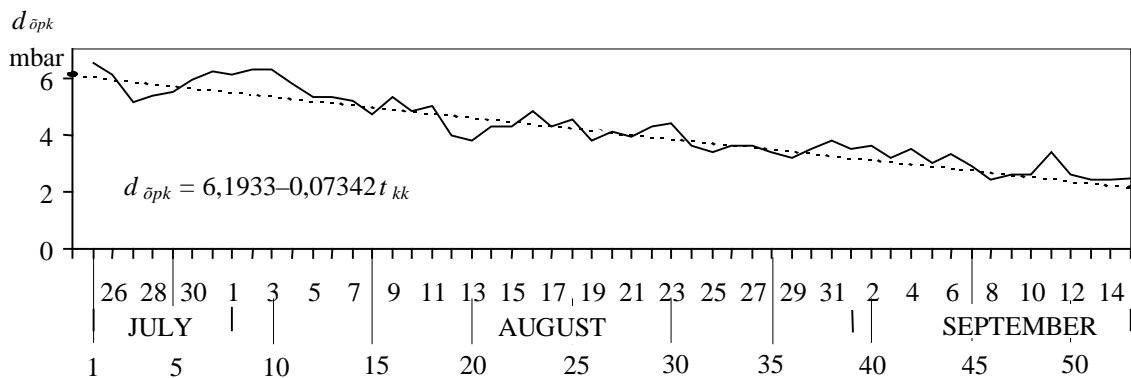
Ilmajaamades (agrometeoroloogiajaamades) mõõdetakse õhuniiskuse defitsiiti päevas mitu korda ja neist andmetest arvutatakse keskmine väärtus $d_{\bar{o}p}$.

Saadud andmetest saab leida õhuniiskuse defitsiidi keskmist kulgu iseloomustava regressioonivõrrandi. Et mõnel aastal võib varem küpsevate teraviljade koristamine alata juuli lõpus ja mõnikord kestab isegi septembris, siis on vaatluse alla võetud õhuniiskuse defitsiidi muutumine ajavahemikul 25.07...15.09 aastatel 1966 kuni 1985.

Uurimustes püüti õhuniiskuse defitsiidi ja kalendaarse aja vahelist seost kirjeldada lineaarselt. Selleks oli vaja kasutusele võtta uus aja kulgu koristusperioodil iseloomustav skaala (s.o selline skaala, kus koristuspäeva tähistav kuupäeva järjekorranumber muutuks pidevalt).

$$d_{\bar{o}pk} = d_a + \Delta d \cdot t_{kk}, \quad (3)$$

kus $d_{\bar{o}pk}$ – õhuniiskuse defitsiidi prognoositav keskmine väärtus t_{kk} päeval, mbar;
 d_a – õhuniiskuse defitsiidi keskmine väärtus vaatlusaluse perioodi eelsel päeval (s.o 24. juulil), mbar;
 Δd – õhuniiskuse defitsiidi muutumise tempo, millibaari päevas;
 t_{kk} – koristusperioodi kuupäeva järjekorra number (25. juulil $t_{kk} = 1$; 26. juulil $t_{kk} = 2$ jne kuni 15. sept. $t_{kk} = 53$).



Joonis 2. Õhuniiskuse defitsiidi $d_{\text{öpk}}$ väärtuste trend Viljandi ilmajaamas aastatel 1966...1985
Figure 2. Air humidity $d_{\text{öpk}}$ trend in 1966...1985

Tabel 1. Regressioonikordajate d_a ja Δd väärtused
Table 1. Values of the regression coefficients d_a and Δd

Ilmajaam ¹	Vaatluste arv ²	Regressioonikordaja ³ d_a			Regressioonikordaja Δd			Lineaarse korrelatsiooni kordaja ⁸ R
		keskmise väärtus ⁴	selle 95%-lised usalduspiirid ⁵		keskmise väärtus	selle 95%-lised usalduspiirid		
			alampiir ⁶	ülempiir ⁷		alampiir	ülempiir	
Jõgeva	1113	5,0960	4,8667	5,3253	-0,05498	-0,06237	-0,04750	0,4011
Viljandi	1060	6,1933	5,9243	6,4623	-0,07342	-0,08209	-0,06475	0,4549
Nigula	1007	5,6485	5,3967	5,9004	-0,06764	-0,07576	-0,05952	0,4584
Tallinna	1007	5,3687	5,1277	5,6096	-0,05660	-0,06436	-0,04883	0,4112
Kuusiku	954	5,4066	5,1612	5,6520	-0,06254	-0,07044	-0,05463	0,4493
Kuussaare	1007	5,3017	5,0723	5,5312	-0,05247	-0,05987	-0,04508	0,4021
Võru	1007	6,5563	6,2352	6,8774	-0,06250	-0,07285	-0,05215	0,3502
Väike-Maarja	1007	5,7118	5,4499	5,9737	-0,06943	-0,07787	-0,06099	0,4537
Pärnu	1007	5,7851	5,5552	6,0350	-0,06188	-0,06961	-0,05415	0,4439
Tartu	1007	6,0932	5,8269	6,3596	-0,06577	-0,07435	-0,05719	0,4286

¹ – meteorological station; ² – sample size (number of observations); ³ – regression coefficient; ⁴ – average value; ⁵ – 95% confidence interval; ⁶ – lower limit; ⁷ – upper limit; ⁸ – coefficient of the linear correlation

Kombainikoristuseks sobiv töötundide arv päevas ja hooajal

M. G. Lublin on toonud andmed (Lublin, 1983) seose kohta õhuniiskuse defitsiidi ja koristamiseks hästi sobiva aja vahel. Nendest andmetest saab koostada seose

$$t_{ks} = -14,47 + 5,82d_{\text{öpk}} - 0,33d_{\text{öpk}}^2, \quad (4)$$

kus t_{ks} – koristamiseks hästi sobiv aeg, kestus tundides;
 $d_{\text{öpk}}$ – õhuniiskuse defitsiidi päevane keskmine väärtus mbar.

Koristamiseks rahuldavalt sobivat aega on Eestis ligikaudu 4 tundi päevas (tingimusel, et $d_{\text{öpk}} \geq 3$ mbar), mistõttu üldise koristamiseks võimaliku ajafondi prognoosimisel lisatakse ~4-tunnise poole tootlikkusega töö asemele ~2 tundi täiskoormusega tööaega.

Eeldades, et koristustööd tehakse paljude aastate keskmisena augustikuu 30 päeva kestel, saab prognoosida keskmise koristustöödeks tingliku tööaja kestuse (tabel 2). Tulemused on usaldusväärsed, kuna analoogseid tulemusi on saanud mõnevõrra teise ajavahemiku kohta ka J. Karjane (1995).

Tabel 2. Kombaini eeldatav keskmine töötundide arv**Table 2.** Supposed average number of combine harvesting working hours

Ilmajaam ¹	Eeldatav keskmine				Eeldatav töötundide arv 1...30. augustini ⁵
	õhuniiskuse defitsiit ³ mbar		töötundide arv päevas ⁴		
	1. augustil	30. augustil	1. augustil	30. augustil	
Jõgeva	4,66	3,06	7,47	2,75	146
Viljandi	5,61	3,48	9,77	2,32	181
Nigula	5,13	3,15	8,70	2,57	169
Tallinna	4,85	2,99	7,99	1,93	149
Kuusiku	4,91	3,09	8,13	2,37	158
Kuressaare	4,88	3,36	8,07	1,35	171
Võru	6,06	4,24	10,66	4,28	254
Väike-Maarja	5,15	3,14	8,76	2,56	169
Pärnu	5,30	3,51	9,09	3,87	194
Tartu	5,57	3,66	9,68	4,41	211

¹ – meteorological station; ² – supposed average; ³ – air humidity deficit, ⁴ – number of working hours per day;

⁵ – supposed number of working hours during 1...30. August

Kokkuvõte

Lähtudes õhuniiskuse defitsiidi muutumisest Eesti 10 ilmajaamas 20 aasta kestel, on koostatud regressioonivõrrandid nii õhuniiskuse defitsiidi kui ka tõenäolise koristustöödeks tinglikult sobiva aja prognoosimiseks.

Kirjandus

- Asi, M., Möller, H., Soonets, K., Tamm, K. Optimum yearly operation time of machinery in a grain growing farm. – Inžinerija, Mokslo darby 3(1), Lietuvos Zemes Ukio Universitetas, Kaunas-Akademija, 1988, 26–41.
- Karjane, J. Ilm ja teravilja kombainkoristus Eestis. – Eesti Põllumajanduse Mehhaniseerimise Instituudi teadustööde kogumik nr. 1. – Saku, lk. 53...67, 1995.
- Lublin: Лублин М. Влияние агрометеорологических условий на работу сельскохозяйственных машин и орудий. – Ленинград, Гидрометиздат, 1983. – 118 с.
- Möller, H. Põllutööde kvaliteet ja põllukultuuride saagikus. – Tln.: 1985. – 80 lk.
- Möller, H., Asi, M., Linnas, L., Olak, H., Tamm, K., Eerits, A., Roostalu, H., Soonets, K. Masinapargi töökoormuse mõjust teraviljandustalu töötulemustele. – Põllumajanduskultuuride produktiivsus ja kvaliteet. – EPMÜ teadustööde kogumik, nr. 199. – Tartu, lk. 42...55, 1988.
- Möller jt.: Мёллер Х., Лутгер Р., Вийдалепп Р., Мёллер М. О планировании работы зерноуборочных агрегатов. – Проблемы повышения эффективности использования машин в плеводстве. – Сборник научных трудов ЭСХА №165. – Тарту, с. 3...12, 1989.

Uurimistööd toetab Eesti Teadusfond, grant nr. 4103.

Time Limits in Cereals Harvesting

H. Möller, M. Asi, K. Soonets, K. Tamm, R. Vettik

Summary

Air humidity deficit values recorded in 10 Estonian meteorological stations during 20 years were analysed. The regression equations to prognosticate air humidity deficit and conditionally suitable cereals harvesting time were composed.