

<http://jates.org>

Journal of Applied Technical and Educational Sciences jATES

ISSN 2560-5429



Study of the Working Parameters of a Spading Machine

Pásztor Judit¹, Tolvaly-Roșca Ferenc¹, Forgó Zoltán¹

¹ Sapientia Hungarian University of Transilvania, Faculty of Technical and Human Sciences, Târgu-Mureș, O.p. 9, C.p. 4, 540485 Târgu-Mureș, 540485, Romania, pjudit@ms.sapientia.ro, trferi@ms.sapientia.ro, zforgo@ms.sapientia.ro

Abstract

Basic tillage is the deepest tillage in the tillage system. This is often done with a spading machine in greenhouses. The energy required for spading is high. Using a SimuLink simulation based on the assembly model of a spade created with real data, we investigate the effect of operating parameters on the secondary operations of spading, the loosening and shredding. The results obtained are checked by measurements. In this article the compactness of the unworked and worked soil was measured and the degree of shredding was determined at three forward speeds. Based on the obtained results, the correlation between the geometry of the excavated soil slice and the working speed can be seen from the trajectory of the spading point. This knowledge can be used in the development of cultivation technology. The information can be used in the development of cultivation technology.

Keywords: spading machine; assembly model; simulation; soil loosening; soil compaction;

Ásógép munkaparamétereinek vizsgálata

Pásztor Judit¹, Tolvaly-Roșca Ferenc¹, Forgó Zoltán¹

¹ Sapientia Erdélyi Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, O.p. 9, C.p. 4, Marosvásárhely, 540485, Románia, pjudit@ms.sapientia.ro, trferi@ms.sapientia.ro, zforgo@ms.sapientia.ro

Absztrakt

Az alapművelés a talajművelés rendszerében a legmélyebb talajmunkát jelenti. Ez a termesztőberendezésekben gyakran ásógéppel történik. Az ásás energiaigénye nagy. Egy valós adatokkal megalkotott ásógép szerelési modelljére épülő SimuLink szimulációval vizsgáljuk az üzemeltetési paraméterek hatását az ásás másodlagos műveleteire, a lazításra és aprításra. A kapott eredményeket mérésekkel ellenőrizzük. A cikkben mérésre kerül az ásatlan és átott talaj tömörsége, valamint meghatározásra az aprítás mértéke három haladási sebesség esetén. A kapott eredmények alapján az ásóél pontjának mozgáspályájából kitűnik az átott talajszelet geometriája és a munkasebesség közti összefüggés. Az ismeretek a termesztési technológia kialakításában hasznosíthatók.

Kulcsszavak: ásógép; szerelési modell; szimuláció; talajlazítás; talajaprítás;

1. Bevezető

A zöldségtermesztés a mezőgazdaság és a kertészet fontos ágazata. Jellemzője, hogy kézimunkaigényes, így kis területen nagy értéket állít elő. A zöldségek termesztése különleges talajt és agrotechnikai feltételeket igényel, ez szabadföldön vagy termesztőházakban történik. Növényházakban a környezeti feltételeket mesterségesen biztosítják. A termesztő házakban az utóbbi években egyre nagyobb teret hódít a talaj nélküli, izolált termesztés, de a növények termesztő közege többnyire a talaj (Hájos, 2014). A termesztőházak nagy beruházások és magas az energia fogyasztásuk, emiatt intenzív föld- és térhasználatot igényelnek (Sánta, 2017). Ugyanakkor, hiányoznak a természetes tényezők, mint például a fagy-olvasdás, az aszály, a termésciklusok között rövid az időtartam. Hő- és vegyi kezeléseket alkalmaznak, amelyek mellékhatásokkal járnak. A talaj intenzív hasznosítása nagyobb taposási kárt okoz, intenzívebb talajmunkát igényel (Dogra et al., 2017), (Tenu et al, 2012).

A talajmunkák alapmunkára és magágyelőkészítésre oszthatóak, amely forgatás, lazítás, aprítás, keverés, tömörítés, felszínalakítás történik. Az alapmunka a forgatás, amelyet termesztőházakban ásógéppel végeznek (Giordano et al., 2015). Az ásógép a kézi ásás munkáját utánozza. A talaj forgatása közben erőteljes aprítást, lazítást, keverést is végez (Láng, 1999), (Szendrő, 2003). Működésük szerint az ásógépek lehetnek kilökö-elemes ásógépek, forgó művelő-elemes, vezérelt művelőszerszámú és forgódobos rendszerű ásógépek, (Naghiu et al., 2004), (Stoyanov et al., 2018). Az ásás eltérő üzemeltetési paraméterek mellett a talaj tömörségében, rögziségében különböző változást hoz. Ennek ismerete hasznos a termesztési technológia kialakításában.

2. Munka és módszer

Ez a tanulmány egy kilökö-elemes ásógép növényházi talajban végzett másodlagos munkájának munkaminőségi jellemzőit vizsgálja. Ennek érdekében:

- Elkészítjük a kilökö-elemes ásógép szerelési modelljét.
- Vizsgáljuk az ásó munkáját különböző üzemeltetési paraméterekre.
- Mérésekkel ellenőrizzük az ásás utáni talaj lazítását, aprítását.

2.1. *Az ásógép szerelési modellje*

A dolgozatban a romániai növényházakban gyakran használt MSS-1.4M típusú, kilökö-elemes ásógép kinematikai modellezését végezzük, 1.ábra. Az ásószerszámok egy térben kitérő

tengelyre vannak szerelve. A tengely hajtókarok, ásókarok, emelőkarok segítségével mozgatja az ásókat. A tengely és a karok egy négykarú mechanizmust alkotnak, 2.ábra. A mechanizmus a tengely forgó mozgását lengő mozgássá alakítja, amelynek következtében az ásószerszámok munka közben felülről a talajba hatolnak, kivágnak egy talajszeletet és hátrafelé dobják. A talajdarabok a borítólemeznek ütköznek és erőteljesen aprítódnak. A hajtótengely az erőgép teljesítmény-leadó tengelyéről kapja a hajtását egy lassító áttételen keresztül. A TLT tengely fordulatszáma egyezményes, 540 ford/min, a motor névleges fordulatszámán, (Drunek, 2009), (Forgó, Tolvaly-Roşca, Pásztor, 2021), (Kővári, 2015), (Pásztor, Kakucs, 2016).

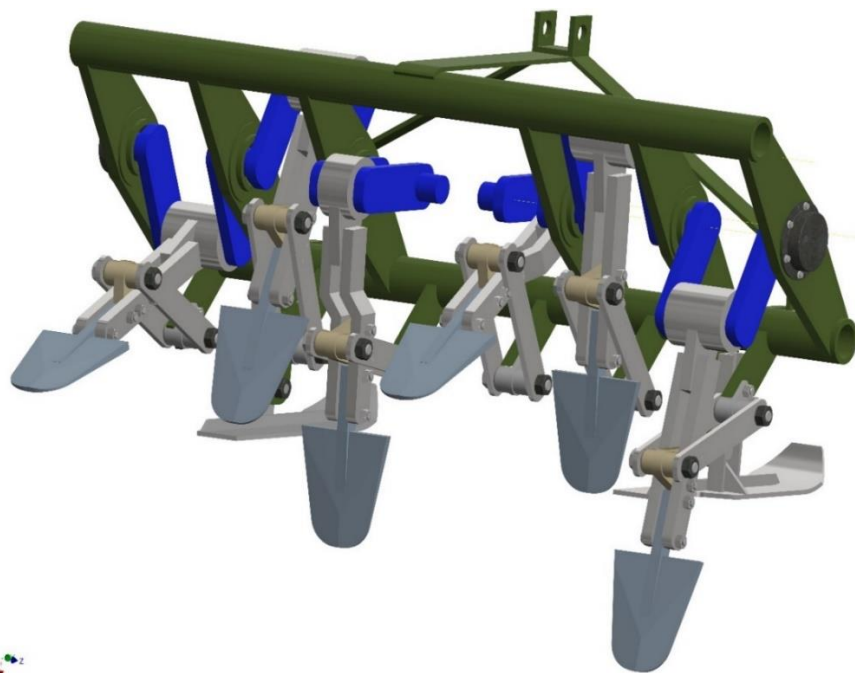


1.ábra MSS-1.4 ásógép (saját kép)

A 2.ábrán látható szerelési modell valós adatok alapján készült. A kilökö-elemes ásógép műszaki adatai az 1.táblázatban találhatóak.

1.táblázat MSS-1,4M ásógép műszaki adatai

Ásók száma	6
Ásó magassága [m]	0,205
Ásóél hossza (kis alap) [m]	0,100
Ásólap hossza (nagy alap) [m]	0,170
Maximális munkamélység [m]	0,30
Munkaszélesség [m]	1,40
Munkasebesség [km/h]	0,7 ... 1,5
TLT fordulatszáma [ford/min]	540
Traktor teljesítmény [kW]	33
Gép tömege [kg]	585

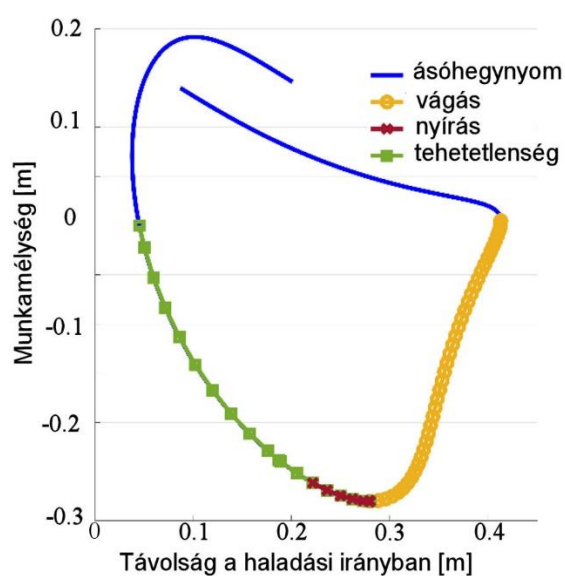


2.ábra Ásógép testmodell

Az egyszerűsített szerelési modellen láthatók az ásók, az ásók karjai, a gép kerete, és a két csúszka, amely a munkamélység állításában vesz részt.

2.2. Az ásó munkája, az ásógép üzemeltetési paramétereinek vizsgálata

A szerelési modellt Autodesk Inventor szoftver segítségével építettük meg egy, a Marosvásárhelyi Sapiaientia Egyetem rendelkezésére álló, MSS-1,40M típusú ásógép valós méretei alapján, és meghatároztuk az ásóél-csúcspont pályáját, amely a 3.ábrán követhető.



3.ábra Egy ásóél csúcspontjának mozgáspályája

A mozgáspálya lehetőséget ad az ásó munkájának szemléltetésére, amely segítségével négy folyamatra osztható az ásó munkája:

- az ásó behatol a talajba és levágja a talajszeletet;
- a talajszelet elválik a talajtól;
- az ásó megemeli a talajszeletet;
- az ásó új helyzetbe vonul, miközben a megemelt talajszelet a borítólemeznek ütközik.

A munkaeszköz egy pontjának a mozgáspályája segítségével azonosíthatóak a mozgását befolyásoló paraméterek, és elemezhető, hogy ezek hogyan befolyásolják a másodlagos talajművelést. A munkaeszköz talajban való haladása során keletkező talajrögök méretei is elemezhetők (Raparelli et al., 2020).

A vágás gyakoriságának jellemzésére alkalmas, az üzemeltetési gyakorlatban használatos fogalom, a munkagép lépése (Naghiu et al., 2004). Az ásógép s lépése, az egy fordulat alatt megtett út. Az alábbi összefüggéssel számolható:

$$s = v_m T = v_m \frac{2\pi}{\omega}; \quad s = \frac{v_m}{n} [\text{m/ford}] \quad (1)$$

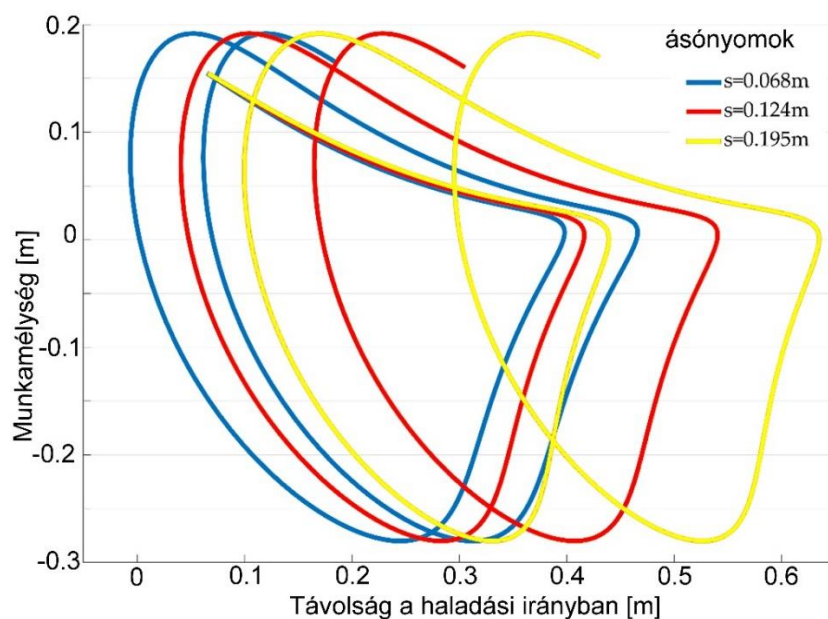
ahol: T [s], a forgó mozgás periódusa; n [ford/s] a hajtótengely fordulatszáma.

Az (1)-es összefüggések alapján megállapítható, hogy az ásógép lépése a haladási sebességgel egyenes arányban, a hajtótengely fordulatszámaival fordított arányban változik. Ezt a kinematikai modell segítségével megjelenítettük, ábráztuk, ellenőriztük. A megalkotott ásógép szerelési modelljére épülő SimuLink modell alapján végeztünk szimulációs vizsgálatokat, melyek számos szakterületen elterjedten alkalmaznak (Kővári, 2010) (Kővári, 2009). A szimulációban vizsgáljuk az üzemeltetési paraméterek hatását az ásás másodlagos műveleteire, a lazításra és aprításra.

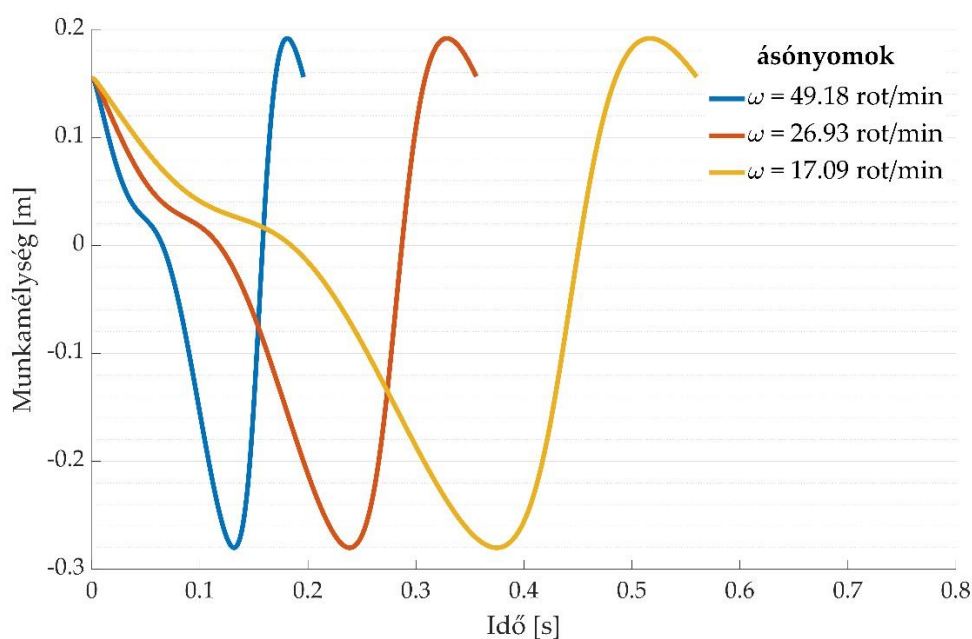
Az s lépések és a haladási sebességek közti összefüggés a 4.ábrán követhető. Az 4.ábra megjelenítéséhez valós, gyakorlatban használt üzemeltetési sebességekre futtattuk le a modellt:

- $v_m = 0,2$ m/s esetében az ásó lépése $s = 0,068$ m;
- $v_m = 0,35$ m/s esetében az ásó lépése $s = 0,124$ m;
- $v_m = 0,54$ m/s, esetében az ásó lépése $s = 0,194$ m.

A vágás gyakorisága függ a haladási sebességtől és a hajtótengely szögsebességétől. Ez a 4.-5.ábrákon követhető.



4.ábra Ásóél-csúcs pont mozgáspályájának változása haladási sebesség hatására



5.ábra Ásóél-csúcs pont mozgáspályájának változása hajtótengely szögsebességének hatására

2.3. Az ásás munkaminőségi jellemzőinek mérése

A munkaminőségi jellemzők azon mérhető paraméterek, amelyek jellemzik a növények agrotechnikai igényeinek kielégítését.

Az ásott, forgatott talaj a megmunkálás teljes mélységében egyenletesen lazított és felszíne aprómorzsás kell legyen. Az ásógép másodlagos munkájának jellemzésére a következő munkaminőségi jellemzőket választottuk:

- a talaj lazításának számszerűsítésére a szűrőszilárdságot;
- az aprítás számszerűsítésére az aprítottsági fokot választottuk.

A vizsgálatokat Marosvásárhely mellett, Ákosfalván, a Farel kft. Növényházában, 2008 áprilisában végeztük. Az ásást L-445 erőgéppel működtetett MSS-1,4 kilókő-elemes ásógép végezte.

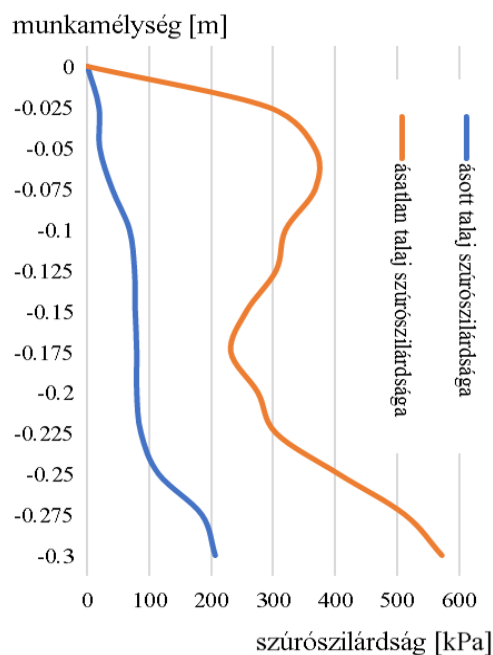
2.3.1. Ásott talaj lazításának mérése

Az ásás másodlagosan lazítja a talajt. A lazítás a talaj térfogattömegének a csökkentése, pórusviszonyának javítása különböző eszközökkel, (Jakab és Füleky, 2004). A közvetlen helyszíni vizsgálat elvégzéséhez a talaj szűrőszilárdságának, talajellenállásnak mérését választottuk. A szűrőszilárdság egy komplex talajmechanikai jellemző, magába foglalja a talaj vágási ellenállását és tömörítési ellenállását. A szűrőszilárdság meghatározását Spectrum 900 SC statikus penetrométerrel végeztük. A talaj behatolással szembeni ellenállása 2,5 cm-enként rögzítésre került a készülék belső memóriájában 0÷30 cm munkamélységben. Az adatok középértékeit szintenként a 2.táblázat tartalmazza.

2.táblázat Ásás hatása a talajlazításra

Munkamélység	Ásott talaj szűrőszilárdsága [kPa]	Ásatlan talaj szűrőszilárdsága [kPa]
0	0	0
-0.025	18.667	292.36
-0.05	19.833	367.1
-0.075	39.7	368.3
-0.1	67.7	320.3
-0.125	75.833	305.07
-0.15	77.033	257.1
-0.175	79.367	231.61
-0.2	79.4	275.3
-0.225	86.321	304.83
-0.25	114.68	405.83
-0.275	184.2	512.97
-0.3	205.73	572.7

A mélységi adatok középértékeit 6.ábra ismerteti. Az ásott talaj szűrőszilárdsága lényegesen kisebb, mint az ásatlan talaj esetében. A statisztikai adatfeldolgozást egymintás Student-féle t-próbával végeztük (Harangus és Kakucs, 2021). A vizsgált valószínűségi változó a talaj mélység-szintenkénti szűrőszilárdságainak különbsége. A minta átlaga szignifikánsan eltér 0 értéktől ($p = 0,1$ szignifikancia szint mellett), vagyis a különbség az ásott és ásatlan talaj szűrőszilárdsága között jelentős, és ez a talajmunkának tudható be.



6.ábra Talaj szúrószilárdságának változása ásás során

2.3.2. Ásott talaj aprózottságának meghatározása

A talaj aprózottságának számszerűsítésére az G_r aprítottsági fokot használtuk. Az aprítottsági fok az 5 cm-nél kisebb rögök százalékos aránya a megmunkált, jelen esetben az ásott talajban, (Naghiu et al., 2004).

$$G_r = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{M_{5cm}}{M_{próba}}}{n} 100\% \quad (2)$$

ahol: M_{5cm} az 5 cm-nél kisebb rögök tömege [kg]; $M_{próba}$ a talajminta teljes tömege [kg]; n mérések száma.

Az ásott talaj aprítottsági foka legalább 95%-os közepkötött talaj esetében, 88%-os kötött talaj esetében. A növényházak talaja közepkötöttnak tekinthető a gyakori szerves trágyázás miatt, (Naghiu et al., 2004).

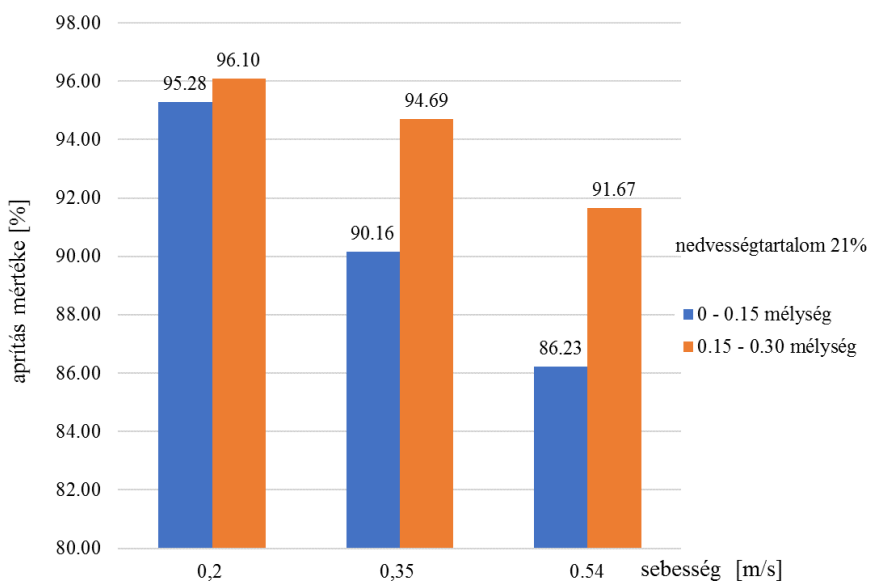
Az ásott talaj aprózottságának vizsgálatához talajmintát vettünk három különböző munkasebességgel megmunkált területről, a földtábla mindkét átlójának teljes hosszában, egymástól egyenlő távolságra, a pillanatnyi nedvességtartalom mellett. A vizsgált munkasebességek: 0,2 m/s, 0,35 m/s, 0,54 m/s (reduktor I-I, reduktor I-II sebességfokozatok és reduktor II-I sebességfokozat).

A 10-10 talajmintát gyűjtöttük két mélységből, mind a három sebességfokozat esetében:

- 0-15 cm felszíni rétegből és
- 15-30 cm mélységből.

A talajmintákat megmértük. Az 5 cm-nél nagyobb rögöket száraz szitálással elválasztottuk. Lemértük az 5 cm-nél nagyobb rögök tömegét. Meghatároztuk az ásott talaj aprítottsági fokát a (2) összefüggés szerint.

A mélységi és sebességi adatok középértékeit a 7.ábra ismerteti.



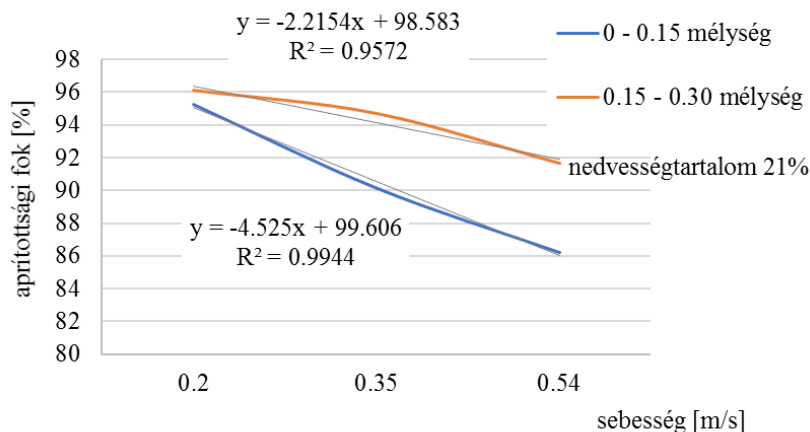
7.ábra Az ásott talaj aprítottsági fokának változása a haladási sebesség hatására

Az ábra rávilágít a haladási sebesség és talaj rögösségének, aprításának az összefüggésére: alacsony haladási sebesség mellett a talaj aprítása erőteljesebb a nagyobb haladási sebességhez képest, az ásott talaj felszíni és alsó rétegében egyaránt.

A $v_h = 0,2$ m/s esetében, az reduktor I-I sebességfokozatban, egy menetben elkészül a magág az ásott talaj teljes mélységben.

A $v_h = 0,35$ m/s esetében, az reduktor I-II sebességfokozatban, az ásott talaj felszíne további aprító munkát igényel.

A $v_h = 0,54$ m/s esetében, az reduktor II-I sebességfokozatban, az ásott talaj felszíne további aprító munkát igényel és az alsó réteg is rögösebb, mint amit a növényházi termesztés igényel.



8.ábra Haladási sebesség és talaj aprózottság összefüggése ásás esetén

A 8.ábra a haladási sebesség és talaj aprózottsága közötti összefüggéseket számszerűsíti, a pillanatnyi talajnedvesség-tartalom mellett.

Igen erős korreláció figyelhető meg a haladási sebesség és a talajaprítás között az ásás során: $R^2 = 0,95$, $R^2 = 0,99$

Az ábrán megjelenített korrelációs egyenesek egyenletei alkalmasak az aprítottsági fok számítására, adott sebesség esetén:

$$G_{r\ 0-15} = -2,215 v_m + 98,583 [\%], \quad (3)$$

$$G_{r\ 15-30} = -4,525 v_m + 99,606 [\%]. \quad (4)$$

A korrelációs egyenesek egyenletei alkalmasak a haladási sebesség megválasztására az aprózottsági fok alapján:

$$v_m = \frac{98,583 - G_{r\ 0-15}}{2,215} [\text{m/s}] \quad (5)$$

$$v_m = \frac{99,606 - G_{r\ 15-30}}{4,525} [\text{m/s}]. \quad (6)$$

3. Következtetés

A dolgozatban végzett vizsgálatok következtetései az alábbiakban foglalhatók össze:

- A dolgozatban megvalósított szerelési modell lehetővé teszi a pályák grafikus formában történő megjelenítését és az eredmények egyszerű vizuális értelmezését. A meghatározott mozgáspálya leírja a szakirodalomban fellelhető, matematikai egyenletekkel modellezett mozgáspályát, így alkalmas az elméleti vizsgálatok elvégzéséhez.

- Az ásóél pontjának mozgáspályájából kitűnik az ásott talajszelet geometriája és a munkasebesség közti összefüggés, alacsony sebességnél a kivágott talajszelet hosszúsága kisebb, mint a nagyobb sebességnél kiásott talajszelet hossza.
- Nagyobb munkasebességnél az ásott talaj rögzesebb, mint a kisebb munkasebességgel végzett ásás esetében. A nagyobb munkasebességnél az ásott talaj nem teljesíti a 95%-os elvárt aprózottsági fokot, további magágy-előkészítő munkák szükségesek a felszíni réteg megfelelő aprítása érdekében.
- Az alacsony sebességnél meghatározott aprítottsági fok kielégíti a felszíni rétegben és a felszín alatti rétegben az agrotechnikai elvárásokat. Az alacsony sebességnél végzett ásás megfelelő nedvességviszonyok között egy menetben készít magágyat.
- Az ásógép üzemeltetése során javasolt figyelembe venni a haladási sebességet, hiszen ez befolyásolja az elvégzendő talajmunka minőségét, rögzösségét.
- A megvalósított szerelési modell alkalmas elméleti kutatások elvégzéséhez.

Irodalomjegyzék

Hájos, M. (2014). Növényhajtatás. Debrecen, DUpress Publisher. https://dea.lib.unideb.hu/dea/bitstream/handle/2437/196349/Zoldseghajtatasi_Takacsne_pdf.pdf?sequence=9&isAllowed=y.

Sánta, R., Garbai, L., Fürstner, I. (2017). Numerical investigation of the heat pump system. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 130 : 2. 1133-1144.

Dogra, R., Dogra, B., Gupta, P.K., Sharma, B.D., Kumar, A. (2017). Effect of spade angle and spading frequency of spading machine on specific soil resistance and pulverization. *Agric. Eng. Int. CIGR J.* 2017, 19, 1. 65–73.

Tenu, I., Carlescu, P., Cojocariu, P., Rosca, R. (2012). Impact of Agricultural Traffic and Tillage Technologies on the Properties of Soil. Resource Management for Sustainable Agriculture. London, UK. Publisher InTech. 263–296.

Giordano, D.M., Facchinetti, D., Pessina, D. (2015). The spading machine as an alternative to the plough for the primary tillage. *J. Agric. Eng.* 2015, 46. 36–40, doi:10.4081/jae.2015.445.

Láng, Z. (1999). A zöldség-, dísznövény- és szaporítóanyag – termesztés berendezései és gépei. Budapest, Publisher Mezőgazda Kiadó. 1999.

Szendrő, P. (2003). Géptan. Budapest. Publisher Mezőgazda Kiadó.

Stoyanov, Y.; Trendafilov, K.; Delchev, N.; Tihanov, G. (2018). Soil structure after treatment with different operation modes of spading machine. *Agric. Sci. Technol.* 2018, 10. 236–240, doi:10.15547/ast.2018.03.045.

Naghiu, A., Baraldi, G., Naghiu, L. (2004). *Maşini şi instalaţii agricole*. Cluj-Napoca, Publisher Risopront.

Drunek (Pásztor), J. (2009). Researches on the Energy Optmization of the Preparation Works of the Germination Bed in Greenhouses. Doctoral theses (Phd) dissertation. Braşov, Transilvania University Press.

Forgó, Z.; Tolvaly-Roşca, F.; Pásztor, J.; Kovari, A. (2021). Energy Consumption Evaluation of Active Tillage Machines Using Dynamic Modelling. *Appl. Sci.* 2021, no.11, 6240. <https://doi.org/10.3390/app11146240>.

Kovari, A. (2015). Effect of Leakage in Electrohydraulic Servo Systems Based on Complex Nonlinear Mathematical Model and Experimental Results. *Acta Polytechnica Hungarica*, vol.12, no. 3. 129–146. <http://doi.org/10.12700/APH.12.3.2015.3.8>

Kovari, A. (2010). Real-Time Modeling of an Electro-hydraulic Servo System. In *Computational Intelligence in Engineering*, pp. 301–311. http://doi.org/10.1007/978-3-642-15220-7_24

Kovari, A. (2009). Influence of cylinder leakage on dynamic behavior of electrohydraulic servo system. In *SISY 2009 - 7th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, pp. 375–379. <http://doi.org/10.1109/SISY.2009.5291129>

Pásztor, J., Kakucs, A. (2016). Analysis of the Tractor-Spading Machine's Operating in Greenhouses. *Műszaki Tudományos Közlemények - Papers on Technical Science, MTK4*. <http://hdl.handle.net/10598/29724>.

Raparelli, T., Pepe, G., Ivanov, A., Eula, G. (2020). Kinematic analysis of rotary harrows. *Journal of Agricultural Engineering* 2020, LI:976, 9-14. <https://doi.org/10.4081/jae.2019.976>.

Jakab, S., Fülek, Gy. (2004). *Környezetvédelem-Talaj, Többnyelvű fogalomtár*. Budapest, Publisher Nemzeti Tankönyvkiadó.

Harangus, K., Kakucs, A. (2021). Valószínűségszámítás és statisztika a mérnöki gyakorlatban. Cluj-Napoca, Publisher EME. ISSN 2068-3081. Doi:10.36242/mtf-15.

Rövid szakmai életrajz

Dr. Pásztor Judit egyetemi adjunktus Sapientia Erdélyi Tudományegyetem Marosvásárhelyi Karán, Gépészmérnöki Tanszéken. Felsőfokú tanulmányait a Brassói Transilvania Egyetemen végezte Mechanika Karon, Mezőgazdasági Gépészet Szakon. Tudományos fokozatot a Brassói Transilvania Egyetemen, az Ipari mérnök területen szerezte. Kutatási területe az aktív talajmegmunkáló gépek kinematikai, dinamikai, energetikai kutatása, Mezőgazdasági gépek üzemeltetése, Termesztőházak gépészete.

Dr. Tolvaly-Rosca Ferenc egyetemi docens Sapientia Erdélyi Tudományegyetem Marosvásárhelyi Karán, Gépészmérnöki Tanszéken. Felsőfokú tanulmányait a temesvári Traian Vuia Egyetem Építészmérnöki Karán kezdte, Hidrotechnikai építőmérnök szakon és a marosvásárhelyi Petru Maior Egyetemen fejezte be, Gépészmérnöki szakon. Tudományos fokozatot a brassói Transilvania Egyetemen, Ipari mérnök területen szerezte. Kutatási területe a számítógépes tervezés műszaki és ipari alkalmazásai, számítógépes szimulációk, rugalmas gyártórendszerek, fogaskerékajtások és ezek vizsgálata virtuális térben.

Dr. Forgó Zoltán egyetemi docens, a Sapientia - Erdélyi Magyar Tudományegyetem Marosvásárhelyi Karán a Gépészmérnöki Tanszék vezetője. Felsőfokú tanulmányait a Kolozsvári Műszaki Egyetem keretében végezte 2000-ben, Ipari robotok és rugalmas gyártási rendszerek szakon, majd 2008-ban ugyanitt szerezte meg tudományos fokozatát robotika témakörben. Kutatási területei a soros és párhuzamos robotok kinematikai és dinamikai vizsgálatát, illetve a mechatronikai rendszereket fedik le.