

TALAJ-TÉRFOGATTÖMEG HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA ÁSÓGÉP ENERGIAIGÉNYÉRE SZIMULÁCIÓVAL

STUDY OF THE EFFECT OF SOIL VOLUMETRIC WEIGHT ON THE ENERGY REQUIREMENT FOR A SPADING MACHINE BY SIMULATION

Pásztor Judit,¹ Tolvaly-Roşca Ferenc,² Forgó Zoltán³

¹ Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Románia, pjudit@ms.sapientia.ro

² Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Románia, tferi@ms.sapientia.ro

³ Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Románia, zforgo@ms.sapientia.ro

Abstract

In this paper, we simulate the operation of a spading machine on three soil types; easy to work, medium to work and heavy, using a previously validated SimuLink model of an MSS-1.40M spading machine. We determine the forces during spading. We explore the physical and mechanical properties of the soil that play a role in the spading process. By simulation of the spading process with the MSS-1.40M spading machine, we determine the torque on the drive shaft and the required mechanical work on the three soil types.

Keywords: *spading machine, soil volumetric weight, simulation.*

Összefoglalás

A dolgozatban egy MSS-1,40-típusú ásógép már korábban érvényesített, SimuLink-modellje segítségével szimuláljuk az ásógép működését három talajtípus esetében, könnyen megmunkálható, közepesen megmunkálható és nehéz talajon. Meghatározzuk az ásás során jelentkező erőket. Feltárjuk a talaj azon fizikai, mechanikai tulajdonságait, amelyek szerepet kapnak az ásás folyamatában. Szimulációval meghatározzuk az MSS-1,40M-ásógéppel való ásás során a hajtótengelyen megjelenő nyomatékot és a mechanikai munkáigényt a három talajtípuson.

Kulcsszavak: *ásógép, talaj-térfogattömeg, szimuláció.*

1. Bevezetés

A talaj fizikai, mechanikai tulajdonságai befolyásolják a talajmegmunkáló gép energiafelvételét, energiaigényét, ugyanakkor a munkagép munkája változást hoz a megmunkált talaj fizikai, mechanikai tulajdonságaiban.

A talajmunkák során forgatás, lazítás, aprítás, keverés, tömörítés, felszínalakítás történik. A talajmunkák alapmunkára és magágy-előkészítésre oszthatóak.

Az alapművelés forgatási művelet, a legmélyebb talajmunka. Ez a folyamat nagy energiaszükséglettel jár.

Az alapmunkát természetközeli körülményekben ásógéppel végzik [1], [2]. Az ásógép a kézi ásás munkáját utánozza, forgatás mellett a talajt aprítja, lazítja, keveri is.

Az ásógép aktív talajmegmunkáló gép. A munkaeszközei az ásók, amelyek a vontatás mellett a traktor TLT-tengelyéről is kapnak hajtást. Emiatt nagy az energiaigényük, miközben kevesebb a vonóerőigényük. A TLT-hajtású talajművelő gépek területteljesítménye nem előnyös, de üzemanyag-fogyasztásban és talajaprításban jobb eredményt adnak [3].

A talajmunkák energiaigényének meghatározása az energetika és az agrártudományok határterületén mindig időszzerű [4], [5].

A talaj összetett, nyitott dinamikus rendszer, amely a talajképző tényezők kölcsönhatásának és a talajmunkáknak az eredménye. A talaj hatást gyakorol a munkagépekre, ugyanakkor a gépek hatást gyakorolnak a talajra [6]. A dolgozatban különböző talajtípuson végzendő ásás energiaigényét vizsgáljuk. Az ásás energiaigényét szimulációval határozzuk meg három talajtípus esetében.

A szimuláció olyan vizsgálat, amely során a folyamatot számítógépes modell segítségével tanulmányozzuk. A tudományos modellezés egyre fontosabb szerepet játszik a talajművelési folyamat vizsgálatában és a talajművelési folyamat tudományos megközelítésében [7].

2. Munka és módszer

Felhasználunk egy, valós adatokkal megalkotott, kilökö-elemes ásógépet, az MSS-1,40M szerelési modellt, és a már korábban érvényesített Simu-Link-szimulációt [8].

Feltárjuk a talaj azon fizikai, mechanikai tulajdonságait, amelyek szerepet kapnak az ásás folyamatában. Meghatározzuk szakirodalom alapján az értékeiket könnyen megmunkálható, közepesen megmunkálható és nehezen megmunkálható talaj esetében [8].

Szimuláljuk az ásógép működését a három talajtípuson.

Meghatározzuk az ásás során jelentkező nyomtatók nagyságát és az ásásmechanikai munka igényét a vizsgált talajokon.

2.1. MSS-1,40M kilökö-elemes ásógép szerelési modellje

A szerelési modellt Autodesk Inventor szoftver segítségével építettük, MSS-1,40M kilökö-elemes típusú ásógép valós méretei alapján [8].

Az egyszerűsített szerelési modellen (1. ábra) láthatóak az ásók, az ásók karjai, a gép kerete, a hajtótengely részei, a két csúszka, amely a munkamélység állításában vesz részt.

Mozgásszimulációval meghatározható az ásóél csúcspontjának pályája (2. ábra).

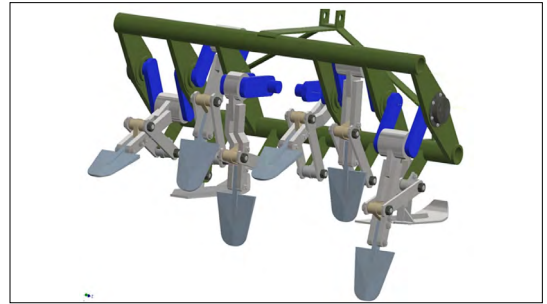
A mozgáspálya lehetőséget ad az ásó talajban való mozgásának szemléltetésére és az ásó munkájának tanulmányozására.

Az ásó munkájának négy folyamata (2. ábra) [9]:

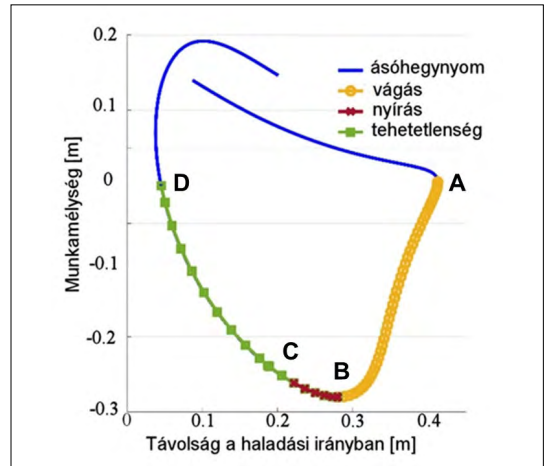
- az ásó behatol a talajba, és levágja a talajszeletet, A–B;
- a talajszelet elválik a talajtól, B–C;

- az ásó megemeli a talajszeletet, C–D;
- az ásó új helyzetbe vonul, miközben a megemelt talajszelet a borítólemezeknek ütközik, D–A. A mozgáspályája segítségével azonosíthatóak az ásón megjelenő erők (3. ábra) [8]:

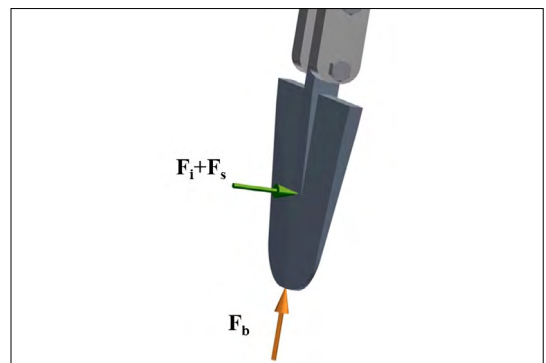
- A–B részen vágóerő: F_b ;
- B–C szakaszon nyíróerő: F_s ;
- C–D szakaszon tehetetlenségi erő: F_p , nyilvánul meg.



1. ábra. MSS-1,40M-ásógép szerelési modellje



2. ábra. Egy ásóél csúcspontjának pályája



3. ábra. Az ásón megjelenő erők

Az erők összefüggései az alábbiak [8], [10]:

$$F_b = 2k_1 A_1 [\sin \beta/2 + \mu \cos \beta/2] + 2\mu k_2 A_2 \text{ [N]}, \quad (1)$$

$$F_s = s l \tau = s l (c + \sigma \tan \varphi) \text{ [N]}, \quad (2)$$

$$F_i = V \rho a_s \text{ [N]}, \quad (3)$$

ahol:

- A_1 az ásóél felülete [m²];
- A_2 az ásó felülete [m²];
- β a vágóél élezési szög [°];
- μ talaj-acél közti súrlódási együttható;
- φ belső súrlódási szög [°];
- k_1, k_2 talajdeformáció-ellenállások [N/m²];
- c kohézió [N/m²];
- σ a talaj felületi feszültsége [N/m²];
- τ nyírószilárdság [N/m²];
- s az ásógép lépése [m];
- l az ásóél hossza [m];
- V a kivágott talajszelet térfogata [m³];
- ρ a talaj-térfogattömeg [kg/m³];
- a_s a kivágott talajszelet gyorsulása [m/s²].

2.2. Az ásást befolyásoló fizikai, mechanikai talajjellemzők

A talaj fizikai, mechanikai jellemzői, amelyek szerepet kapnak az ásás folyamatában, azonosíthatók az (1÷3) egyenletekből:

$$F_b = f(\mu, \phi, k_1(\varphi), k_2(\varphi)) \quad (4)$$

$$F_s = f(\phi, c, \sigma, \tau), \quad (5)$$

$$F_i = f(\rho). \quad (6)$$

Az ásás dinamikájára hatással vannak: a μ talaj-acél közti súrlódási együttható; a ϕ belső súrlódási szög; k_1, k_2 talajdeformáció-ellenállások; a c kohézió; a σ felületi feszültség; a τ nyírószilárdság; a ρ talaj-térfogattömeg.

1. táblázat. A szimulációban alkalmazott talajjellemzők értékei

Talaj-típusok	μ	φ [°]	k_1 [N/m ²]	k_2 [N/m ²]	c [N/m ²]	σ [N/m ²]	ρ [kg/m ³]
Homokos vájog	0,54	29	11,14 · 10 ⁵	23943,31	800	20000	1300
Vájog	0,61	32	10,96 · 10 ⁵	24362,71	1000	20000	1500
Vájogos agyag	0,64	38	10,57 · 10 ⁵	25353,17	1500	20000	1600

A talaj fizikai, mechanikai jellemzői függenek a talaj típusától. Az általunk vizsgált talajtípusok:

- könnyen megmunkálható, homokos vályog;
- közepesen megmunkálható vályog;
- nehezebben megmunkálható vályogos agyag.

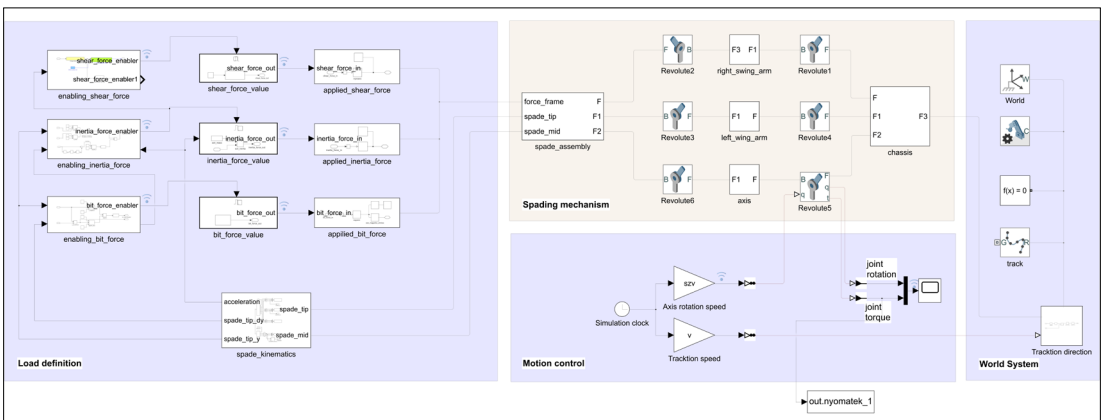
A szakirodalomban megtalálható, talajtípusok jellemzésére alkalmazott fizikai, mechanikai jellemzők értékei az 1. táblázatban találhatóak [11].

Megjegyzés: Könnyen használható, mérhető munkaközeg-jellemző a ρ , talaj-térfogattömeg. A talaj térfogattömege az egységnyi térfogatú természetes szerkezeti állapotú talaj tömege. Mértékegysége: kg/dm³, kg/m³, t/m³. Ezt fogadjuk el fő jellemzőnek.

A szakirodalomban nem találtunk a σ felületi feszültség értékére eltérő adatokat a talajtípusokhoz.

2.3. Ásásmechanikai munka igényének szimulálása

Az ásásmechanikai munka igényét a Simulink-szimuláció segítségével határoztuk meg. Egy ásó Matlab ® Simscape™-modellje a 4. ábrán látható [8].



4. ábra. Egy ásó Matlab ® Simscape™-modellje

A szimuláció az alábbi adatokkal történt:

$v_m = 0,35\text{ m/s}$ munkagép haladási sebessége;
 $\omega = 17,7$ ford/min, hajtótengely-fordulatszám;
 $s = 0,124$ m ásolépés;

$a = 0,3$ m maximális munkamélység mellett a három talajtípusnak megfelelő talajjellemzőket alkalmazva (1. táblázat).

Meghatároztuk az ásás nyomatékigényét a három talajtípusra. A nyomatékok alakulása az 5. ábrán látható.

A vályogos agyag, a nehezebben megmunkálható talaj ásásának nagyobb a nyomatékigénye.

A szimulációval meghatároztuk a hajtótengely egy fordulata alatt az ásásra fordítandó mechanikai munka értékeit a hat áson. Az adatokat a 2. táblázat tartalmazza:

A táblázat adatait a 6. ábra jeleníti meg.

A különböző talajtípusok ásása során változó a mechanikai munkaigény (6. ábra). A vályogos-agyagos talaj ásása nagyobb energiaigénnyel valósul meg.

A grafikonon látható $R^2=0,9833$ korrelációs-együttható-érték igen erős korrelációt mutat a talaj térfogattömege és az ásás energiaigénye között.

A 6. ábrán megjelenített regressziós egyenes egyenlete lehetőséget ad az MSS-1,40M-típusú ásógéppel való ásás energiaigényének meghatározására a talaj-térfogattömeg függvényében:

$$L = 0,12 \rho - 8,92 \text{ [J/ford]}. \quad (7)$$

3. Következtetések

A meghatározott modell leírja a szakirodalomban fellelhető mozgáspályát, így alkalmasnak tekinthető az elméleti vizsgálatok elvégzéséhez.

A valós adatokkal megalkotott ásógép-szerelési modellre épülő, érvényesített SimuLink-szimulációval meghatározott ásás-energiaigény a természetesi technológia kialakításában és a technológiai költségek meghatározásában hasznosítható.

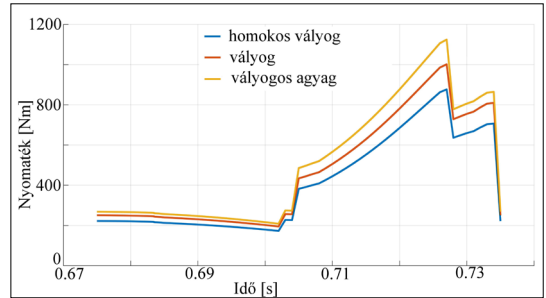
A bemutatott módszert szeretnénk alkalmazni szabadföldön meghatározható fizikai-mechanikai talajjellemzőre is. Így adott talaj megmunkálhatóságának energiaigénye megbecsülhető lehetne szabadföldi talajjellemző-mérés alapján.

Szakirodalmi hivatkozások

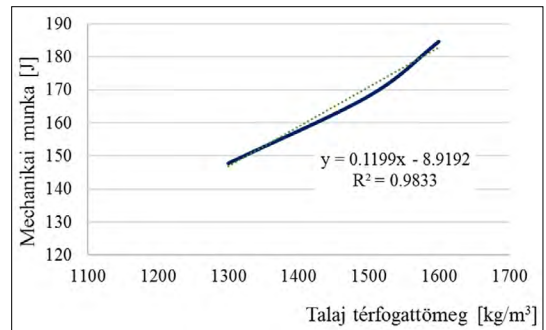
- [1] Giordano D. M., Facchinetti D., Pessina D.: *Te Spading Machine as an Alternative to the Plough for the Primary Tillage*. Journal of Agricultural Engineering, 46/1. (2015) 36–40. doi.org/10.4081/jae.2015.445.
- [2] Cardei P., Nuţescu C., Matache M., Cristea O.: *Optimum Working Conditions for Variable Width Ploughs*. INMATEH Agricultural Engineering,

2. táblázat. Ásók mechanikai munkaigénye

Talajtípusok	ρ (kg/m ³)	Mechanikai munka igény (J/ford)
Homokos vájog	1300	147,7895
Vájog	1500	168,1577
Vájogos agyag	1600	184,6458



5. ábra. Egy ásó nyomatékigénye egy fordulat alatt



6. ábra. Ásásmechanikai munka igénye és a talaj térfogattömegének összefüggése

65/3. (2021)248–254.

<https://inmateh.eu/volumes/volume-65--no-3--2021/article/optimum-working-conditions-for-variable-width-ploughs>.

- [3] Pezzi F.: *Traditional and New Deep Soil Tillage Techniques in Italy*. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 48/1. (2005) 13–17. <https://doi.org/10.13031/2013.17935>.
- [4] Abbaspour-Gilandeh M., Shahgoli G., Abbaspour-Gilandeh Y., Herrera-Miranda M., Hernández-Hernández J., Herrera-Miranda I.: *Measuring and Comparing Forces Acting on Moldboard Plow and Para-Plow with Wing to Replace Moldboard Plow with Para-Plow for Tillage and Modeling It Using Adaptive Neuro-Fuzzy Interface System (ANFIS)*. Agriculture, 10/12. (2020) 633. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120633>.

- [5] Dogra R. Dogra B., Gupta P. K., Sharma B. D., Kumar A.: *Effect of Spade Angle and Spading Frequency of Spading Machine on Specific Soil Resistance and Pulverization*. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 19/1, (2017) 65–73.
- [6] Kokieva E. G., Voinash S. A., Sokolova V. A., Gorbachev V. A., Fedyayev A. A.: *The Study of Soil Mechanics and Intensification of Agriculture*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 548/6. (2020) 1–6.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/6/062036>.
- [7] Saimbhi V., Wadhwa D., Grewal P.: *Development of a Rotary Tiller Blade Using Three-dimensional Computer Graphics*. Biosystems Engineering, 89/1. (2004) 47–58.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.05.011>.
- [8] Forgó Z., Tolvaly-Roşca F., Pásztor J., Kovari A.: *Energy Consumption Evaluation of Active Tillage Machines Using Dynamic Modelling*. MDPI Applied Sciences, 11/14. 6240. (2021).
<https://doi.org/10.3390/app11146240>.
- [9] Brătucu Gh., Pásztor J., Căpăţână I.: *Comparative Researches Regarding the Quality and Efficiency of Germinating Bed Preparing in Greenhouses Through Hoeing and Cutting*. INMATEH - Agricultural Engineering, 31/2. (2010) 63–72.
https://inmateh.eu/INMATEH%20II_2010/9_Bratucu%20Gh.pdf
- [10] Máté M.: *Műszaki mechanika – kinematika*, EME Kiadó, Kolozsvár, 2010. 155–163.
- [11] Sitkei G.: *Soil Mechanics Problems of Agricultural Machines*. Franklin Book Programs, New York, USA, 1976. 22–62.