



# FÜGGESZTETT MUNKAGÉP VONÓERŐRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF A SUSPENDED WORKING MACHINE ON TRACTION FORCE

Pásztor Judit,<sup>1</sup> Miklós Előd,<sup>2</sup> Farnos Rudolf-László,<sup>3</sup> Popa-Müller Izolda,<sup>4</sup>  
Egyed-Faluvégi Erzsébet<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék. Marosvásárhely, Románia, [ppjudit@ms.sapientia.ro](mailto:ppjudit@ms.sapientia.ro)

<sup>2</sup> Knorr-Bremse Fejlesztési és Kutatási Központ. Budapest, Magyarország. [Elod.Miklos@knorr-bremse.com](mailto:Elod.Miklos@knorr-bremse.com)

<sup>3</sup> Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék. Marosvásárhely, Románia, [farnos\\_rudolf@ms.sapientia.ro](mailto:farnos_rudolf@ms.sapientia.ro)

<sup>4</sup> Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék. Marosvásárhely, Románia, [ipmuller@ms.sapientia.ro](mailto:ipmuller@ms.sapientia.ro)

<sup>5</sup> Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék. Marosvásárhely, Románia, [faluvegi.erszebet@ms.sapientia.ro](mailto:faluvegi.erszebet@ms.sapientia.ro)

### Abstract

It is always an aim in agricultural machine operation to understand the tractor-machine-soil relationship precisely. The working machine is often connected to the tractor with a three-point linkage system. The three-point linkage system coordinates the movement of the tractor-work machine group, increases the traction force, and also enables the adjustment of the coupled work machine. Understanding how it works is very important. In this paper, we examine the effect of the connection points of the three-point linkage system on the change in the adhesion weight force in a specific case, in the case of U532DT tractor and PP2-30 suspended plough.

**Keywords:** three-point linkage system, adhesion force, traction force, suspended plough.

### Összefoglalás

Mindenkori törekvés a mezőgazdasági gépüzemeltetésben a traktor – munkagép – talaj kapcsolat pontos megismerése. A munkagép a traktorhoz gyakran hárompont-függesztő berendezéssel kapcsolódik. A hárompont-függesztő berendezés az erőgép – munkagép – gépcsoport mozgását összehangolja, növeli a vonóerőt, és a kapcsolt munkagép beállítását is lehetővé teszi. Működésének megértése nagyon fontos. A dolgozatban vizsgáljuk a hárompont-függesztő berendezés bekötési pontjainak hatását az adhéziós súlyerő változására egy sajátos esetben, az U532DT és PP2-30, függesztett ágyeke esetében.

**Kulcsszavak:** hárompont-függesztő berendezés, adhéziós súlyerő, vonóerő, függesztett ágyeke.

## 1. Bevezetés

### 1.1. Mezőgazdasági erőgép vonóereje

A traktor a mezőgazdaság energiaforrása, feladata a munkagép vontatása és működtetése. Egy traktor vonóerejének jó kihasználása, a vonóerő növelése hozzájárul a mezőgazdasági környezet-terhelés csökkentéséhez [1], [2]. A vonóerő az

erőgép hajtott kerekein megjelenő tapadási erő. Maximális értéke a talaj és a hajtott kerekek közti felületek minőségétől és a kerékterheléstől függ:

$$F_{vmax} = \mu \cdot G_{adh} \text{ [N]}, \quad (1)$$

ahol:  $\mu$  tapadási tényező;  $G_{adh}$  adhéziós súlyerő [N].

Az adhéziós súlyerő a traktor hajtott kerekeire nehezedő súlyerő. Általában a traktor súlyere-

jének 2/3-át tekintik adhéziós súlyerőnek [3], de négykerék-meghajtás esetén a traktor teljes súlyereje adhéziós súlyerő.

A maximális vonóerő növelhető a tapadási tényező és az adhéziós súlyerő növelésével. Az adhéziós súlyerő növelésének több lehetősége is van. Jelen dolgozatban az erőgépre függesztett munkagép pótsúlyzó hatását vizsgáljuk.

A dolgozatban tanulmányozzuk, mérjük a függesztett munkagép tömegének ráterhelődését a hajtott kerékre. Ez növeli az adhéziós súlyerőt, így vontatásnál vonóerő-növelést vált ki. A munkagép függesztése az erőgépre a hárompont-függesztő berendezéssel történik.

## 1.2. Vonóerő meghatározásának módszerei

A vonóerőt mérőeszközzel közvetlen módon mérjük, vagy indirekt módon meghatározzák [4].

### 1.2.1. Direkt, közvetlen mérési módszerek

Direkt módon, munka közben megmérjük a szerszám különböző pontjain fellépő erőket, és abból határozzák meg a vonóerőt. Ez történhet:

- laboratóriumi körülmények közötti méréssel;
- szabadföldi körülmények közötti méréssel.

A laboratóriumi mérések mérővályuban történnek. A mérővályú főbb részei: talajt modellező talajtartály, két oldalán sínekkel; a síneken mozog a talajművelő szerszám tartója; energiaforrás és hajtásrendszer, amely az erőgépet modellezi; mérő/adatgyűjtő és elemzőrendszer. A mérővályú nagy méretű, nagy a helyigénye, és magas a beruházás költsége.

A szabadföldi mérésekhez erőmérő keretet használnak. Az erőmérő keretet a függesztett munkagép és a traktor hárompont-függesztő berendezése közé helyezik. Az erőmérő keretre erőmérő szenzorokat rögzítenek, amelyek mérik a vízszintes síkban a vonóerőt/vontatási ellenállást és a függőleges síkban az emelő-/terhelőerőket. Az erőmérő keret mérete nagy, robusztus. Általában minden kutatóközpont, gyár elkészíti a saját erőmérő keretét. Kereskedelembe nem kapható.

### 1.2.2. Indirekt, közvetett meghatározási módszer

Indirekt, közvetett módon, kísérleti körülmények között méréseket végeznek, és ezekből az értékekből következtetnek a munka közbeni tényleges vonóerőre.

A hárompont-függesztő berendezéssel kapcsolt munkagép az adhéziós súlyerő növelésével vonóerő-növelést vált ki [4]. Így a függesztett munkagépen mért erők alkalmasak lehetnek a vonóerő

rő változásának indirekt meghatározására. Dinamikai modellezéssel feltárhatóak a gépcsoportra ható, a jelenség szempontjából lényeges erők. Az erők elemezhetőek, és ez alapján kiválaszthatóak a vonóerőt befolyásoló tényezők [5].

## 2. A vizsgálat

### 2.1. A vizsgálat elméleti háttere

Függesztett munkagép tömegének egy része ráterhelődik az erőgépre, így hatást gyakorol a  $G_{adh}$  adhéziós súlyerőre, közvetve a vonóerőre. Megvizsgáljuk egy függesztett munkagép pótsúlyzó hatását.

A méréseket az U523DT univerzális kertészeti traktor és PP2-30 függesztett, két eketestes ágyekegécsoporton végezzük. Ez a vizsgálat a gépcsoport álló helyzetében is elvégezhető.

Dinamikai modellezéssel feltárjuk a gépcsoportra ható, a jelenség szempontjából lényeges erőket.

Az erőgépfüggesztett ekegécsoport függőleges síkjában levő erők egyensúlyban vannak [6]:

$$R_E + R_H - G_T - G_E + R_K = 0 \text{ [N]} \quad (2),$$

ahol:

- $R_E$  és  $R_H$  az erőgép kerekei alatti talajellenállások [N];
- $G_T$  a traktor súlya [N];
- $G_E$  az eke súlya [N];
- $R_K$  a mélységhatároló kerék alatti talajellenállás [N].

A szántás nagy vonóerőt igényel, emiatt az erőgépen többnyire a 4×4-es hajtást alkalmazzák, így a (2) összefüggés segítségével számolható a  $G_{adh}$ :

$$G_{adh} = R_E + R_H = G_T + G_E - R_K \text{ [N]}. \quad (3)$$

A (3) összefüggés rámutat arra, hogy a függesztés során az  $R_K$  erő befolyásolja a  $G_{adh}$  értékét.

Tehát a függesztett munkagép mélységhatároló kereke alatt jelentkező ellenálló erő alkalmas a vonóerő-változás jellemzésére.

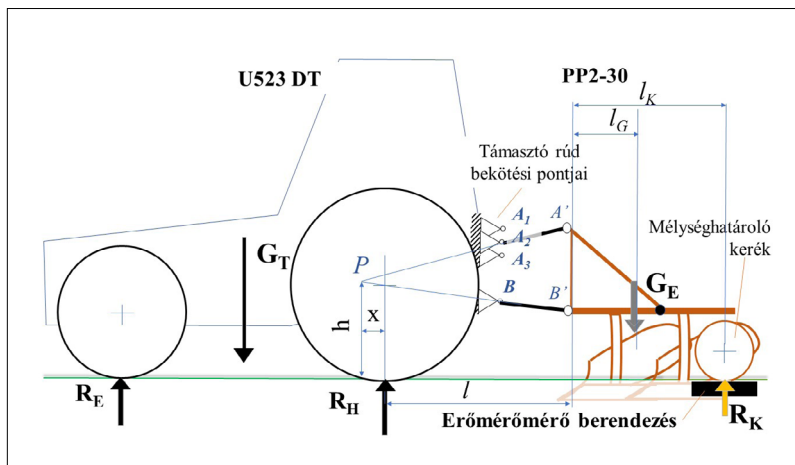
Az  $R_K$  erő vizsgálatához, elemzéséhez felírjuk a  $P$  függőleges pillanatnyi forgáspontban az ekére ható erők nyomatóéki egyensúlyát [5]:

$$-R_K \cdot (x + l_K + l) + G_E \cdot (x + l + l_G) = 0, \quad (4)$$

ahol: az  $x$  a  $P$  pillanatnyi forgáspont távolsága a kerék középpontjától [m]; az  $l_K$ ,  $l$ ,  $l_G$  távolságok az 1. ábrán megfigyelhetők [m].

A (4) összefüggés segítségével kiszámolható az  $R_K$  talajellenállás:

$$R_K = \frac{G_E \cdot (x + l + l_G)}{(x + l_K + l)} \text{ [N]}. \quad (5)$$



**1. ábra.** Erőgépfüggesztett munkagép dinamikai modellje

Az (5) összefüggés rámutat arra, hogy az  $R_K$  nagyságát befolyásolja az  $x$  távolság. Az  $x$  távolság nagyságát a hárompont-függesztő berendezés bekötési pontja befolyásolja (1. ábra).

## 2.2. A vizsgálat módszere

Feltételezzük, hogy a függesztőberendezés felső támasztórúdjának bekötési pontjai hatással vannak a  $G_{adh}$  adhéziós súlyerőre.

Mérjük a mélységhatároló kerék alatti talajellenállást három esetben, a függesztőberendezés felső támasztórúdjának három bekötési pontjában:  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  pontokban (1. ábra).

### 2.3. A mérőeszköz

A mérőberendezés tulajdonképpen egy lapmérleg, amelyet a mélységhatároló kerék alá helyezünk. Felépítése a **2. ábrán** követhető:

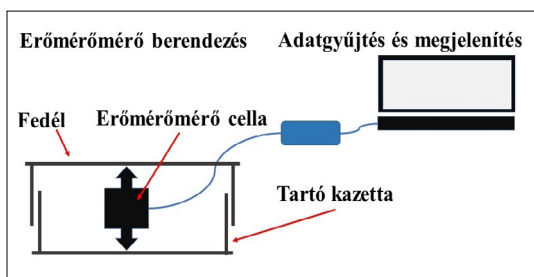
- mechanikai rész: tartókazetta, fedél;
- elektronikai rész: vezérlő-adatgyűjtő, kijelző, nyomtatott huzalozású lemez, gombok;
- erőmérő szenzor.

## 2.4. A mérések

A méréseket a Sapientia EMTE Marosvásárhelyi Kar Gyógynövénykertjében végeztük 2022 júniusában.

A mérések megkezdése előtt a traktor-ekke gépcsoportot összeillesztettük, és az ekén beállítottuk a hosszirányú vízszinteséget a felső támasztókar csavarorsójával; a keresztirányú vízszinteséget a függesztőrudak hosszával; a munkamélységet a mélységhatároló kerék segítségével 21-cm-re.

A traktor-eke gépcsoport üzemelés közbeni állapota az **3. ábrán** látható. A traktor jobb oldali kereke a már korábban kiszántott barázda alján



**2. ábra.** A mérőberendezés elvi felépítése



**3. ábra.** *A mérés helyszíne*

halad. Emiatt a traktor tengelye nem vízszintes, erre odafigyeltünk a mérési körülmények kialakítása során is.

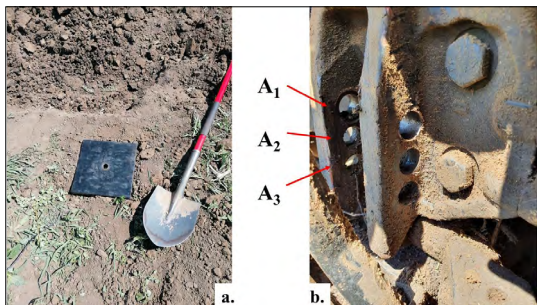
Kialakítottuk az eketestek helyét 21 cm mélységben. Próbahúzásokkal meghatároztuk a mélység-határoló kerék helyét, és ott a mérőberendezést a talajfelszínig beáztuk (4.a. ábra).

A mérőberendezést ismert tömeggel kalibráltuk. A függesztőberendezés felső támasztókarját az  $A_1$  pontban rögzítettük, (4.b. ábra).

A gépcsoporttal a kialakított mérési helyszínre közelítettünk. Az ekét óvatosan a mérőberendezésre engedtük (5. ábra).

A kijelzőn megjelent a mélységhatároló kerék alatti talajellenállási erő. A megjelenő adatokat lejegyeztük. Az ekét felemeltük a mérőberendezésről, és az átkötési helyre álltunk a gépcsoporttal.

A felső támasztórúdhoz az  $A_2$  bekötési pontba helyeztük (4.b. ábra), és a mérést elvégeztük, majd az  $A_3$  bekötési pont esetében is hasonlóan jártunk el. A méréssorozatot megismételtük.



4. ábra. Mérés körülményei: a) Beáztatott mérőberendezés, b) Bekötési pontok



5. ábra. Mérés a mérőhelyen

1. táblázat. Mérési adatok átlagai

|                 | I. mérés |        |         | II. mérés |        |        |
|-----------------|----------|--------|---------|-----------|--------|--------|
| Bekötési pontok | $A_1$    | $A_2$  | $A_3$   | $A_1$     | $A_2$  | $A_3$  |
| $R_K$ átlagok   | 1002,93  | 978,27 | 1028,23 | 904,87    | 849,33 | 952,53 |
| s, szórás       | 0,12     | 0,48   | 9,11    | 2,79      | 1,38   | 3,69   |

## 2.5. A mérési adatok feldolgozása

A mérési adatok átlagait az 1. táblázat ismerteti. Az adatokat megjelenítettük (6. ábra).

A bekötési pontok és a mélységhatároló kerék alatt jelentkező talajellenállás között közepes korreláció mutatható ki  $R_I = 0,5$ ,  $R_{II} = 0,48$  [7].

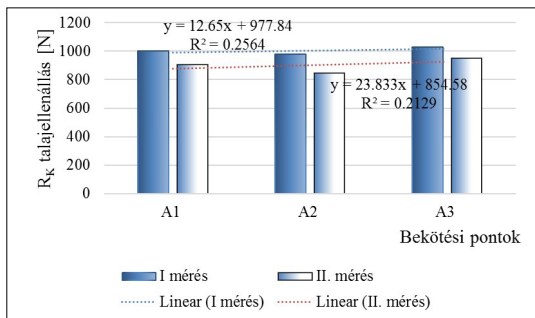
Az alsó,  $A_3$  bekötési pontban a legnagyobb a mélységhatároló kerék alatt jelentkező talajellenállás, mindkét mérés esetében. A nagy talajellenállás azt jelenti, hogy az eke támaszkodik a talajon, így kevesebb az erőgép hajtott tengelyére nehezedő súlya, kisebb a függesztett PP2-30-munkagép pótsúlyzó hatása.

Hipotézisvizsgálattal ellenőriztük, hogy a bekötési pontok hatással vannak a mélységhatároló kerék alatt jelentkező talajellenállásra,  $p = 0,1$  szinten. [7]

A (3) összefüggéssel számolt  $G_{adh}$  értékeit függesztett munkagéppel és munkagép nélküli változatokban a 2. táblázat foglalja össze, és a 7. ábra jeleníti meg.

Az összefüggésekben használt gépadatok: a traktor súlyereje  $G_T = 27566,1$  N, az eke súlyereje  $G_{eke} = 2452,5$  N.

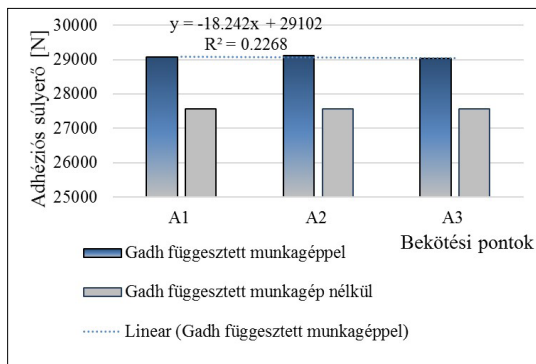
A függesztett munkagép növeli a  $G_{adh}$  értékét, így vonóerő-növelő hatása van. A pótsúlyzó hatást hipotézisvizsgálattal ellenőriztük, a különbség igen jelentős  $p = 0,1$  szinten [7].



6. ábra. Mélységhatároló kerék alatti talajellenállás függesztett PP2-30 esetén

2. táblázat. Függesztett PP2-30 munkagép vonóerő-növelő hatása

| Bekötési pontok                       | $A_1$    | $A_2$    | $A_3$    |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|
| $R_K$ átlagok                         | 953,90   | 913,80   | 990,38   |
| $G_{adh}$ függesztett munkagéppel     | 29064,70 | 29104,80 | 29028,22 |
| $G_{adh}$ függesztett munkagép nélkül | 27566,10 | 27566,10 | 27566,10 |
| Vonóerő növelés %                     | 5,44     | 5,58     | 5,30     |



7. ábra. Adhéziós súlyerő változása a függesztett munkagép és a bekötési pontok hatására

### 3. Következtetések

Méréssel igazoltuk, hogy a függesztett munkagép növeli az adhéziós súlyerőt, így közvetve hatással van a vonóerőre.

Igazoltuk, hogy a hárompont-függesztő berendezés bekötési pontjai befolyásolják az adhéziós súlyerő nagyságát. Az alsó bekötési pont a legkisebb pótsúlyzó hatást váltja ki, itt a legkisebb a vonóerőre gyakorolt hatás.

A mérési adatok tendenciája igazolja, hogy a felső bekötési pontban várható a legnagyobb pótsúlyzó hatás. A mérés eredményeit befolyásolták a mérés körülményei: a mérőhelyszín előkészítése, az eke ráhelyezése a mérőberendezésre, a bekötési pontok a munkagép vízszinteségére való hatása. Ezzel magyarázható, hogy a mérési adatok nagy szórást mutatnak, és a középső bekötési pontban eltértek a várt értékektől.

A PP2-30 függesztett munkagép átlagosan 5,44 %-os vonóerő-növelést eredményez a méréseink alapján.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Matache M. G., Cristea M., Găgeanu I., Zapciu A., Tudor E., Carpus E., Popa L. D.: *Small Power Electric Tractor Performance During Ploughing Works*. In: INMATEH – Agricultural Engineering, 6/1. (2020) 123–128.  
<https://doi.org/10.35633/inmateh-60-14>
- [2] Cârdei P., Nuțescu C., Matache M., Cristea O.: *Optimum Working Conditions for Variable Width Ploughs*. In: INMATEH – Agricultural Engineering, Vol. 65 (3). (2021). 248–254.  
<https://doi.org/10.35633/inmateh-65-26>.
- [3] Vasilache L., Nastasoiu M., Nastasoiu S., Ispas N., Simeon C.: *Researches on the Mathematical Modeling of the Kinematics of Three-Point Hitch Couplers Used at Agricultural Tractors*. In: CONAT 2010 International Automotive Congress, Braşov, Romania, CONAT 5011. (2010). 47–54.  
<https://hdl.handle.net/123456789/149>
- [4] Kumar G. V. P.: *Geometric Performance Parameters of Three-Point Hitch Linkage System of a 2WD Indian Tractor*. Research in Agricultural Engineering, 61/1. (2015) 47–53.  
<https://doi.org/10.17221/79/2012-RAE>
- [5] Pásztor J., Popa-Müller I.: *Study of Three-Point Linkage of Power Machine*. In: Műszaki Tudományos Közlemények, Vol. 14. (2021). 60–64.  
<https://doi.org/10.33895/mtk-2021.14.09>
- [6] Máté M.: *Műszaki mechanika – kinematika*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2010.  
<https://doi.org/10.36242/mtf-10>
- [7] Harangus K., Kakucs A.: *Valószínűségszámítás és statisztika a mérnöki gyakorlatban*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2021.  
<https://doi.org/10.36242/mtf-15>.