

# RÉTEGVONAL MENTI SZÁNTÁS DINAMIKAI SAJÁTÓSÁGAI

## THE DYNAMIC PARTICULARITIES OF CONTOUR PLOUGHING

Pásztor Judit,<sup>1</sup> Popa-Müller Izolda<sup>3</sup>

*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, Románia*

<sup>1</sup> [pjudit@ms.sapientia.ro](mailto:pjudit@ms.sapientia.ro)

<sup>2</sup> [ipmuller@ms.sapientia.ro](mailto:ipmuller@ms.sapientia.ro)

---

### Abstract

The plough is the basic machine for soil work. It is usually connected to the tractor by means of a suspension system. The suspension system is a bar-shaped arm system fixed to the tractor frame, which fixes and raises the attached machine in three points. Its role is significant. Single-sided ploughing on slopes creates some special situations. This phenomenon was observed during a plowing competition and in this paper we look for solutions related to this topic.

**Keywords:** *Ploughing, plough, contour line on slope, dynamics.*

### Összefoglalás

Az ágyeke a talajmégmunkálás alapmunkájának, a szántásnak az alapgépe. Az ágyeke az erőgéphez általában a hárompont-függesztő berendezés segítségével van kapcsolva. A függesztőszerkezet a traktor vázához rögzített, rudakból álló karrendszer, amely három pontban rögzíti és emeli a csatolt munkagépet. Szerepe jelentős. A lejtőn való szántás ágyekével néhány sajátos helyzetet teremt. Ezeket a jelenségeket egy szántóverseny alkalmával figyeltük meg, és erre keressük a válaszokat ebben a dolgozatban.

**Kulcsszavak:** *szántás, ágyeke, rétegvonal, dinamika.*

---

## 1. Bevezetés

A terepen való rétegvonal menti szántás megfigyelése során azt tapasztaltuk, hogy a barázda emelkedőre való fordítása során az erőgép járása nyugodtabb, az erőgép vezetője könnyen tartja az irányt. A barázda lefele való borítása során az erőgép vezetője nem tudja tartani az irányt, az erőgép nagyon nehezen kormányozható. A jelenséget egy szántóverseny során figyeltük meg, a legtöbb gépcsoportnál hasonló volt a helyzet. Erre a jelenségre kerestünk választ.

Valószínűsíthető, hogy a versenyen a versenyzők a lehető legjobb gépbeállítással és gépállapottal szántanak.

Feltételeztük, hogy a jelenséget a lejtőn való rétegvonal menti helyzettől származó új erők okozzák. Ezek az erők az erőgép-munkagép kapcsolatot megvalósító hárompont-függesztő berendezés által nyilvánulnak meg.

### 1.1. A hárompont-függesztő berendezés és szerepe a függesztett munkagép üzemeltetése során

A hárompont-függesztő berendezés segítségével a munkagépet az erőgéphez kapcsolják.

Szerepe van az erőgép-munkagép gépcsoport üzemeltetésében, a vontatásban, a vonóerő nö-

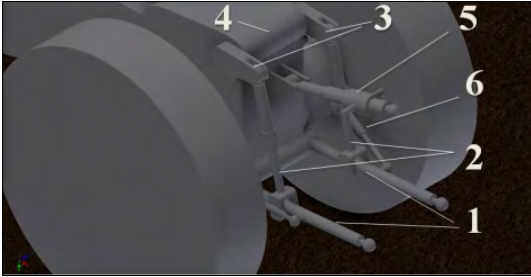
velésében, és általa a csatolt munkagép néhány fontos beállítása is megtörténik.

A hárompont-függesztő berendezés részei egy karrendszer és egy emelőszerkezet.

A karrendszer alapját két alsó vonókar (1) képezi. Ehhez csatlakozik két függesztőrúd (2) és két emelőkar (3). Ez utóbbiakat a (4) emelőtengely köti össze. A szerkezet része az (5) felső támasztórúd. Az alsó vonókarokhoz a (6)-os feszítőelemek rögzülnek (1. ábra).

Az emelőszerkezet részei a hidraulikaszivattyú, vezérlőszелеp és egy hidraulikus munkahenger. A munkahenger elforgatja a 4-es emelőtengelyt.

A hárompont-függesztő berendezés egy térbeli karos mechanizmusnak tekinthető (2. ábra). A függesztő berendezés feladata egytengelyesíteni az erőgép-munkagép gépcsoportot.



1. ábra. A hárompont-függesztő berendezés felépítése

Az alsó vonókarok traktor eleje irányában való meghosszabbításai a PFH pontban metszik egymást, ez a vízszintes pillanatnyi forgáspont (2. ábra). Javasolt, hogy a PFH vízszintes pillanatnyi forgáspont a traktor középvonalában legyen. A feszítőláncok hosszának változtatásával elérhető, hogy a vízszintes síkban megvalósuljon ez a feltétel.

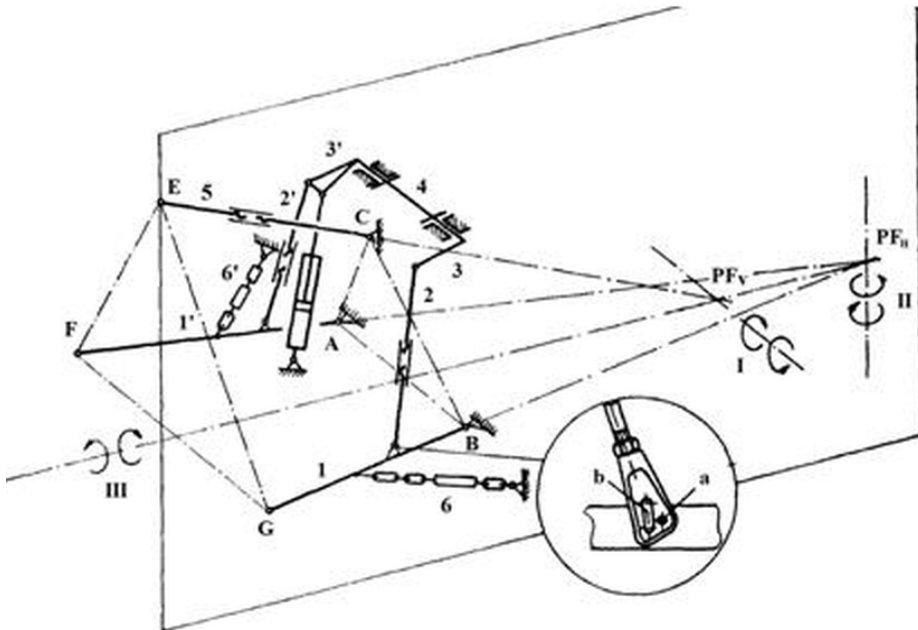
A felső támasztórúd és az alsó vonókarok síkja a PFV függőleges pillanatnyi forgáspontban találkoznak. Itt érvényesül az erőgép vonóereje. Javasolt, hogy ez a pont vontatáskor a traktor hosszanti középvonalában legyen.

A karok hosszának csavarorsóval való változtatásával a vontatás és munkavégzés során jelentkező erők pillanatnyi forgáspontja áthelyezhető. Így a vontatás közben fellépő erők kiegyensúlyozódnak.

## 1.2. A függesztett ágyeke és a ráható erők

Az ágyeke a talaj forgatását biztosító munkagép. Munkája közben függőlegesen és vízszintesen kivágja a talajt, megemeli és jobb oldalra fordítja, elszállítva a talajt eredeti helyéről.

Az eke akkor dolgozik helyesen, ha az ekevasak párhuzamosak a talajfelszínnel, mindegyik ekevas ugyanabban a mélységben dolgozik. Ezt a

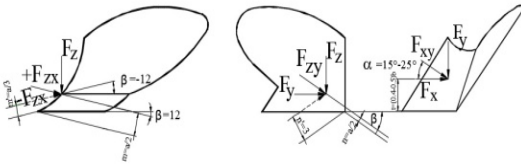


2. ábra. Hárompont-függesztő berendezés mechanizmusa [1]

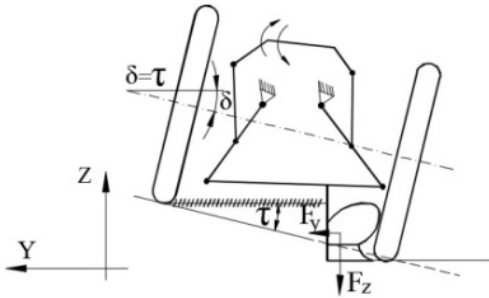
hárompont-függesztő berendezés megfelelő beállításával érjük el.

Az eketesten jelentkező erők (3.ábra):

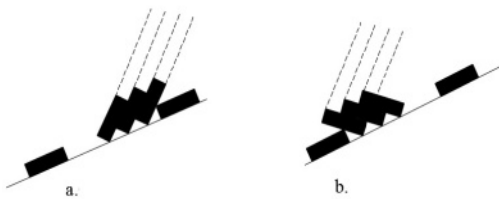
$$\underline{F} = \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -k_0 \cdot a \cdot b \cdot n \\ F_x \operatorname{tg} \alpha \\ -F_x \operatorname{tg} \beta \end{bmatrix} \quad (1)$$



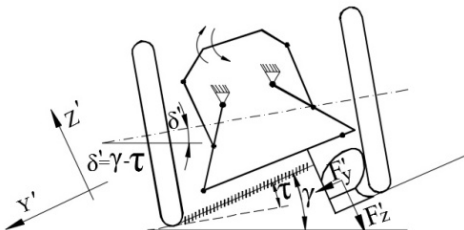
3. ábra. Az eketestre ható erők [2]



4. ábra. Eketest és erőgép helyzete szántás során



5. ábra. Barázdaátfordítás esetei rétegvonal menti szántás esetén: a) barázda emelkedőre borítása, b) barázda lejtőre borítása



6. ábra. Gépcsoport helyzete barázda emelkedőre borítása során

ahol:  $k_0$  a talaj fajlagos ellenállása  $[N/m^2]$ ;  $a$  a szántás mélysége  $[m]$ ;  $b$  az eke munkaszélessége  $[m]$ ;  $\alpha, \beta$  a kormánylemez helyzetszögei  $[^\circ]$ .

Szántás közben az erőgép jobb oldali kerekei az előző fogásban kiemelt barázda helyén haladnak, emiatt egy  $\delta$  dőlésszög jellemzi az erőgép tengelyét. Ezt a dőlésszöget sík területen a kerekek helyzete határozza meg (4. ábra).

## 2. A függesztett ágyeke rétegvonal menti üzemeltetésének sajátosságai

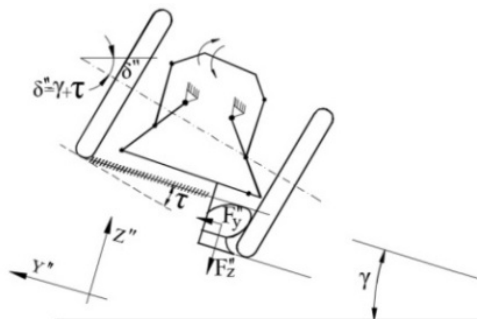
Az ágyeke munka közben összeszántja vagy szétszántja a barázdákat. Így a rétegvonal menti szántás során az eke a barázdát felfelé, az emelkedőre fordítja, míg a következő fogásban az eke a barázdát lefelé, a lejtőre fordítja (5. ábra). A csapadék jobb elraktározása és a talajerózió csökkentése érdekében a barázdák fordítása felfelé, az emelkedőre javasolt. A barázdák csak emelkedőre való borítása sok üresjárattal valósítható meg, emiatt elkerülhetetlen a lejtőre borítás is.

### 2.1. Matematikai modellek meghatározása

#### 2.1.1. Az eketesten jelentkező talajellenállások modellezése

Az erőgép helyzete a rétegvonal menti szántásnál módosul, így a tengely  $\delta$  dőlésszöge is módosul.

Mivel az eke a  $\gamma$  szögű emelkedő rétegvonal mentén dolgozik, a barázda felfelé és lefelé borításánál az eketesten megjelenő talajellenállás is változik. Ezt a koordináta-rendszer elforgatásával számszerűsítjük, [3], [4]. Az elfordítást leíró koordináta-rendszer szabadon választható, a legegyszerűbb úgy tekinteni, hogy az eketestek az  $OX$  tengely mentén elfordulnak a  $\delta$  és  $\delta'$  dőlésszögekkel, (6. ábra és 7. ábra).



7. ábra. Gépcsoport helyzete barázda lejtőre forgatása során

Az eke emelkedőre forgatásakor a **6. ábrán** látható erőjáték keletkezik:

A transzformáció homogén mátrixa,  $M_x$  a következő:

$$M_x' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \delta' & -\sin \delta' & 0 \\ 0 & \sin \delta' & \cos \delta' & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

ahol:  $\delta'$  az emelkedőre borítás során a tengely dőlésszöge. Értéke az (3) összefüggéssel számolható:

$$\delta' = \tau - \gamma, \quad (3)$$

Az eketestekre ható kényszererők új értékeit vesznek fel, melyeket az alábbi mátrixtranszformációval számolunk:

$$F' = L_x' \cdot F, \quad (4)$$

ahol  $L_x'$  az  $M_x'$  mátrix forgató almátrixa,

$$L_x' = \begin{bmatrix} F'_x \\ F'_y \\ F'_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \cos \delta' - F_z \sin \delta' \\ F_y \sin \delta' + F_z \cos \delta' \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Az eke lejtőre forgatás során a **7. ábrán** látható. A transzformáció homogén mátrixa ebben az esetben  $M_x''$ :

$$M_x'' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \delta'' & \sin \delta'' & 0 \\ 0 & -\sin \delta'' & \cos \delta'' & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

ahol:  $\delta''$  a lejtőre borítás során, a tengelyen jelentkező dőlésszög. Értéke a (7) összefüggéssel számolható.

$$\delta'' = \tau + \gamma. \quad (7)$$

Az eketestekre ható kényszererők új értékei:

$$F'' = L_x'' \cdot F, \quad (8)$$

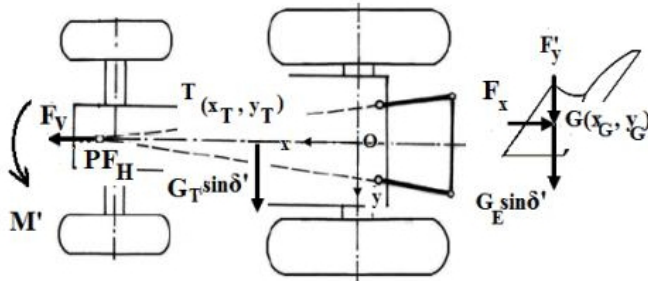
ahol  $L_x''$  az  $M_x''$  mátrix forgató almátrixa,

$$L_x'' = \begin{bmatrix} F''_x \\ F''_y \\ F''_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \cos \delta'' + F_z \sin \delta'' \\ -F_y \sin \delta'' + F_z \cos \delta'' \end{bmatrix}. \quad (9)$$

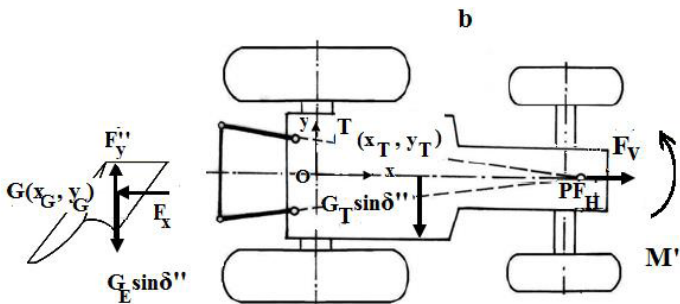
### 2.1.2. Nyomatékmodellek meghatározása

Amint az (5) és (9) összefüggések mutatják, a rétegvonal menti mozgás az eredeti beállításhoz képest megváltozott nagyságú oldalirányú erőket jelent, emiatt a síkfelületre állított eke  $PF_H$  vízszintes pillanatnyi forgáspontjában nyomaték ébred.

A nyomatékegyenletet az erőgép hátsó tengelyének  $O$ -val jelzett középpontjára írjuk, mert erre ismertek az egyenletben használandó koordináták.  $M'$  az emelkedőre borításnál jelentkező nyo-



8. ábra. A gépcsoporton jelentkező erők az emelkedőre forgatáskor



9. ábra. A gépcsoporton jelentkező erők a lejtőre forgatáskor

maték a pillanatnyi forgáspontban. A nyomaték irányát a gyakorlati tapasztalat alapján feltételeztük (8. ábra).

$$x_G G \sin \delta' + F_x y_G + F_y' x_G - x_T G_T \sin \delta' - M' = 0, \quad (10)$$

ahol:  $(x_G, y_G)$  az eke tömegközéppontjának koordinátái, [m];  $G$  az eke súlya, [N];  $(x_T, y_T)$  a traktor tömegközéppontjának koordinátái, [m];  $G_T$  a traktor súlya, [N].

$$M' = x_G G \sin \delta' + F_x y_G + F_y' x_G - x_T G_T \sin \delta' \quad (11)$$

A barázda lejtőre való borítása során az erők a PFH vízszintes pillanatnyi forgáspontban nyomatókat hoznak létre, amely irányát a tapasztalt jelenségek alapján adtuk meg és a 9. ábrán szemléltettük.

$$-x_G G \sin \delta'' + F_x y_G + F_y'' x_G + x_T G_T \sin \delta'' - M'' = 0 \quad (12)$$

$$M'' = -x_G G \sin \delta'' + F_x y_G + F_y'' x_G + x_T G_T \sin \delta'' \quad (13)$$

A jelenséget magyarázó forgatóhatások az eke és az erőgép súlyától, és közvetve a munkamélységtől és a munkaszélességtől függenek (11), (13):

$$M' = f(G, G_T, y_G, F_y', F_x) = f(G, G_T, a, b)$$

$$M'' = f(G, G_T, y_G, F_y'', F_x) = f(G, G_T, a, b)$$

## 2.2. A jelenség elemzése

A matematikai modellek alapján ábrázoltuk a tanulmányozott két esetben a nyomatók alakulását a munkamélység és munkaszélesség függvényében (10. ábra, 11. ábra).

A használt adatok a PP3-30 eke méretei:  $b=3 \times 0,3$  m; súlya  $G=5000$  N; az eke tömegközéppontjának koordinátái:  $x_G=1,7$  m,  $y_G=0,3$  m. Fajlagos talajellenállás szántásnál középkitöltött talajon  $k_s=50000$  N/m<sup>2</sup>-nek tekinthető [1]. Az erőgép tömegét 3500 kg-nak, az erőgép tömegközéppontjának koordinátái  $x_T=0,5$  m,  $y_T=0$  m, a lejtő szögét 30°-osnak tekintjük. Szakirodalmi utalások alapján [2]  $F_y \approx 0,33F_x$ ,  $F_z \approx 0,2F_x$ .

## 3. Következtetések

A barázda emelkedőre borítása során az erőgép járása nyugodtabb, az erőgép vezetője jól tartja az irányt, mert az erőgép jobb oldali kerekei megtámaszkodhatnak a barázdafalon, így a keletkező nyomatók egy részét a barázdafal felveszi.

A barázda lejtőre való borítása során nagyobb forgatóhatás jelentkezik. Az erőgép jobb oldali kerekei nem támaszkodnak a barázdafalon, az így keletkező nyomatókat teljes egészében a kormány szerkezet veszi fel, emiatt az erőgép vezetője nehezen tartja az irányt.

A munkamélység növelése mindkét esetben növeli a keletkező nyomatókat. A munkaszélesség csökkentése csökkenti a keletkező nyomatók nagyságát rétegvonal menti szántás során.

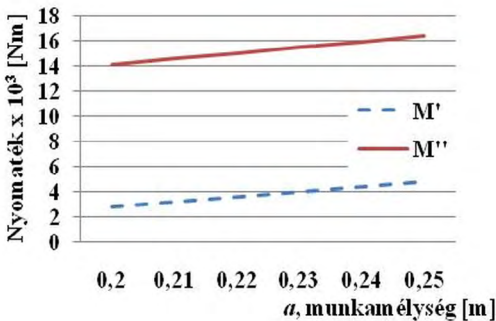
A tapasztalt jelenségek felhívják a figyelmet az ekék pontos beállításának fontosságára.

A matematikai modellek magyarázzák a jelenséget, alkalmasak további kutatásokra.

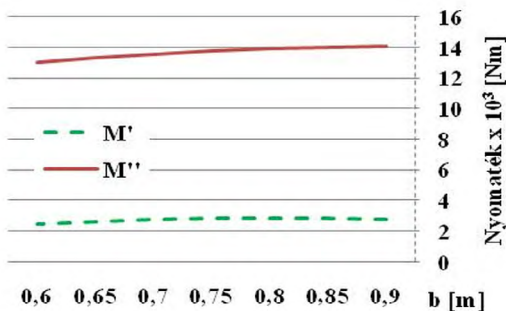
## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Ormenişan A. N.: *Theoretical and Experimental Research Concerning the Influence of Automatic Control Systems of the Tractor Linkage Mechanisms on the Dynamics and Energetics of Ploughing Units*, UTBv, 2014. 19–37. (letöltve 2018. január 24.)

<http://old.unitbv.ro/Portals/31/Sustineri%20de%20doctorat/Rezumat2014/OrmenisanAlexe.pdf>



10. ábra. Szántási mélység hatása a nyomatókértékekre



11. ábra. Szántási szélesség hatása a nyomatókértékekre

- [2] Szendrő P.: *Mezőgazdasági gépszerkezettan*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 2000. 79–82.
- [3] Máté, M.: *Műszaki mechanika – kinematika*. EME Kiadó, Kolozsvár, 2010. 155–163.
- [4] Tolvaly-Roşca F., Papp I.: *Kinematic Analysis of 2 DoF Spherical Mechanism Applying Constraint Equations*. MACRO, Marosvásárhely, Románia, 2015. 235–240. (letöltve 2018. január 24.)  
<https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/macro.2015.1.issue-1/macro-2015-0023/macro-2015-0023.pdf>