

Laboratóriumi talajvályús mérőberendezés fejlesztése

Pásthly László, MSc, doktorandusz hallgató

Dr. Farkas Zsolt, PhD, egyetemi adjunktus

Dr. Tamás Kornél, PhD, egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gép- és Terméktervezés Tanszék

Napjainkban a népességnövekedés és az élelmiszerválság miatt egyre nagyobb szerepet kap a fenntartható mezőgazdasági élelmiszertermelés. A növekvő minőségi és mennyiségi igények kielégítéséhez folyamatosan egyre hatékonyabb termelés-technológiák kifejlesztésére és bevezetésére van szükség. A termésmennyiséget nagymértékben befolyásolja többek között a talajművelés minősége, amely precíziós talajművelési technológiák alkalmazásával jelentősen javítható. Ezen talajművelési technológiák bevezetését kutatások és kísérletek előzik meg, amelyek hatékony eszköze a talajvályús mérőberendezés.

A talajvályús mérőberendezéssel végzett mérések során egy bizonyos típusú talajjal feltöltött, hosszirányban nagyobb kiterjedésű tároló felett egy mérőkocsit mozgatnak lineárisan, amire rögzítve van egy vagy több próbatest. A próbatest lehet a tényleges szerszám, vagy annak egy kicsinyített, esetleg egyszerűsített modellje. Mindeközben méri a próbatestre ható erőt, a szerszám elmozdulását, valamint egyéb, kísérletspecifikus paramétereket. A talajvályús mérőberendezések méretük alapján csoportosíthatók.

A nagyméretű (akár száz méter hosszú) talajvályúk 1:1-hez méretarányú szerszámmodellek és tényleges talajművelő szerszámok tesztelésére alkalmasak, és általában szabad téren, mezőgazdasági kutatóközpontok területén találhatók. Ilyen például az Egyesült Államokban, Alabamában található 76,2 m hosszú, 6,1 m széles, 0,61 m mély talajvályú, ahol a mérőkocsikat magajáró, belső égésű motoros erőgépek mozgatják [1].

A közepes méretű (20-30 m hosszú) talajvályúk alkalmazhatók valós méretű és

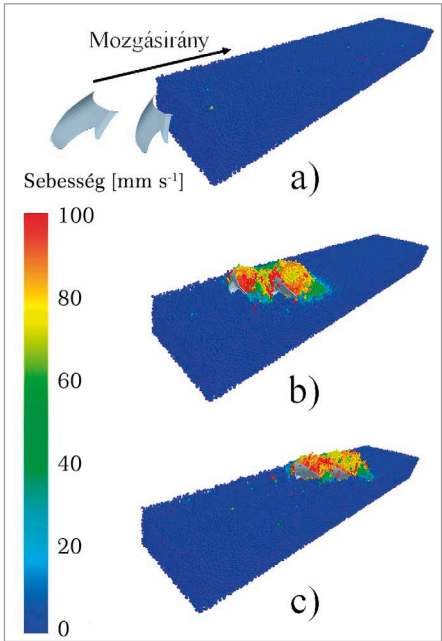
méretarányosan csökkentett szerszámok vizsgálatára. Rendszerint fedett csarnokokban találhatók, így esetükben biztosíthatók az állandó környezeti körülmények. Ebbe a kategóriába tartozik a MATE Műszaki Intézet (korábbi nevén NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet) 45 m hosszú és 2 méter széles talajvályúja, ahol a magajáró erőgépet hidromotor hajtja [2].

A kisméretű (1-10 m hosszú) talajvályúk pedig csökkentett méretű szerszámmal végzett kísérleteket tesznek lehetővé, kontrollált laboratóriumi körülmények között. Ezeket többnyire a konkrét eszközfejlesztések helyett a talaj-szerszám kapcsolat jellegének megismerésére irányuló kutatásokhoz alkalmazzák, segítségükkel validálhatók az újonnan kifejlesztett numerikus eljárások és verifikálhatók a valós, üzemi esetet modellező szimulációk. Ebbe a kategóriába sorolható például a Malajziában a putrai egyetemen (University of Putra Malaysiaen) található 6,4 m hosszú, 0,6 m széles, 0,8 m mély talajvályú [3], ahol a mérőkocsi mozgatása elektromos motorral és lánchajtásos áttétellel van megoldva.

A talajvályúkat alapvetően talajművelő elemek, illetve gumibroncsok vizsgálatára is alkalmazzák. A mérőkocsit mozgó erőgép (belső égésű motor vagy elektromos motor) az esetek többségében stabil, és a kocsi mozgatása vonóelemen (kábel, lánc, kötél) keresztül történik, azonban van példa magajáró erőgépes hajtásra is. A mérőkocsi megvezetését mindenhol görgőkkel oldják meg. A mérőeszközök és a mozgó próbatestek működtetéséhez szükséges energiát pedig egy energialáncon keresztül, általában középen, felül juttatják el a mérőkocsira. Elmondható továbbá, hogy az alkalmazott konstrukció elsősorban az építés konkrét céljától (pl. valós méretű szerszámok modellezéséhez traktoros vagy magajárógépes hajtás, kisebb méretű laboratóriumi talajvályúkhöz vagy gumibroncsok modellezéséhez motoros hajtás), és az építés időpontjától (pl. régebben épült talajvályúk jellemzően hidraulikus vagy traktoros hajtásúak, a közelmúltban épült talajvályúk pedig jellemzően elektromotoros hajtásúak) függ.

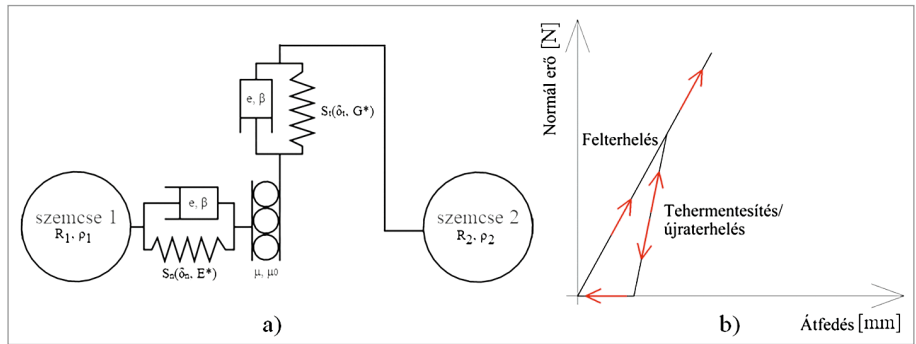
Munkánk célja egy kisméretű talajvályús mérőberendezés tervezése volt, amely ké-

2. ábra Eketestek szimulációja, a szemcsék sebességét színskálá, az eketestek mozgásirányát pedig nyíl jelöli különböző elmozdulások esetén [a) 0 m, b) 800 mm, c) 1600 mm]



1. ábra Hiszterézises rugós anyagmodell [5]

a) szemcsék érintkezési modellje, ahol: ρ_1, ρ_2 [kg m⁻³] – szemcsék sűrűsége; R_1, R_2 [m] – szemcsék sugara; E^* [Pa] – normál rugalmassági modulus; G^* [Pa] – Nyíró rugalmassági modulus; μ, μ_0 [-] – csúszási és tapadási súrlódási tényező; e [-] – ütközési tényező; β [-] – csillapítási tényező; δ_n [m] – normálirányú átfedés; δ_t [m] – érintőirányú átfedés; S_n [N m⁻¹] – normál merevség; S_t [N m⁻¹] – nyíró merevség; b) normál erő [N] – átfedés [mm] diagram



pes egy talajjal feltöltött vályúban különböző talajművelő szerszámok és szerszámmodellek lineáris mozgatására, miközben a szerszámra ható erőket, valamint a szerszám elmozdulását folyamatosan mérni tudjuk. További szempont volt, hogy a laboratóriumban végzett talajvályús mérések mellett a berendezés szántóföldre is telepíthető legyen, és bolygatatlan szántóföldi talajban is lehessen vele méréseket végezni. A mérőberendezés elsődleges célja, hogy lehetőséget biztosítson talajművelés modellezésére kifejlesztett numerikus módszerek (például kapcsolt végeselemes-diszkrétéleemes szimulációk) validálására.

A feladat megoldását három fő lépésre osztottuk: (1) Mértékadó terhelések számítása. (2) A kiválasztott koncepcióvátozat részegységeinek részletes konstrukciós tervezése. Végezetül (3) a mértékadó terhelést felvevő elemek szilárdsági ellenőrzése.

Terhelések számítása

A terhelések meghatározása érdekében numerikus szimulációkat készítettünk az Altair EDEM 2020 diszkrétéleemes szoftver [4] segítségével. A két almodelltől álló kapcsolati modell beállítási paramétereit Wang és szerzőtársainak 2022-es publikációjából [5] vettük át, akik laza kohézió vizsgáltak (1. táblázat). Az érintkező szemcsék közötti közvetlen kapcsolatokra ú.n. hiszterézises rugós (hysteretic spring) modellt alkalmaztak, ami képes figyelembe venni a talaj tömörödését úgy, hogy a felterhelés és tehermentesítés során az erő-átfedés görbe meredeksége eltérő, így teljes tehermentesítéskor is marad átfedés a szemcsék között (1. ábra). A kohézió erőket pedig a lineáris kohéziós (linear cohesion) modellel vették figyelembe. A modell mikromechanikai paramétereit penetrométeres és rézsűszög-mérések alapján kalibrálták hét különböző tömeg alapú nedvességtartalom-értékre (0,27; 3; 6; 9; 12; 17; 22 m%). Ezek közül mi a 22 m%-os nedvességtartalomra vonatkozó paramétereket alkalmaztuk.

Az első szimuláció alkalmával két darab 1:3 méretarányú eketestet húztunk a talajban, Ucgul és szerzőtársainak méréséhez és szimulációjához [6] hasonlóan, alacsony, 100 mm s⁻¹-os sebességgel (2. ábra). Az eketestek előtt a szimuláció elején (0-800 mm) egyre több szemcse halmozódott fel, majd ez a felhalmozódott szemcsemennyiség a továbbiakban (800-2500 mm) közelítőleg állandó értéket vett fel. Ezzel beállt egy állandósult állapot. A szimuláció végén (2500-3000 mm) pedig még több szemcse halmozódott fel az eketestek előtt, ami a vályú végén található fal hatásával magyarázható.

A szimuláció során az eketestekre ható erő különböző komponenseit és összesített

1. táblázat Diszkrétéleemes szimulációk mikromechanikai paramétereit [5]

Anyag/anyagpár	Paraméter	Jelölés	Mennyiség	Mértékegység
Szemcse	Átlagos átmérő	d	14	mm
	Szemcseméret-eloszlás	-	random	-
	Minimum átmérő az átlaghoz képest	d_{min}/d	0,95	-
	Maximum átmérő az átlaghoz képest	d_{max}/d	1,05	-
	Sűrűség	ρ_s	2500	kg m ⁻³
	Normál rugalmassági modulus	E_s	2,5·10 ⁸	Pa
	Nyíró rugalmassági modulus	G_s	10 ⁸	Pa
Fal és szerszám	Poisson-tényező	ν_s	0,25	-
	Sűrűség	ρ_p	7865	kg m ⁻³
	Normál rugalmassági modulus	E_p	2,5·10 ⁸	Pa
	Nyíró rugalmassági modulus	G_p	10 ⁸	Pa
Szemcse - szemcse	Poisson-tényező	ν_p	0,25	-
	Ütközési tényező	e_{ss}	0,6	-
	Csúszási súrlódási tényező	μ_{ss}	0,7	-
	Tapadási súrlódási tényező	μ_{oss}	0,6	-
	Merevségi tényező	sf	0,85	-
	Csillapítási tényező	df	0,5	-
	Folyáshatár	R_{eh}	5,349·10 ⁵	Pa
Szemcse - fal és szerszám	Energiasűrűség	E_d	8000	J m ⁻³
	Ütközési tényező	e_{sp}	0,6	-
	Csúszási súrlódási tényező	μ_{sp}	0,7	-
	Tapadási súrlódási tényező	μ_{osp}	0,6	-
Általános	Időlépés	Δt	8·10 ⁻⁵	s

értéküket a 3. ábra mutatja. Az erőkomponensek közül a menetirányú terhelés a legnagyobb, amelynek állandósult állapotban (800-2500 mm) számított átlagos értéke 403 N, szórása 34 N. Az oldalirányú terhelés állandósult állapotú átlaga 55 N, szórása 13 N, a függőleges irányú terhelés állandósult állapotú átlaga pedig 36 N, szórása 18 N. Így megállapítható, hogy az oldalirányú terhelés a menetirányú terhelés nagyjából 20%-a. Az eredő erőként figyelembe vett teljes terhelés állandósult állapotban számított átlagos értéke 409 N-ra, szórása 35 N-ra, maximális erő a szimuláció végén jelentkezett, és csak a közeli fal hatása miatt lépett fel, így a mértékadó terhelésnek az állandósult állapotban fellépő erőt vettük.

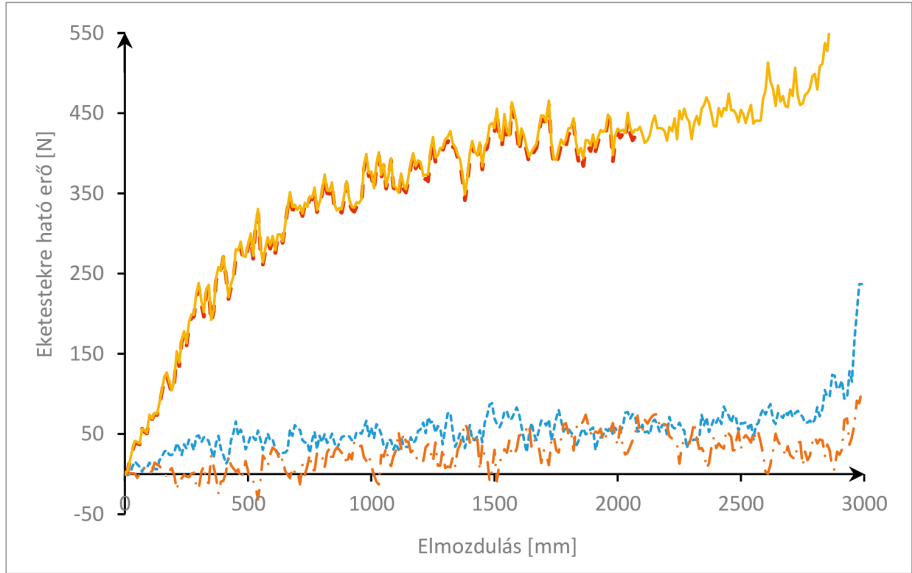
A második szimulációban horizontális penetrométert húztunk a talajban 100 mm s⁻¹-os sebességgel (4. ábra). A penetrométer kúp vetített keresztmetszete 3,33 cm² volt, amivel a kúpra ható menetirányú erőt leosztva számítottuk a talajellenállást. A penetrométer előtt egyre több szemcse halmozódott fel. Ennek az lett a következménye, hogy a teljes szerkezetre ható erő nem állandósult, hanem a teljes szimuláció folyamán növekedett. Ezzel szemben viszont a penetrométer kúpra ható erő elért egy közel állandósult állapotot.

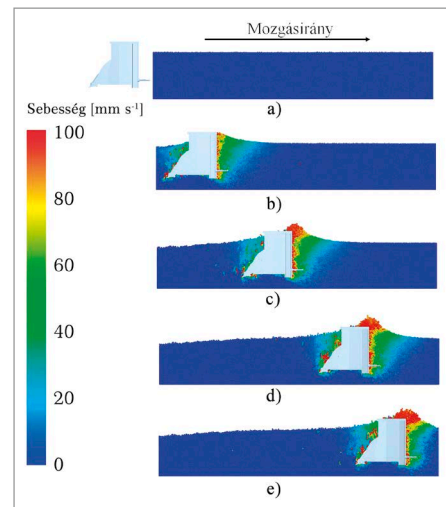
A szemcsék sebességét színskálá, a penetrométer mozgásirányát nyíl jelöli különböző elmozdulások esetén [a) 0 mm, b) 800 mm, c) 1600 mm, d) 2400 mm, e) 2800 mm].

A szimuláció során a meghatározott talajellenállást és a penetrométert tartó testre

3. ábra Eketestekre ható erők a szimulációban

--- oldalirányú terhelés, --- függőleges irányú terhelés, --- menetirányú terhelés, --- teljes terhelés



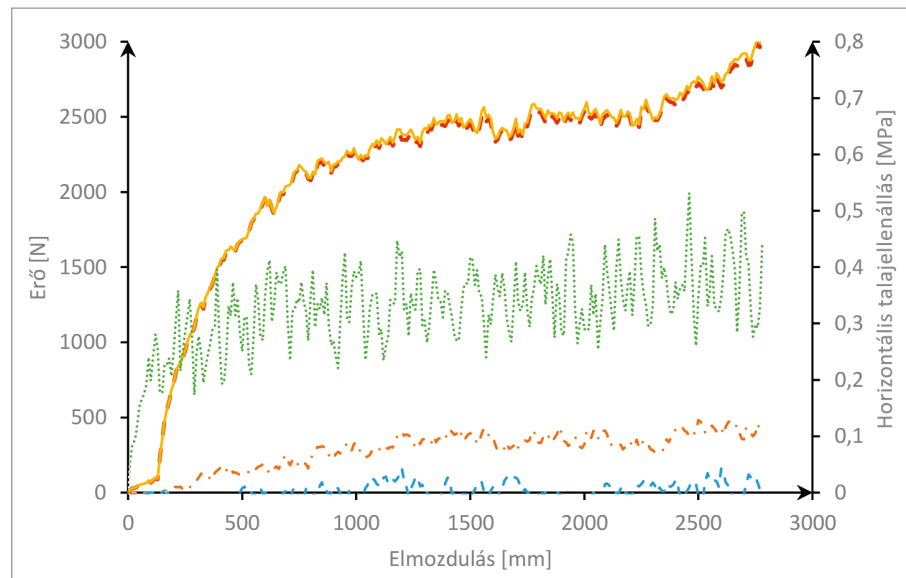
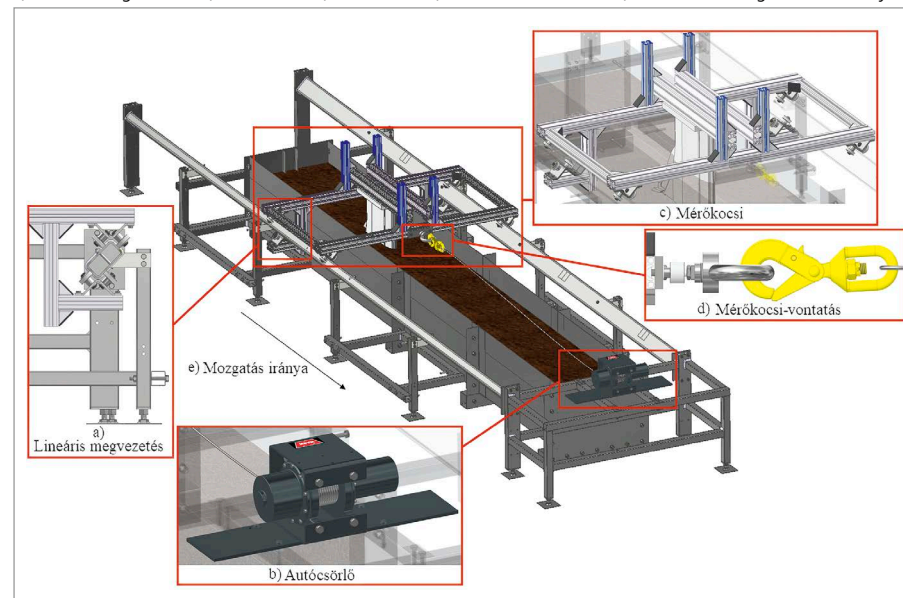


4. ábra Horizontális penetrométer szimulációja. A szemcsék sebességét színskála, a penetrométer mozgásirányát pedig nyíl jelöli különböző elmozdulások esetén [a) 0 mm, b) 800 mm, c) 1600 mm, d) 2400 mm, e) 2800 mm]

ható erő különböző komponenseit az 5. ábra mutatja. A menetirányú terheléshez képest a függőleges és oldalirányú terhelések viszonylag alacsonyak. Közel 1500 mm út megtétele után a teljes terhelés átlagos értéke 2516 N, szórása 76 N, majd a szimuláció végén (2500-2800 mm elmozdulásnál), ahogy a penetrométer megközelíti a talajvályú végét, és a szemcsék feltorlódnak előtte, a terhelés ismét nagyobb mértékben növekedni kezd. A szerszámmra ható teljes terhelés maximumát a szimuláció végén éri el, értéke 3107 N. A talajellenállás 600 mm elmozdulásnál felveszi állandósult állapotbeli értékét (0,35 MPa), és a szimuláció többi részében ezen érték körül ingadozik viszonylag nagynak mondható szórással (0,057 MPa). A horizontális talajel-

6. ábra Talajvályú konstrukciója a részegységekkel

a) lineáris megvezetés, b) autócsörlő, c) mérőkocsi, d) mérőkocsi-vontatás, e) mérőkocsi mozgásának iránya



5. ábra Horizontális penetrométerre ható erők és horizontális talajellenállás
--- oldalirányú terhelés, --- függőleges irányú terhelés, --- menetirányú terhelés, — teljes terhelés, talajellenállás

lenállás maximuma 0,53 MPa, hasonlóan, mint Tamás és társai 2023. évi publikációjában [7].

A szimulációk során a legnagyobb szerszámterhelés tehát 3107 N volt. A biztonság irányába eltérve azonban úgy döntöttünk, hogy a méretezés során 4000 N menetirányú terhelést vettünk figyelembe. Mivel a mérőberendezéssel a horizontális penetrométeren kívül más eszközök vizsgálata is célunk volt, az egyes szerszámoknál (pl. ekénél) jelentkező oldalirányú terhelés miatt figyelembe vettünk továbbá 2800 N oldalirányú terhelést is. Valamint annak érdekében, hogy a valós mérések során be tudjon állni az állandósult állapot, 4000 mm-ben határoztuk meg a talajvályú hosszát.

Konstrukciós tervezés

A 6. ábrán látható mérőberendezés négy főbb részegységből áll: a talajvályúból, ami a vizsgált talajt tartalmazza, a mérőkocsiból, amire a különféle szerszámok rögzíthetők, a mérőkocsi lineáris megvezetéséből, valamint a mérőkocsi vontatását biztosító hajtásrendszerből.

A talajvályú 2 mm vastagságú acéllemez-elemekből áll, amelyek csavarkötésekkel kapcsolhatók egymáshoz. A mérőkocsit húzott alumínium profilokból alakítottuk ki, hogy egyszerűen felszerelhetők és leszerelhetők legyenek róla a különböző vizsgált próbatestek, szerszámmodellek és talajművelő szerszámok. Mivel a DEM szimulációk során a horizontális penetrométer esetén adódott a legnagyobb terhelés, ezért a továbbiakban ennek a felfüggesztését mutatjuk be részletesen. A mérőkocsi lineáris megvezetését 2 db párhuzamos, téglalap keresztmetszetű, vízszintes zártszelvényre oldottuk meg, amin elől csak felül, hátul pedig alul és felül 2-2 db mélyhornyú golyóscsapágyból álló görgő gördül (6. a. ábra). Így biztosított a mérőkocsi stabilitása, ami minden menetiránytól eltérő irányban képes felvenni a terhelést.

A mérőkocsi hajtását egy autócsörlővel oldottuk meg. Az autócsörlő vontatókábele egy erőmérő cellán keresztül kapcsolódik a mérőkocsihoz, amellyel meghatározható a méréseknél a vontatási erőszükséglet.

A mérőberendezés két üzemállapotát a 7. ábra mutatja. A talajvályús mérések során a talajjal megtöltött vályúban húzzuk végig a mérőkocsira rögzített szerszámot (7. a. ábra). A szántóföldi mérések alkalmával pedig a mérőkocsira rögzített szerszámot a szántóföldi talajban húzzuk végig (7. b. ábra). Ennek

megfelelően a megvezetéshez alkalmazott két téglalap keresztmetszetű zártszelvény, valamint az autócsörlőt tartó két zártszelvény egy magasabb és egy alacsonyabb pozícióba is rögzíthető.

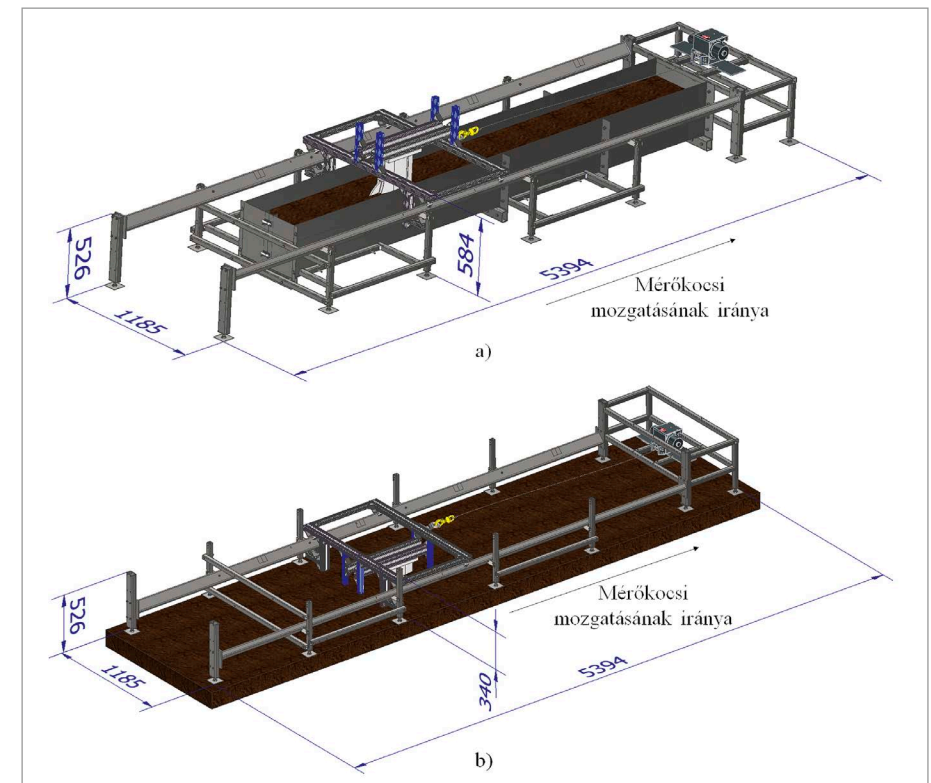
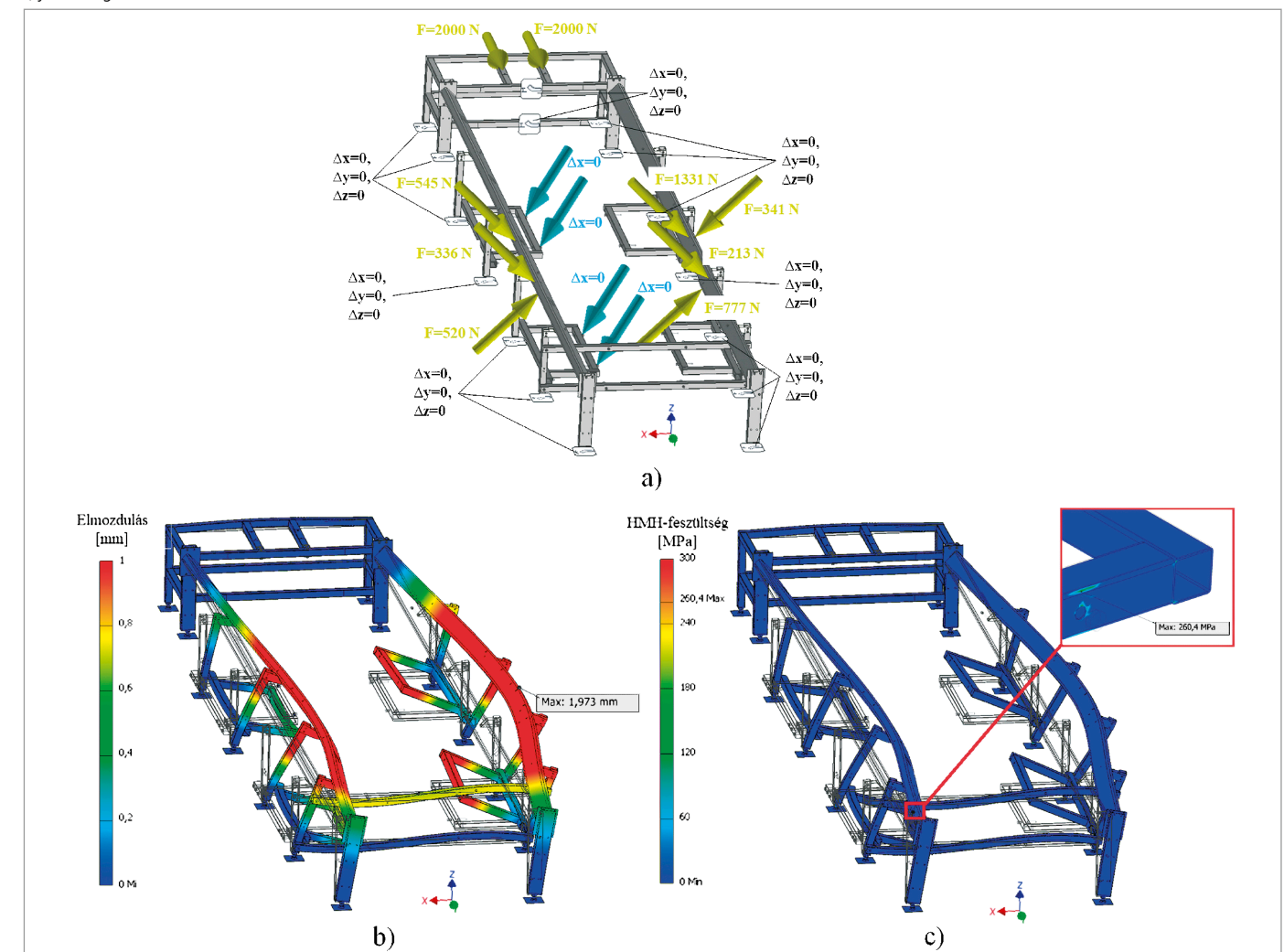
Teherbírás ellenőrzése

A részegységek teherbírását végeselemes módszerrel (VEM), az Autodesk Inventor 2021 szoftver segítségével ellenőriztük.

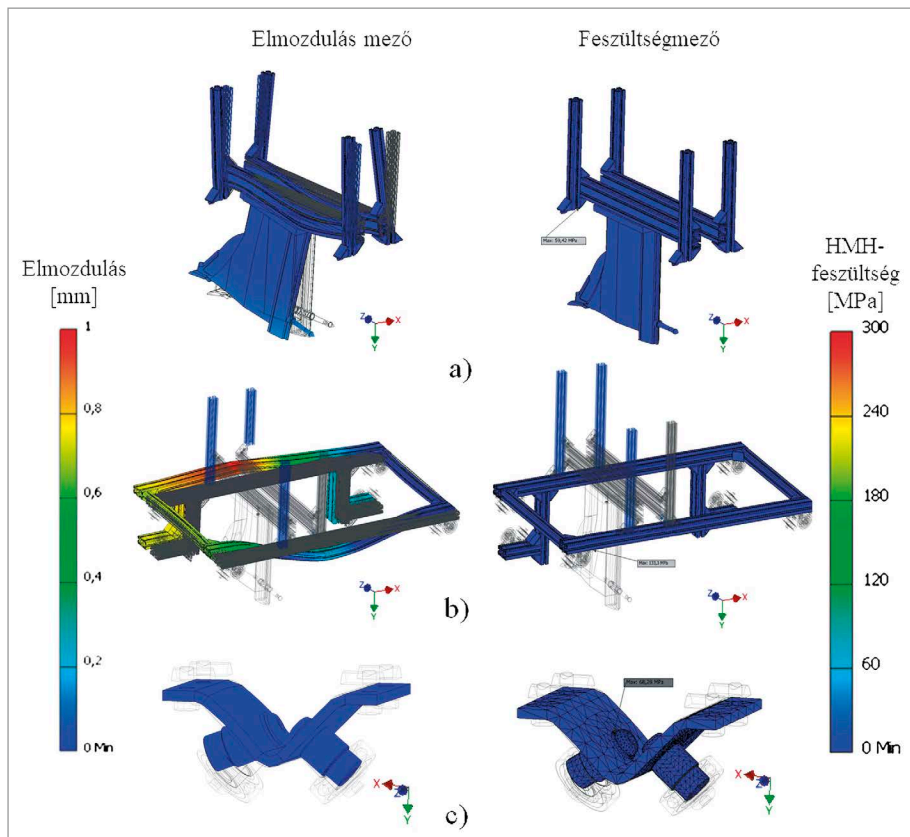
Elsőként a zártszelvény vázszerkezet teherbírását ellenőriztük. A mérőkocsiról a vízszintes megvezető zártszelvényre adódó erőket nyomatéki és erőegyensúlyi egyenletek alapján határoztuk meg. Az erők számításakor a penetrométer méreteit vettük figyelembe, ugyanis az előzetes DEM szimulációk során ennél a szerszámnál ébredt a legnagyobb vonóerő. Terhelésként tehát a görgőkről átadódó és az autócsörlő rögzítésénél fellépő vonóerőt működtettük. Elmozdulás peremfeltételként pedig megkötöttük a vázszerkezet talpait a talajjal érintkező felületek összes szabadságfokát és az autócsörlőt tartó keret a vályú elülső véglapjával

8. ábra Vázszerkezet végeselemes ellenőrzése

a) peremfeltételek, b) elmozdulásmező, c) feszültségmező



7. ábra Mérőberendezés két üzemállapota fő méretekkel
a) mérés vályúban, b) mérés talajban (a méretek mm-ben értendőek)



9. ábra Részegységek nagyított elmozdulás mezője és feszültségmezője
a) horizontális penetrométer felfüggesztése, b) mérőkocsi, c) görgőtartó állvány

érintkező keresztirányú tartóin az érintkezési felületeken az összes szabadságfokot (8. a. ábra). Ezenkívül a bal oldalon található, vályút támasztó oldalsó kereteken a vályúnak támaszkodó csavarkötések anyáinak felfekvő felületein megkötöttük az oldalirányú elmozdulást.

A legnagyobb elmozdulás és feszültség a laboratóriumi talajvályús mérésekhez össze-szerelt változatban adódott, ezért a követ-kezőkben ennek a VEM számításnak az ered-ményit mutatjuk be részletesebben. Az el-mozdulás a lineáris megvezetést biztosító zártszelvényeken a legnagyobb, maximális értéke 2 mm-re adódott a jobb oldali zártszel-vényen, a két középső, közbülső tartóoszlop között (8. b. ábra). Ezt az elmozdulásértéket szintén elfogadhatónak ítéltük. A VEM szim-uláció eredménye azért is előnyös, mert megmutatta, hogy nagy terhelések esetén a merev elemek azonnali rideg törése helyett a szerkezetnek van lehetősége deformációra.

A Huber-Mises-Hencky-féle (HMH-féle) egyenértékű feszültség a legtöbb helyen jó-val a megengedett alatt adódott. Maximális értéke 260 MPa lett, ami a vályúnak támasz-kodó hátulsó, bal oldali kereten ébredt (8. c. ábra). Mivel ez a feszültségcsúcs csak loká-lisan jelentkezett, és nem haladta meg a folyáshatárt, ezért ezt elfogadhatónak ítéltük.

A továbbiakban ellenőriztük a teherbírá-sát a horizontális penetrométer felfüggesz-

tésének, a mérőkocsinak, valamint a görgő-tartó állványnak is.

A horizontális penetrométer felfüggesz-tésének ellenőrzése során a mérőkocsi váz-szerkezetére rögzített húzott alumínium profilos elemeknek minden szabadságfokát megkötöttük az érintkezési felületen. A fe-szültség a teljes szerkezetben jóval a meg-engedett alatt adódott, maximális értéke 59,4 MPa, ami a mérőkocsi vázszerkezetének egyik csatlakozási pontjánál ébredt. Az el-mozdulás a szerkezet minden pontjában jóval 1 mm alatt adódott, maximális értéke 0,32 mm, és a penetrométer tartó test alsó részén jelentkezett (9. a. ábra).

Ahogyan a 9. ábra b részén látható, a mé-rőkocsin a feszültség a teljes szerkezetben jóval a megengedett alatt adódott, maximá-lis értéke 133,3 MPa, és a jobb elülső görgő csatlakozási pontjánál ébredt. A maximális elmozdulás 1,0 mm, amely a hátsó alumíni-um profil penetrométer felfüggesztéshez csatlakozó részénél jelentkezett (9. b. ábra).

A görgőtartó állvány felfogatásának ter-helését a tengelyek csapágyakkal érintke-ző felületein adtuk rá. Mivel a jobb elülső görgőpárt éri a legnagyobb terhelés, ezért az erre ható terheléseket vettük figyelem-be. Elmozdulás peremfeltételeként pedig megkötöttük a lemez alkatrész mérőkocsi alumínium profiljával érintkező felületének összes szabadságfokát. A feszültség a tel-

jes szerkezetben jóval a megengedett alatt adódott, maximális értéke 61,3 MPa, amely a bal oldali görgő tengelyének a lemezalkat-résszel való csatlakozásánál ébredt. A maxi-mális elmozdulás bőven 1 mm alatt adódott, értéke 0,03 mm, amely a bal oldali görgő tengelyének csapágygal érintkező végénél jelentkezett (9. ábra c).

Eredmények, továbbfejlesztés

(1) A különböző mérőberendezés-konstrukciók szakirodalmi áttekintését követően meghatároztuk a talajvályús mé-rőberendezést érő fő igénybevételeket. Eh-hez diszkrétéleemes szimulációkkal vizsgál-tuk egy méretarányosított kéttestű ekére és egy horizontális penetrométerre ható erőket. (2) A konstrukciós tervezést a vályú kialakításával kezdtük. A tervek szerint a részegység meglévő hajlított lemezekből került kialakításra, zártszelvényes talpazat és hátul nyitható ajtófelek hozzászerezésével. A mérőkocsi keretét húzott alumínium-profilból alakítottuk ki. Mivel a teherbírás ellenőrzését a horizontális penetrométerre végeztük, ezért ennek a mérőműszernek a felfüggesztését is megterveztük. A mérőkocsi aljára golyóscsapágyakból álló görgőpárokat helyeztünk. A vázszerkezetet zártszelvények-ből alakítottuk ki hegesztett, homloklemez-es és átlapolt lemezes csomóponti kötések alkalmazásával. Ezt követően kialakítottuk a hajtásrendszert. A mérőkocsi vontatását autócsörlővel oldottuk meg. A csörlő vontá-tókábele és a mérőkocsi között elhelyeztünk továbbá egy erőmérő cellát, amivel mérhető a kocsi vontatási erőigénye. (3) A részegy-ségek teherbírását végeseleemes modellel ellenőriztük, amelyek biztonsággal megfele-ltek a figyelembe vett terheléseknek.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kutatás a Bolyai János Ku-tatási Ösztöndíj támogatásával készült, vala-mint a BME-NVA-02 számú projekt részeként az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, a TKP2021 pályázati program finanszírozásában való-sult meg.

Köszönjük továbbá Hudoba Zoltán Tanár Úrnak, valamint az ACPs Automotive Kft. munkatársainak, Németh Tamásnak, Harkai Csabának és Vas Sándornak a tervezésben nyújtott gyakorlati tanácsait.

Összefoglalás

Célunk egy talajvályús mérőberendezés tervezése volt, amellyel megvalósítható kü-lönféle talajművelő szerszámok, szerszám-modellek vizsgálata a kívánt talajjal feltöl-tött laboratóriumi talajvályúban, valamint szántóföldi mérések alkalmával is. A terve-

zés megkezdése előtt diszkrétéleemes szim-uláció alkalmazásával meghatároztuk a talajvályús mérőberendezést érő fő igény-bevételeket. Ezt követően kialakítottuk a fő részegységeket: a talajvályút, a mérőkocsi keretét húzott alumíniumprofilból, egy horizontális penetrométeres mérőműszer felfüggesztését, a mérőkocsit megvezető és golyóscsapágyakból álló görgőpárokat, a zárt szelvényekből felépülő vázszerke-zetet és a mérőkocsi vontatását, amelyet egy autócsörlő biztosít. A terhelést felvevő részegységek teherbírását végeseleemes módszerrel ellenőriztük. A talajvályú a BME Gép- és Terméktervezés Tanszéken zajló ku-tatásokon kívül lehetőséget fog biztosítani a talajművelőszerszám-gyártóknak is saját termékeik tesztelésére, ezáltal hozzá fog járulni a mezőgépipar fejlődéséhez.

Summary

Our aim was to design a soil bin measur-ing system, which can be used to test a variety of tillage tools and tool models in a soil-filled bin in laboratory- and also field soil in field condition. (1) After a literature review of the various soil bin constructions, the main forces acting on the soil bin measuring system were calculated. For this purpose, discrete element simulations were used to investigate the forces acting on a scaled two-body plough and a horizontal penetrometer. (2) The structural design was started with the bin. According to the bin, the sub-assembly was created from

bent sheet metal parts, with the addition of a hollow-section base and door halves that can be opened at the back. The frame of the meas-uring cart was made from drawn aluminium profile. Since the load capacity was checked in the case of the horizontal penetrometer, we also designed the suspension of this meas-uring instrument. We placed pairs of rollers made of ball bearings on the bottom of the measuring cart. The frame structure was made of hollow sections using welded and bolted connections. After that, the drive system was created. For the towing of the measuring cart, a car winch was used. We also placed a load cell between the towing cable of the winch and the measuring cart, which can be utilized to measure the traction force of the cart. (3) The load capacity of the subassemblies was checked with finite element simulations, which safely withstood the considered loads. In addition to university research, the designed soil bin system will also provide the opportunity for tillage tool manufacturers to test their own products, thereby contributing to the develop-ment of the agricultural machinery industry.

Lektorálta: Orosz Ákos Msc
egyetemi tanársegéd

Irodalom

[1] W. R. Gill, „A history of the USDA National Tillage Machinery Laboratory: Agricultural

Research Service, US Dept. of Agriculture Auburn, Alabama”, 1990.

[2] A. Mardani, K. Shahidi, A. Rahmani, B. Mashoofi, és H. Karimmaslak, „Studies on a long soil bin for soil-tool interaction”, *Cercetări Agronomice în Moldova*, köt. 142, sz. 2, o. 5–10, 2010.

[3] A. Yahya, M. Zohadie, D. Ahmad, A. K. Elwaleed, és A. F. Kheiralla, „UPM indoor tyre traction testing facility”, *Journal of Terramechanics*, köt. 44, sz. 4, o. 293–301, 2007.

[4] „Discrete Element Modeling - DEM Soft-ware | Altair EDEM”. <https://www.altair.com/edem/> (elérés 2021. szeptember 11.).

[5] X. Wang, Q. Zhang, Y. Huang, és J. Ji, „An efficient method for determining DEM parameters of a loose cohesive soil modelled using hysteretic spring and linear cohesion contact models”, *Biosystems Engineering*, köt. 215, o. 283–294, 2022.

[6] M. Ucgul, C. Saunders, és J. M. Fielke, „Discrete element modelling of tillage forces and soil movement of a one-third scale mouldboard plough”, *Biosystems Engineering*, köt. 155, o. 44–54, 2017.

[7] Tamás Kornél, Kovács Gyula, Wágner Ár-pád, Hudoba Zoltán, Szabó Bence, Kovács László, „Horizontális penetrométer és talaj-elmozdulás-mérő fejlesztése talajmodellek kalibrációhoz”, *Mezőgazdasági technika*, köt. LXIV: január, o. 2-7, 2023.

Megrendelőlap

Előfizetésben megrendelem a **MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA** c. lapot példányban.

☐ 1/4 évre 1200 Ft

☐ 1/2 évre 2400 Ft

☐ 1 évre 4800 Ft

Megrendelő (előfizető):.....

Lakcím:.....

E-mail cím:.....

Kézbesítési cím*:.....
(* a kézbesítési címet csak akkor töltsé ki, ha a fizető cím nem azonos a kézbesítési címmel)

A megrendelőlapot a következő címre szíveskedjenek feladni:

MATE Műszaki Intézet
Mezőgazdasági Technika Szerkesztősége
2100 Gödöllő, Tessedik S. u. 4.

A megrendelőlap adatainak az **mgitech@hu.inter.net** e-mail címre történő elküldésével is előfizethet nyomtatott magazinunkra. Leggyorsabban pedig **weboldalunkon (www.mgitech.hu)** az “Előfizetés” menüpont alatt tudja megrendelni lapunkat.

Online előfizetést regisztrációt, majd belépést követően weboldalunkon (www.mgitech.hu) az “Előfizetés” menüpont alatt tud igényelni (2000 Ft / 6 hó; 4000 Ft / 1 év)