



**DEBRECENI EGYETEM
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
GÉPTANI TANSZÉK**



**NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI TUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA**

**Doktori Iskola vezetője:
DR. RUZSÁNYI LÁSZLÓ
MTA doktora**

**Témavezető:
DR. CSIZMAZIA ZOLTÁN
kandidátus**

„DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI”

**MEZŐGAZDASÁGI GUMIABRONCSOK
TALAJFIZIKAI HATÁSAINAK
VIZSGÁLATA**

**Készítette:
KISS ZSOLT PÉTER
doktorjelölt**

**Debrecen
2002.**

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

A talajművelő traktorok teljesítményének jelentős része a járószerkezeten keresztül hasznosul. A vonóerő átadása a járószerkezet és a talaj közötti kapcsolatban valósul meg. A hasznos vontatási teljesítmény átszarmaztatása mellett azonban minden esetben tapasztalható a járószerkezet káros talajtömörítő és talajromboló hatása is.

Az alkalmazott termelés-technológia függvényében az erőgépek az év folyamán – gyakran indokolatlanul sokszor és nem a megfelelő nedvességi állapotban művelik és tapossák a termőterületet, mellyel káros elváltozásokat okoznak a talaj szerkezetében. Az említett káros hatások az évek során a mélyebb talajrétegekben akkumulálódnak. Mindezek következtében a világ és köztük hazánk talajai is (fizikai állapotukban) egyre romló tendenciát mutatnak.

A talaj fizikai jellemzőiben bekövetkező változások (elsősorban) a talaj kedvezőtlen tömörödése (tömődöttsége), s ehhez kötődő rosszabb víztartóképeség és levegőtlenység, a talajra, környezetére és a növénytermesztésre kedvezőtlenül hat. Nem véletlen tehát, hogy a mezőgazdasági járószerkezetek talajtömörítő hatásának csökkentésére, illetve megelőzésére évek óta komoly kutatások folynak.

A „Traktorkerék-Talaj” kölcsönhatás azok közé a kérdések közé tartozik, mely több sürgető és megoldásra váró feladatot vet fel pl.:

- A mezőgazdasági gumiabroncsok talajra gyakorolt differenciált hatásának megállapítását.
- A talaj fizikai állapotváltozásaihoz illeszkedően kifejlesztett mezőgazdasági gumiabroncs konstrukciókat.
- A gumiabroncsokat jellemző legfőbb konstrukciós paraméterek komplex viszonyrendszerének és talajfizikai hatásainak meghatározását.

E paraméterek tervezéskori értékeit és összefüggéseit véges elem modellezéssel jól lehet közelíteni, ugyanakkor ezek a modellek

mindaddig nem vették figyelembe a talaj fizikai állapotának és mechanikai rendszerének a változásait. Mind a talaj állapotváltozásai, mind pedig a talajfésések szerinti változások a gumibroncs talajra gyakorolt hatásában nagyságrendi eltéréseket eredményeznek.

A gumibroncs-talaj kapcsolatának vizsgálatára vonatkozó kutatásaink a Nyíregyházi TAURUS AGROTYRE Vállalattal több évre nyúlnak vissza.

Az abroncs és talaj kapcsolatrendszerének vizsgálatakor hosszú távú célom annak megállapítása, hogy az abroncs kialakítási jellemzői milyen hatással vannak az érintkező abroncsfelületek és a talajrétegek igénybevételére.

A vizsgálati cél magában hordozza a mezőgazdasági abroncsok fejlesztéséhez szükséges laboratóriumi és termőhelyi vizsgálati módszer kidolgozását is. A célkitűzés teljesítése ennek megfelelően sajátos módszer és tematika, valamint mérőeszköz együttes működtetését feltételezi.

A fentieket szem előtt tartva, az elvégzendő kutatások célkitűzéseit az alábbiakban határoztam meg:

1. Az abroncsok talajlenyomata a gumi és a talaj deformációjából adódóan nehezen meghatározható, ugyanakkor az egyik legfontosabb abroncs-talaj kapcsolati jellemző. A szilárd burkolaton valamelyest egyszerűbb a dolog, de ilyen esetben is egyrészt nehezen határozható meg az abroncs lenyomatának körvonala (kontúrja), másrészt csak az abroncs egyetlen ívének statikus lenyomatát kapjuk eredményül. Ezért célul tűztem ki, egy olyan vizsgálati módszer kidolgozását, amellyel a gumibroncs szilárd felszínen való, az abroncs görbülését is figyelembe vevő, a jelenlegi módszereknél pontosabb és több információt adó lenyomati kép készíthető.

2. A gumiabroncsok talajra gyakorolt hatásának részletes feltárása érdekében új vizsgálati tematika és kiértékelő rendszer kidolgozását fogalmaztam meg feladatként. A penetrométer segítségével végzett vizsgálatokban az abroncsterhelés hatására - elsősorban a talaj teherbíró képességében és nedvességtartalmában bekövetkező változásokat kerestem. Az új vizsgálati módszert és kiértékelő programot alkalmazva igyekszem rámutatni a gumiabroncsok különböző termőtalajokon okozott talajszerkezeti változásaira, valamint meghatározni és összehasonlítani a trendszerű folyamatokat.
3. Az új módszerek (az 1. és 2. pontban említettek) gyakorlatban való alkalmazhatóságának próbájaként különböző gumiabroncsok, fizikai talajfésések szerinti lenyomatainak és statikus terhelés során jelentkező a talaj talajfizikai változásoknak a megismerése.
4. A távlati cél - egy véges elemes tervezői szoftver kifejlesztése, melynek előzményeként szükséges a kiválasztott talajmodell tesztelése, és paramétereinek gyakorlati meghatározása ill. eredményeinek validálása. A szükséges talajmechanikai paraméterek pontosabb meghatározására különböző nyomófejekkel végzett kísérletsorozatok adnak majd választ.

2. VIZSGÁLATI ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Vizsgálati helyszín és eszközök

Vizsgálataimat a Nyíregyházi Főiskola „Nyíltszíni mérőrendszerében” végeztem. A mérőrendszer (1. ábra) egy 2x1 méter keresztmetszetű, 90 méter hosszú kibetonozott tér (talajvályú), melybe a kiválasztott termőhelyi területekről a különböző talajtípusok (homok, vályog, agyag) a természetes talajtani állapotukkal azonos minőségben és megfelelő mélységi szerkezetben, elkülönítetten lettek betöltve. A betöltés óta (1996 május) a talajok természetes ülepedése folyamatos, művelési és egyéb gépi beavatkozásoktól mentes volt.



1. ábra

A nyíltszíni mérőrendszer, a mérőkocsi és a mérőműszer

Az első talaj a Főiskola tangazdaságából származó, genetikai osztályozása szerint humuszos homoktalaj, fizikai féleségét tekintve homok. A második talaj Megyaszó, Újvilág tanyáról való, a genetikai osztályozása szerint réti csernozjom talaj, fizikai félesége szerint vályog. A harmadik vizsgálati talaj a Taktaharkány, Rónahát dűlőre jellemző, genetikai osztályozását tekintve réti agyagtalaj, fizikai félesége szerint agyag. A vizsgálatsorozat kezdetén az eredeti (bolygatatlan) szerkezetű talajszelvények 3 rétegéből 3-3 patronos talajmintát vettem. A

Főiskola talajlaboratóriumában meghatároztam a talajminták térfogattömegét, víztartalmát valamint a pórustérfogatát. A talajellenállás-térfogattömeg közötti összefüggés meghatározásához, valamint a talaj kezdeti tömörödöttségi állapotának, a tömör rétegek elhelyezkedésének és kiterjedésének vizsgálatához a 3T System termőhelyi penetrométer segítségével megmértem a kiválasztott talajszelvényekben a talajok behatolási ellenállását és a szántóföldi vízkapacitását.

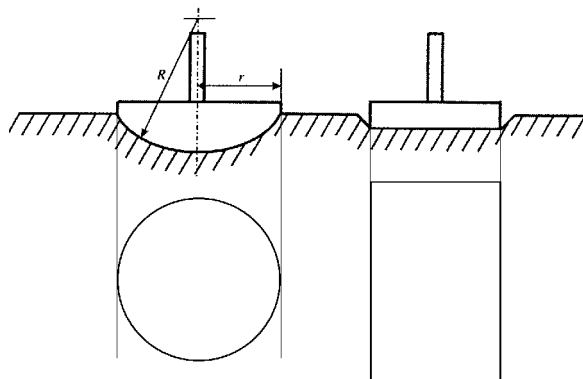
A sorközművelő gumiabroncsok összehasonlító vizsgálataihoz a Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Főiskolai Karának Lamborghini Formula 135 erőgépét használtam.

A nyomófejes vizsgálatok során a függőleges irányú abroncsterhelés értékeinek beállítására és változásának mérésére az FVM MI-től kölcsön kapott 2 db hitelesített PAT SAW 10 C típusú digitális talpmérleg szolgált. A nyomófejekre ható változtatható nagyságú függőleges terhelést a traktor hárompont-függesztő keretéhez kapcsolt az erőgép hidraulika rendszerébe kötött kettős működtetésű C-100-as típusú 350 mm lökethosszú hidraulikus munkahenger segítségével tudtam megoldani (**2. ábra**). A munkahenger szabályozására egy nyomásmérő órával ellátott KI-5473 típusú hidraulikus fojtót használtam, melynek max. terhelhetősége 250 bar volt.



2. ábra
A nyomófejek benyomása a talajba

A nyomófejes vizsgálatok során két nyomófejjel terheltem a talajt. Az egyik egy forgásszimmetrikus kör keresztmetszetű gömbfüveg alakú benyomó felülettel rendelkező, a másik egy téglalap alapú négyszögletes hasáb volt. (3. ábra)



3. ábra

A vizsgálathoz használt nyomófejek sematikus rajza

A forgásszimmetrikus, kör keresztmetszetű nyomófej talajjal érintkező részének az átmérője 422,6 mm. A hasáb alakú nyomófej talajba benyomódó téglalapjának méretei: 509 x 275,6 mm. Mindkét nyomófej talajjal érintkező felülete úgy lett kialakítva, hogy az tökéletesen megegyezik a speciális vizsgálat alá vont Taurus WRC 320/80 R48 abroncs korábban megmért talajlenyomatának területével.

2.2. Az abroncsprofilok és a lenyomatok paramétereinek meghatározása új módszerrel

A vizsgálataimban 5 különböző sorközművelő gumiabroncs abroncslenyomatát határoztam meg. Ezek közül 4 (Taurus, Michelin, Kleber, Alliance) azonos profillal (270/95) rendelkezik, míg egy típusnál a WRC-nél ettől lényegesen eltérő (320/80) profilt terveztek. Az abroncsok profillenymatait háromféle módon is meghatároztam.

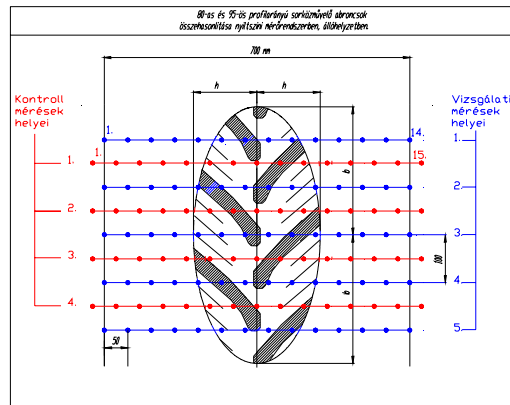
Az általam kialakított eszközök és módszer segítségével a Waagner-Biró próbapadon a mérőpántra felszerelt és festékkel bekent gumiabroncs profilt a megadott terheléssel egy papírlapra

nyomom. A vizsgálatot két formában végeztem el: az egyik esetben a kiválasztott gumiabroncsokat egyszer nyomtam a papírlapra, ezzel az adott terhelés mellett az abroncs profil szilárd felületre vonatkozó lenyomatát kaptam.

A második esetben - egy saját, új módszert alkalmazva -, egy-egy lenyomat után épp egy bordaszélességgel tovább forgattam az abroncsot majd újabb lenyomatot készítettem. Az így kialakult tobozszerű teljes profillenymomat körvonala lényegesen pontosabban meghatározható és sokkal többet elárul a radiál abroncsok profiljának kialakításáról, mint az egyszeri lenyomat képe. A harmadik lenyomatot a mérőrendszer talajaiban vettem fel a statikus terhelést követően.

2.3. Sorközművelő gumiabroncsok vizsgálata

Minden egyes gumiabroncs vizsgálatot úgynevezett „kontroll” mérésekkel kezdtem. A kontroll adatokat mátrix elrendezésben vettem fel. A négy sorban soronként 15 mérést végeztem. Minden egyes pontban 60 cm-es talajmélységig folytattam a vizsgálatot. A mérési pontok 5-5 cm-re, míg a sorok 10-10 cm-re voltak egymástól. (4. ábra)



4. ábra

A mérési pontok elrendezése

A gumiabronccsal való talajterhelés után a vizsgálati pontokat a gumiabroncs haladási irányára merőlegesen, egymástól azonos

(5-5 cm) távolságra jelöltem ki, (összesen 14 db-ot) úgy, hogy az abroncsszélességen kívül a profillenymomat mindkét oldalán még további 25-25 cm szélességben vizsgálhassam a gumiabroncs oldalirányú hatását is.

A 14 mérővizsgálati pontot tartalmazó sort 5 ismétlésben vizsgáltam úgy, hogy az ismétlések egymástól állandó (10-10 cm) távolságban helyezkedtek el. A vizsgálat során néhány speciális mérési pontot is kijelöltem. Többek között ellenőrzést végeztem a gumiabroncs lenyomat középvonalában, a bordalenyomatokban, illetve a bordaközökben is. Mindezzel a kerék bordái alatt, illetve a bordaközökben kialakuló tömörítésére kerestem a választ.

A teljes mérési vizsgálatot a nyíltszíni mérőrendszerben három különböző fizikai talajféleségén (homok, vályog, agyag) végeztem el. Egy-egy talajtípuson 3 egymás melletti talajszelvényen ismételttem meg a kísérletet, így az eredményekben minden talajtípusnál 3-3 mérés átlagát értékeltem.

Az értékeléshez a kijelölt vizsgálati pontokban meghatároztam a penetrációs ellenállás és a nedvességtartalom értékeit. A terhelés okozta változások feltárásához meghatároztam az abroncs alatti talajszelvény nyomáseloszlási térképét és a 10 cm-es talajrétegek kúpisindexének és nedvességtartalmának változásait.

2.4. Nyomófejes vizsgálatok mérési módszere

A kezdeti állapot penetrométerrel való rögzítése, valamint az erőgép és a nyíltszíni mérőrendszer felkészítése után az erőgép a sín pályára felkapaszkodva, a mérés helyszínére gördült. A mérőrendszer összeállítását követően a függőleges terhelő erőt biztosító munkahenger és szabályozható hidraulikus fojtó segítségével két vizsgálat sorozatot végeztem.

Az első sorozatban állandó terhelő erő mellett rögzítettem a nyomófejek időegység alatti talajba süllyedésének folyamatát. A mérések során a nyomófejeket különböző állandó statikus terhelésekkel nyomtam a talajba. Kör nyomófej esetén 1150, 1750 és 2100 kg-os, téglalap nyomófej esetén 1750 és 2100 kg-os terhelést alkalmaztam.

A második alkalommal meghatározott értékkel (150 kg) folyamatosan növeltem a terhelést 2100 kg-ig és a besüllyedés

jelleggörbáját milliméterpapíron ábrázoltam. A mérések után a nyomófejet kivettem a nyomból és fényképezéssel illetve méréssel rögzítettem a deformált talaj állapotát (a lenyomat méretei és egyéb megfigyelhető tulajdonságok nyomán). Ezt követően a kijelölt vizsgálati pontokban meghatároztam a penetrációs ellenállás és a nedvességtartalom értékeit.

2.5. Végeselemes számítógépes modellkísérletek

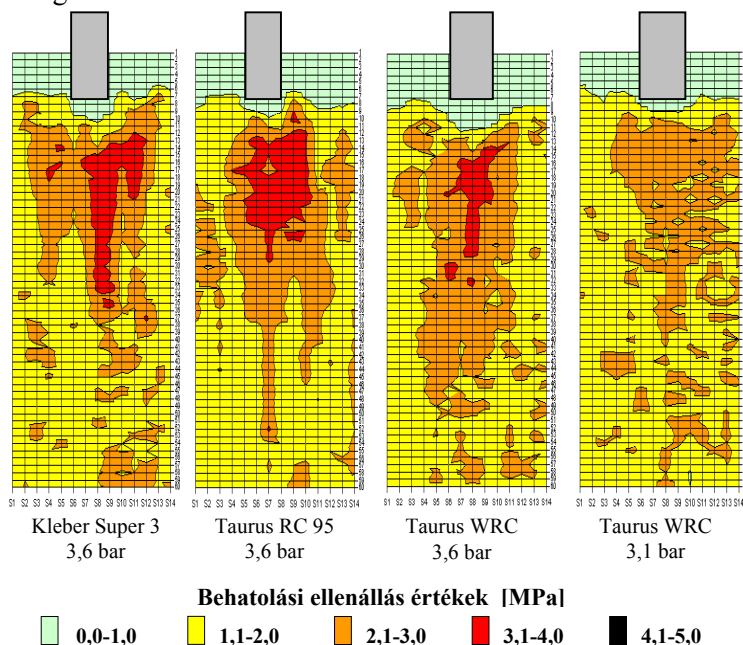
A nyomófejekkel végzett vizsgálatok összekötő láncszemet alkotnak a gumiabroncsok vizsgálatai és a véges elemes modell kísérletek között. Mivel a véges elemes modell lényeges egyszerűsítésekkel kezeli a talajt érő terheléseket ezért, a gumiabroncsok bonyolult profil felépítése és abroncslenyomata helyett két nyomófejjel végeztem el a vizsgálatokat. Ezeknek az eredményeknek a segítségével nyílik lehetőség a szoftver ill. modell paramétereinek beállítására, azaz szoftver eredményeinek a valós eredményekkel való összevetésére. A modell egyik elsődleges célja megbecsülni, hogy egy adott profilú abroncs, egy adott talajon (egyelőre homokos vályog) az adott terhelés hatására milyen mértékben süllyed a talajba. Ehhez szükségem volt a nyomófejek különböző terhelés melletti erő-besüllyedés karakterisztikáira.

2.6. A vizsgálati eredmények feldolgozásának és kiértékelésének módszere

A 3T System mérési eredményeinek kívánt részletességű feldolgozásához két saját fejlesztésű programot készítettem. Az első egy adatkonverziót végez el, melynek segítségével a műszer eredeti kimenő adatai beimportálhatók lesznek az Excel táblázatkezelő programba. A második egy Excel-ben kifejlesztett alkalmazás, amellyel lehetővé válik a mérési eredmények korábbinál is szemléletesebb grafikai megjelenítése és az adatok közötti matematikai összefüggések statisztikai módszerekkel való felismerése.

3. KÖVETKEZTETÉSEK, EREDMÉNYEK

1. A 3T-System mérőműszerhez kifejlesztettem egy kiértékelő programot, mellyel a penetrálási eredmények szemléletes formában a talajszelvény nyomáseloszlási térképét (**5. ábra**) ábrázolva értékelhetők ki. Ugyancsak érzékletesen ábrázolja a program az ellenállás és a nedvesség függőleges eloszlását és lehetőséget teremt különböző mérési eredmények egy diagramban történő összehasonlítására is.

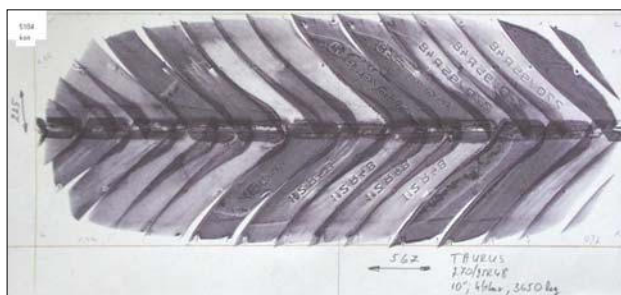


5. ábra

A behatolási ellenállás nyomásértékeinek eloszlása különböző gumiabroncsok alatt vályog talajon

2. 5 különböző sorközművelő gumiabroncsra vonatkozóan meghatároztam a profillenymatokat állandó belső abroncsnyomás és két különböző terhelés mellett.
3. Az abroncs profil lenyomatának meghatározására újszerű dinamikus módszert dolgoztam ki. A Wagner-Biro próbapad segítségével az abroncsot adott terheléssel tudom egy

papírlapra nyomni. Egyszeri lenyomáskor kirajzolódik az abroncsprofil hagyományos képe. Ezt követően folyamatosan egyetlen bordaszélességgel elforgatva az abroncsot, egy újabb lenyomatot készítettem. Egy teljes fordulat alatt kirajzolódik az abroncs adott terhelésre vonatkoztatott tobozlsru lenyomata, mely sokkal teljesebb képet ad az abroncs kontakt felületét és a gördülési lenyomatát illetően, mint az egyszeri statikus lenyomat. Az elkészült ábrából (6. ábra) pontosan meghatározható az abroncs lenyomat teljes kontúrja, valamint látható az intenzív nyomásnak (kopásnak) felületek elhelyezkedése és aránya, amely információk a konstruktőrök számára nélkülözhetetlen.



6. ábra

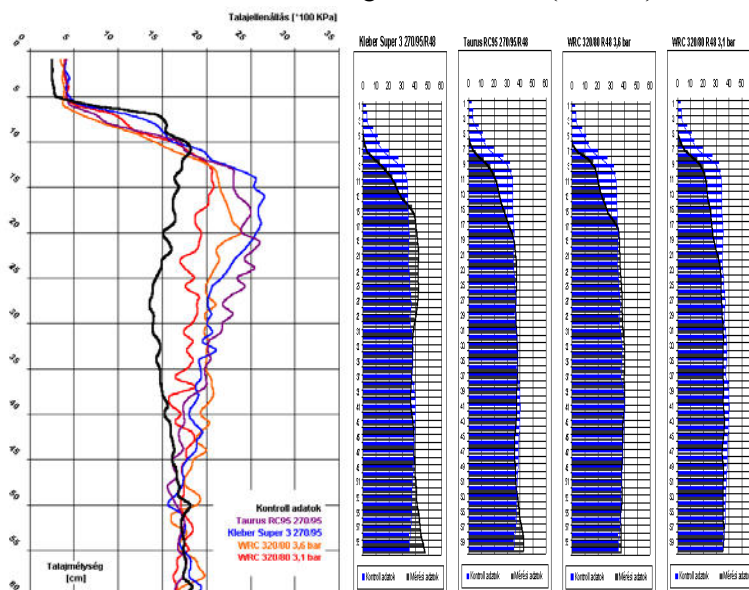
A Taurus 270/95 R48 gumiabroncs teljes profilnyomata

4. A talaj mechanikai jellemzőinek pontosabb megismerésére megterveztem és kialakítottam két olyan nyomófejet, amelynek felülete a vizsgált Taurus WRC 320/80 típusú gumiabroncs talajlenyomatával azonos és a kör keresztmetszetű nyomófej lekerekítési sugara a talajba nyomott abroncsfelszín görbületével megegyező.
5. Összeállítottam egy olyan mérési rendszert, amelynek segítségével szabályozható módon tudtam az adott nyomófejeket a talajba nyomni. A mérőrendszert a vizsgálatok során sikerrel alkalmaztam.
6. A sorközművelő abroncsok összehasonlításában arra az eredményre jutottam, hogy két forma jellemzi a sorközművelő abroncsok profilját. Az első típusba tartozik a Kleber és a Michelin, amely abroncsoknál a teljes területhez

képest kicsi a bordák felülete. A másik típusba tartozik a Taurus és az Alliance, ahol a bordák jelentős felületet képviselnek a lenyomatból.

7. Megállapítottam azt, hogy a tömörítő hatást illetően a gumibroncsok lenyomatának szélessége inkább meghatározó, mint a lenyomat hossza. A szélesebb lenyomatú abroncsok talajtömörítése szignifikánsan kisebb volt, mint a keskenyebb lenyomatú abroncsoké.
8. Megállapítottam, hogy 0,5 bar belső nyomás csökkentés szignifikánsan csökkenti a talaj tömörödését. Ez a kedvező hatás a növénytermesztés szempontjából legfontosabb felső 20 cm-es talajrétegben érvényesül a leginkább.
9. Az azonos profilú és azonos belső nyomású, azonos terhelésű abroncsok talajtömörítését illetően eltéréseket találtam, ezek azonban nem voltak szignifikánsak.
10. Meghatároztam a különböző talajokon a terhelés előtti és a terhelés utáni kúposindex értékeket. A kúposindex változása alapján megállapítható, hogy valamennyi talajtípus esetében a szélesebb futófelületű és alacsonyabb profilú abroncs kevésbé terheli a talajt.
11. Megállapítottam, hogy a nyomás eloszlási görbék talajtípusonként különbözőek. Azonos kerékterhelés esetén a száraz, tömör talajon a nyomáseloszlási görbe (nyomáshagyma) közel kör alakú. Nedves és könnyű talajokon a nyomáseloszlási görbék nyújtottak, ezért a talajnyomás mélyebben fejti ki tömörítő hatását. Azt tapasztaltam, hogy a nyomáscsúcsok általában a gumibroncs középvonalában helyezkednek el. Megállapítottam, hogy a nyomáseloszlás elsősorban a terheléstől és a talaj fizikai jellemzőitől függ.
12. Megállapítottam, hogy már egyetlen statikus gumibroncs terhelés után is jelentős változás jön létre a talaj felszíni rétegeinek tömörödöttségében, amely károsan befolyásolhatja a növény gyökérzetének fejlődését.
13. Megállapítottam, hogy a gumibroncs terhelése nyomán a talaj tömörödöttsége mellett a talaj nedvességeloszlása is megváltozik. E szempontból az az abroncsprofil tekinthető a

kedvezőbbnek, amely kisebb változást okoz a talaj vízháztartásában és nedvesség eloszlásában. (7. ábra)



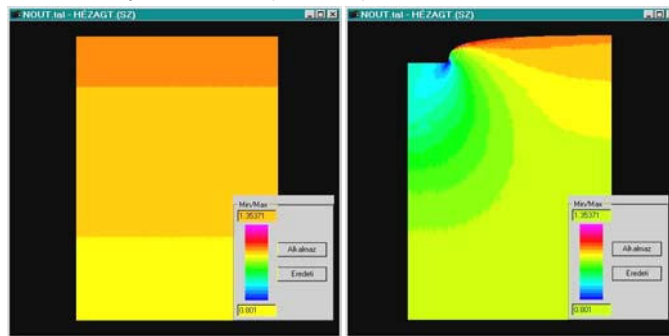
7. ábra

A talaj tömörödtségének és nedvességtartalmának változása különböző abroncs típusokkal való terhelés után

14. A nyomófejes vizsgálatokból meghatároztam adott statikus terhelés mellett a nyomófejek talajba süllyedésének jelleggörbéjét. Úgy tapasztaltam, hogy a besüllyedés mértékét leginkább a nyomófejek alakja és a talajjal érintkező felülete határozza meg.
15. A terhelés hatására bekövetkező talajnedvesség változása és a talajjellenállás változása között szoros összefüggést találtam. A talajnedvesség növekedése talajjellenállás csökkenést okoz.
16. Megállapítottam, hogy a felszín tömörödtsége meghatározza a talaj tömörítő erőkkel szembeni érzékenységet. A felszín közeli tömörödött réteg bizonyos mértékig gátat szab a tömörítő erők mélységbeli terjedésének.
17. A gumiabroncs a talajréteg felső 12-20 cm-es rétegére fejt ki legkedvezőtlenebb hatását. A legalsó (40-60 cm) tömörödött

réteg kialakulásáért a gumiabroncsok ismétlődő, terhelő hatása a felelős. A középső talajrétegek (20-40 cm) tömörödtségének egyéb más oka is lehet (pl. a helytelenül végzett agrotechnikai műveletek pl. eketalp stb.)

18. Az VEM program vizsgálati eredményeiből egyértelműen megállapítható, hogy az általam vizsgált Cambridge Cam Clay anyagmodell adekvátan tükrözi a talajok tiszta nyírás alakváltozása következtében előálló jelentős térfogatváltozást. Ezen térfogatváltozás a modell alkalmazása során lehet akár tömörödés, akár tágulás. A vizsgálatok során megállapítottam, hogy a modell alkalmas a vizsgált korábbi feszültségállapot történetétől függő térfogatváltozásának leírására is. Úgy tapasztaltam, hogy a modell bizonyos határokon belül jól közelíti a talajban lejátszódó folyamatokat. **(8. ábra)**



8. ábra

A hézagtényező változása a véges elemes számítógépes modell kísérletben

19. A mérések és számítások egyaránt igazolták, hogy az erőbesüllyedés görbe a szerkezetes mezőgazdasági talaj (homokos vályog) esetén jó közelítéssel írja le a nyomófejek terhelőerő hatására létrejövő mozgását a talajban. Az általam meghatározott függvény egy rugalmas, majd képlékenyen felkeményedő tendenciát mutat.
20. Megállapítottam, hogy a modell számítási eredményeit döntően meghatározza a talaj kiindulási (insitu) feszültségi állapota és a kezdeti mechanikai paraméterek értékei.

4. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A különböző gumibroncsok értékelésére és talajfizikai hatásainak vizsgálatára új módszert és eszközrendszert dolgoztam ki.

- a. Az egy bordaszélességgel körbeforgatott profil a gumibroncs merev felületen való gördülési lenyomatának eddig nem ismert meghatározását teszi lehetővé.
- b. A gumibroncsok talajra gyakorolt hatásainak vizsgálatára kidolgozott mérés metodikai és számítógépes értékelő program segítségével minősíthetők az abroncsok talajtömörítő tulajdonságai. Meghatároztam a gumibroncsok nyomáseloszlási térképét, és az így szerzett ismeretek birtokában ellenőrizhetővé válnak a kerék alatti nyomáseloszlásra vonatkozó elméleti összefüggések és eredmények.

2. A gumibroncsok talajra gyakorolt hatásának vizsgálata során:

- a. Kimutattam, hogy a gumibroncs belső légnyomásának döntő szerepe van a talaj állapot változására. Megállapítottam, hogy 0,5 bar belső nyomás csökkentés már szignifikánsan csökkenti a talaj tömörödését.
- b. Megállapítottam, hogy már egyetlen statikus abroncsterhelés is jelentős talajtömörödést okoz.
- c. A sorközművelő abroncsok a talaj felső 20-cm-es rétegét tömörítik a leginkább.
- d. Szoros összefüggés van a terhelés hatására bekövetkező talajnedvesség és a talajellenállás változása között.
- e. Megállapítottam, hogy a legnagyobb nyomásértékek nem, közvetlenül az abroncs alatt, hanem attól 8-10 cm-rel mélyebben találhatók.
- f. A kúposindex változás alapján megállapítottam, hogy valamennyi talajtípus esetén a szélesebb futófelületű

és alacsonyabb profilú abroncs terheli kevésbé a talajt.

- g. A talajtömörítést a gumiabroncsok lenyomatának szélessége jobban befolyásolja, mint a nyomat hossza.

3. Nyomófejekkel végzett vizsgálatok alapján:

- a. Megállapítottam, hogy az általam használt nyomófej alakja nem befolyásolja szignifikánsan a mérés eredményét. A besüllyedés mértékét elsősorban a nyomófejek talajjal érintkező felülete határozta meg.
- b. A nyomófejjel végzett modellezés és a meghatározott függvény jól írja le a gumiabroncs talajba süllyedésének folyamatát. A függvény egy rugalmas, majd képlékenyen felkeményedő tendenciát mutat.
- c. Megállapítottam, hogy a besüllyedés jelentős része terhelési időintervallum első részében létrejön, majd ezt követően a besüllyedés lelassul. A nyomófejek besüllyedése egy bi-lineáris görbével jellemezhető a legjobban.

4. A végelemes modell kísérletek eredményei nyomán:

- a. Egyértelműen megállapítható, hogy az általam vizsgált Cambridge Cam Clay anyagmodell adekvátnan tükrözi a talajok tiszta nyírási alakváltozása következtében előálló jelentős térfogatváltozását. A vizsgálatok igazolták, hogy a modell alkalmas a vizsgált talajszelvény korábbi feszültségállapot történetétől függő térfogatváltozásának leírására is. Úgy tapasztaltam, hogy a modell bizonyos határokon belül jól közelíti a talajban lejátszódó folyamatokat.
- b. Megerősítettem, hogy modellel végzett számítások eredményeit alapvetően meghatározza a talaj kindulási (in situ) feszültségi állapota és a mechanikai paraméterek értékei.

5. JAVASLATOK

1. Az abroncs profil lenyomatának újszerű meghatározásával az abroncs kontaktfelületét és a gördülési lenyomatát illetően sokkal teljesebb képet kapunk, mint a hagyományos módszerrel. Az elkészült ábrából pontosan meghatározható az abroncs lenyomat teljes kontúrja, valamint látható az intenzív nyomásnak (kopásnak) felületek elhelyezkedése és aránya, amely információk a konstruktőrök számára nélkülözhetetlen.
2. A különböző gumibroncstípusok talajfizikai hatásainak vizsgálatára és összehasonlítására kidolgozott új módszert és értékelő programot alapján egyrészt minősíthetők a különböző abroncsok talajfizikai tulajdonságai, másrészt pontosabban kijelölhetők az adott típusú gumibroncsok kedvező és kedvezőtlen alkalmazási területei.
3. A talaj és a gumibroncs kölcsönhatásával kapcsolatban megállapított kutatási eredményeimet mind a szaktanácsadás, mind pedig talaj- és környezetvédelem tekintetében javaslom figyelembe venni.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK LISTÁJA

6.1. Lektorált publikációk, folyóirat cikkek

1. SZÖLLŐSI I. - KISS ZS. P.: (1999). Művelés alatti és művelés nélküli talajok behatolási ellenállás értékeinek változása a tenyészidőszak alatt. Agrárfőisk. Szöv. Tud. Közl. 1999. 20.3. szám. (Ed. Fenyvessy J.) p.118-127.
2. SZÖLLŐSI I. - KISS ZS. P.: (1999). Changing Of The Soil Moisture And Penetration Resistance Values During The Breeding Season Of Uncultivated And Cultivated Soil III. International Multidisciplinary Conference, North University of Baia Mare, Baia Mare, Románia 1999. máj. 21-22. (Ed. Craciun I. et al.) p. 226-232.
3. KISS ZS. P. - SZÖLLŐSI I.: (1999). New Measuring System And Method Of Agricultural Tires on Soil Physics. III. International Multidisciplinary Conference, North University of Baia Mare, Baia Mare, Románia, 1999. máj. 21-22. (Ed. Craciun I. et al.) p. 118-120.
4. СЕВЛЫШУ И. – КУШШ Ж. П. – КОВАЧ З.: (2001). Сравнение традиционной обработки почвы с минимальной обработкой с точки зрения уплотненности почвы. Проблемы экономического и социального развития региону и практика наукового эксперименту, Науковий-техничний сборник, Випуск 17. Ужгородський Державний Університет, Киев-Ужгород. p. 50-55.
5. SZÖLLŐSI I. - KISS ZS. P. - KOVÁCS Z.: (2001). Traditional cultivation and direct sowing in relation to soil compactness. IV. International Multidisciplinary Conference, North University of Baia Mare, Baia Mare, Románia. 2001. máj. 25-26. (Ed. Dan C.P. et al.) p.280-285.
6. KISS ZS. P. - SZÖLLŐSI I. – KRISTON S. – SÁRKÖZI L.: (2001). Development of finite element software for support of design of agricultural tyre on foundation on critical state soil mechanics. IV. International Multidisciplinary Conference,

- North University of Baia Mare, Baia Mare, Románia. 2001. máj. 25-26. (Ed. Dan C.P. et al.) p.140-144.
7. SZÖLLŐSI I. - **KISS ZS. P.** - KOVÁCS Z. – CZIRJÁK T.: (2001). The effect of uncultivation and green manuring on soil resistance and soil humidity. Slovak Agricultural University in Nitra, Inter. Sci. Conf. Analysis of present-day state and prognosis of development technique in farm animal breeding until 2006 under the conditions of the Slovak and Hungarian Republic. (Ed. Lobotka J.) 2001. okt. 26. p. 80-89.
 8. SZÖLLŐSI I. - **KISS ZS. P.** - KOVÁCS Z. – CZIRJÁK T.: (2001). A penetrációs ellenállás változása különböző talajokon a tenyésztidőszak alatt. Agrokémia és Talajtan, TOM 50. NO. 3-4. p. 185-206.
 9. SZÖLLŐSI I. - **KISS ZS. P.** - KOVÁCS Z.: (2002). Homokjavító vetésforgó kísérletek a talajtömörödöttség tükrében. Debreceni Egyetem, ATC. (megjelenés alatt)
 10. **KISS ZS. P.** - SÁRKÖZI L. (2002): Finite element analysis of agricultural soil compaction caused by ellipsoidal shape of rut. University of Miskolc, microCAD Inter. Sci. Conf. Geoinformatics and Spatial Inform. Section, 2002. márc. 7-8. p. 55-64.
 11. SZÖLLŐSI I. - **KISS ZS. P.** - KOVÁCS Z.: (2002). Különböző talajjavító vetésforgók hatása a talajtömörödöttségre. SZIE Gazd. és Mg. Főisk. Kar, Gyöngyös, VIII. Nemz. Agrárökon. Tud. Napok 2002.márc.26-27. (Ed. Magda S.- Dinya L.) p. 345-350.
 12. SZÖLLŐSI I. - **KISS ZS. P.** - KOVÁCS Z.: (2002). Westsik-féle talajjavító vetésforgók hatása a talajtömörödöttségre. Mezőgazdasági Technika, XLIII. évf. 2002. máj. p. 38-39.
 13. SZÖLLŐSI I. – TOLNER L. - **KISS ZS. P.** – KOVÁCS Z.- CZIRJÁK T.: (2002). The effect of uncultivation and green manuring on soil resistance and soil humidity. Bulletin of The Szent István University Gödöllő 2001-2002. (Ed. Füleky Gy. et al.) p.109-118.

14. SÁRKÖZI L. - **KISS ZS. P.**: (2002) Validation process and results of a Cambridge Cam Clay constitutive law based FE package for investigation of terramechanical problems. An Euro Conference on Numerical Methods and Computational Mechanics. 2002. júl. 15-19. University of Miskolc, p. 238-240.

6.2. Konferencia előadások

1. **KISS ZS. P.** – GUBUCZ J. - LENGYEL A. - NAGY K. - SIKOLYA L.: (1997). Mezőgazdasági erőgépek lengéstani vizsgálata. A Magyar Tudomány Napja, Sz-SZ-B. Megy.Tud.Köza. füzetek 10. Nyíregyháza, (Szerk. Vass L.-né) p. 230-231.
2. **KISS ZS. P.** - LENGYEL A. - NAGY K. - SIKOLYA L.: (1998). Különböző mezőgazdasági erőgépek lengéstani modelljének összehasonlítása. XXII. MTA AMB Kut. és Fejl. Tanácskozás, Gödöllő. p. 45/179.
3. **KISS ZS. P.** - SZŐLLŐSI I.: (1998). Evolution of the interaction of agricultural tyres and soils, University of Ungvar, Ungvár, Ukrajna 1998. máj. 29-30. p. 113-115.
4. **KISS ZS. P.**: (1998). Mezőgazdasági gumiabroncsok talajfizikai hatásainak vizsgálata. XXVII. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár. 1998. szept. 29-30. Agrárműszaki szekció, VI. kötet (szerk. Neményi M.) p. 1187-1191.
5. **KISS ZS. P.** - SZŐLLŐSI I.: (1998). Mezőgazdasági gumiabroncsok statikus és dinamikus vizsgálata. Magyar Tudomány Napja, Sz-SZ-B. Megy.Tud.Köza. füzetek 11. Nyíregyháza. 1998. nov. 5. (Szerk. Vass L.-né) p. 100-101.
6. SZŐLLŐSI I. - **KISS ZS. P.**: (1998). Talajok tömörödöttségének komplex vizsgálata. Magyar Tudomány Napja, Sz-SZ-B. Megy.Tud.Köza. füzetek 11. Nyíregyháza, 1998. nov. 5. (Szerk. Vass L.-né) p. 102-103.

7. **KISS ZS. P.** – **SZŐLLŐSI I.:** (1999). Mezőgazdasági gumiabroncsok statikai és dinamikai hatásainak vizsgálata XXIII. MTA AMB. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő. 1999. jan. 20-21. p. 54/145.
8. **KISS ZS. P.** - **SZŐLLŐSI I.** - **SINÓROS-SZABÓ B.:** (1999). New method to tests the effects of agricultural tyres on soil physics. International Conference on subsoil Compaction Christian Albrechts University zu Kiel, Kiel, Németország 1999. márc. 24-26. (Ed. Horn, R. et al.) p. 28-29.
9. **SZŐLLŐSI I.** - **KISS ZS. P.** - **SINÓROS-SZABÓ B.:** (1999). Test on Compactness of uncultivated and cultivated soils. International Conference on subsoil Compaction Christian Albrechts University zu Kiel, Kiel, Németország 1999. márc. 24-26. (Ed. Horn R. et al.)
10. **KISS ZS. P.** – **SZŐLLŐSI I.:** (1999). Mezőgazdasági abroncsok és a talaj kölcsönhatásának vizsgálata a fizikai talajféleségek és az abroncsméreték rendszerén belül. Magyar Tudomány Napja, Sz-SZ-B. Megy.Tud.Köza. füzetek 12. Nyíregyháza. 1999. nov.5. (Szerk. Vass L.-né) p. 156-157.
11. **KISS ZS. P.** – **SZŐLLŐSI I.:** (1999). Sorközművelő mezőgazdasági gumiabroncsok összehasonlító vizsgálatai a nyíltszíni mérőrendszerben. Magyar Tudomány Napja, Sz-SZ-B. Megy.Tud.Köza. füzetek 12. Nyíregyháza. (Szerk. Vass L.-né) p.158-159.
12. **KISS ZS. P.** - **SZŐLLŐSI I.:** (2000). Mezőgazdasági gumiabroncsok profilfejlesztésével kapcsolatos vizsgálatok. XXIV. MTA AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő 2000. jan. 18-19. Összefoglaló kiadvány (szerk. Tóth L. – Benkóné Pongó D.) p. 47/128.
13. **KISS ZS. P.** – **SÁRKÖZI L.:** (2000). Talajmechanikai vizsgálatok végeselemes modell felállításához. A Magyar Tudomány Napja, Sz-SZ-B. Megy.Tud.Köza. füzetek 14. Nyíregyháza. 2000.nov.5. (Szerk. Vass L.-né) p. 210-211.

14. **KISS ZS. P.:** (2000). Művelési technológiák vizsgálata a talaj- és környezetkímélés szempontjából. A Magyar Tudomány Napja, Sz-SZ-B. Megy.Tud.Köza. füzetek 14. Nyíregyháza. 2000.nov.5. (Szerk. Vass L.-né) p. 208-209.
15. **KISS ZS. P. - SZÖLLŐSI I.:** (2001). Véges elemű talajmodell. XXV. MTA AMB. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő 2001. jan. 23-24. Összefoglaló kiadvány (szerk. Tóth L.-Benkóné Pongó D.) p.17-18.
16. **SZÖLLŐSI I. - KISS ZS. P. - KOVÁCS Z.:** (2001). A hagyományos talajművelés és direktívés összehasonlítása talajtömörödöttség tükrében. XXV. MTA AMB., Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő 2001. jan. 23-24. Kiadvány (szerk. Tóth L.-Benkóné Pongó D.) 3. kötet, p. 123-129.
17. **KISS ZS. P.:** (2001). Végeselemes modell a gumiabroncs-talaj kapcsolat vizsgálatára. A Magyar Tudomány Napja, Sz-SZ-B. Megy.Tud.Köza. füzetek 15. Nyíregyháza. 2001.nov.5. (Szerk. Vass L.-né) p. 188-189.
18. **KISS ZS. P. – SZÖLLŐSI I. - SÁRKÖZI L.:** (2002). Próbatestekkel végzett vizsgálatok a gumiabroncs-talaj kapcsolat modellezésére. XXVI. MTA AMB. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő 2002. jan. 15-16. Összefoglaló kiadvány (szerk. Tóth L.-Benkóné Pongó D.) p.16.
19. **KISS ZS. P. - SÁRKÖZI L.:** (2002). Mezőgazdasági gumiabroncsok talajfizikai tulajdonságainak értékelése. EU konform mezőgazdaság és élelmiszerbiztonság, Szakmai konferencia, DE ATC, Debrecen, 2002. szept. 23. p. 369-374.