

INTERDISZCIPLINÁRIS AGRÁR- ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Dr. Nagy János

DSc, egyetemi tanár

Témavezetők:

Dr. Grasselli Gábor

CSc, egyetemi docens

Dr. Patay István

PhD, egyetemi tanár

**A MŰVELÉS HATÁSA A TALAJOK RÖGKÉPZŐDÉSÉRE ÉS A
RÖGAPRÍTÁS ENERGETIKAI ÖSSZEFÜGGÉSEI**

Készítette:

Virág Sándor

főiskolai docens

doktorjelölt

Debrecen

2005.

A MŰVELÉS HATÁSA A TALAJOK RÖGKÉPZŐDÉSÉRE ÉS A RÖGAPRÍTÁS ENERGETIKAI ÖSSZEFÜGGÉSEI

Értekezés a doktori (Ph.D) fokozat megszerzése érdekében az
Agrártudományok tudományterületén
Növénytermesztés és kertészet vagy Földtudományok tudományágban

Írta: Virág Sándor doktorjelölt

A Doktori Iskola neve: Interdiszciplináris Agrár- és Természettudományok Doktori Iskola

A Doktori Iskola vezetője: Prof. dr. Nagy János az MTA doktora

Témavezetők: Dr. Grasselli Gábor CSc, egyetemi docens
Dr. Patay István PhD, egyetemi tanár

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tud. Fokozat
Elnök:	Dr. Nagy János	DSc, egyetemi tanár
Tagok:	Dr. Csizmazia Zoltán	CSc, egyetemi tanár
	Dr. Patay István	PhD, egyetemi tanár

A doktori szigorlat időpontja: 1999. február 1.

A bíráló bizottság:

	Név	Tudományos fokozat	Aláírás
Elnöke:	Dr. Csizmazia Zoltán	CSc	
Tagjai:	Dr. Szüle Zsolt	CSc	
	Dr. Blaskó Lajos	CSc	

Titkár:

Opponensei:	Dr. Birkás Márta	DSc
	Dr. Kocsis István	CSc

Az értekezés védésének időpontja: 2005. október 26.

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	5
1. IRODALMI ÖSSZEFOGLALÓ	8
1.1. A talajművelés jelentősége, célja és feladata	8
1.2. A talajművelés rendszere.....	11
1.3. A szántásra alapozott talajelőkészítés és eszközei.....	14
1.4. Szántás (forgatás) nélküli talaj-előkészítés.....	18
1.4.1. Tárcsás alapművelésre épülő rendszer.....	19
1.4.2. Nehézkultivátoros alapművelésre épülő rendszer.....	21
1.4.3. Középmélylazítóra alapozott rendszer.....	23
1.4.4. Talajmaróra épülő rendszer.....	25
1.5. A talajművelés minőségét és a talaj rögzösödését befolyásoló tényezők.....	26
1.5.1. A növények talajállapot igénye.....	26
1.5.2. A talajművelés minőségét befolyásoló fizikai és kémiai talajtulajdonságok.....	29
1.5.3. A talajállapotot befolyásoló változó talajfizikai jellemzők.....	34
1.6. A talajtömörödés hatása.....	39
1.7. A talajművelő eszközök hatása a talajok rögzösségére	41
1.7.1. A tarlóhántás eszközei	41
1.7.2. Az alapművelés eszközei	42
1.7.3. A szántáselmunkálás és a magágykészítés eszközei	48
1.7.4. Hajtott talajelmunkáló eszközök	62
1.8. A hagyományos talajelmunkáló eszközök rögzapritó hatásai.....	71
1.8.1. Rögzapritás nyírással/vágással	72
1.8.2. Rögzapritás nyomással.....	75
1.8.3. Rögzapritás ütközéssel.....	78

2.	VIZSGÁLATI ANYAG ÉS MÓDSZER.....	82
2.1.	Szántóföldi rögzítési vizsgálatok	82
2.2.	Rögtörési vizsgálatok.....	84
2.3.	A kényszeraprítás elvén működő kísérleti eszköz energetikai vizsgálata	85
2.3.1.	A kísérleti eszköz szerkezete és működése	85
2.3.2.	Vizsgálatok menete, módszere	89
3.	A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI	96
3.1.	Szántóföldi vizsgálatok eredményei	96
3.2.	Rögtörési kísérletek eredményei	98
3.3.	A kényszeraprítás elvének módszertani eredményei	102
3.3.1.	A rög erőviszonyai szűkülő részben	104
3.3.2.	Erőviszonyok kényszertovábbítás esetén	105
3.3.3.	Áramlási- és sebességviszonyok	109
3.3.4.	Az aprítás energiaigénye	113
3.4.	A rögfrakció vizsgálatok eredményei.....	114
3.5.	Energetikai vizsgálatok eredményei.....	118
3.5.1.	A fajlagos energia és a nedvességtartalom közötti összefüggés vizsgálata	122
3.5.2.	A fajlagos energia és a kötöttség közötti összefüggés vizsgálata	123
3.5.3.	A fajlagos energia, a kötöttség és a nedvességtartalom együttes értékelése	124
4.	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	128
5.	ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	132
	ÖSSZEFOGLALÁS	135
	IRODALOMJEGYZÉK	139
	A TÉMÁHOZ TARTOZÓ SAJÁT PUBLIKÁCIÓ.....	143
	MELLÉKLETEK JEGYZÉKE	

BEVEZETÉS

Magyarországon a fenntartható fejlődés egyik alapeleme, a legfontosabb természeti erőforrásunkat képező talajkészletünk ésszerű hasznosítása, védelme, megóvása és sokoldalú funkcióképességének fenntartása (VÁRALLYAY, 1993).

A növénytermesztés eredményessége és a környezet védelme érdekében törekednünk kell arra, hogy ésszerű talajhasználattal megóvjuk, illetve fokozzuk talajaink termékenységet és mérsékeljük a termékenységet gátló tényezőket.

A talajok állapotát veszélyeztető folyamatok közül a talaj fizikai degradációja (a tömörödés és a szerkezetleromlás) és az ebből következő káros hatások (a rögzösödés és a porosodás) világméretű problémává váltak.

OLDEMAN et al. (1990) adatai szerint a világon 83,3 millió hektáron mutatható ki a fizikai degradáció valamilyen formája, Magyarországon a mezőgazdaságilag hasznosítható terület 19 %-a (1,2 millió hektár) kedvezőtlen altalajú, tömörödéssre hajlamos, ebből mintegy 12 000 ha erősen tömörödött (BIRKÁS, 1997).

A „minőségbiztosítás” a talajművelésben meglehetősen problematikus még akkor is, ha a műveléshez minden szükséges ismeret és technika adott. Számos feltételnek kell együttesen rendelkezésre állnia ahhoz, hogy egy-egy termesztési ciklusban a termesztett növény igényei szerinti talajállapotot tudjunk biztosítani úgy, hogy közben a talajdegradáló mellékhatások ne legyenek számottevőek. Szerencsére a talaj bizonyos határok között toleráns a beavatkozásokkal szemben, viszont, ha kellő regenerációs időt nem biztosítunk a talaj számára, vagy közben újabb kedvezőtlen hatások érik, a degradált állapot állandósul, ami jelentősen csökkenti a talaj termőképességét.

Megállapítható, hogy mind a talaj, mind pedig az eszköz oldaláról optimális feltételek szükségesek ahhoz, hogy a művelet, vagy a művelés egész rendszere kiváló eredményt adjon.

A talajművelő eszközök (meg az egyszerűbbek is) hatása a talajra bonyolult, összetett, azonban minden esetben megjelölhető az a mechanikai effektus, amely a talajállapotra döntően hat. Ha a kiválasztott művelőeszköz alapvető mechanikai hatásai nem érvényesülnek, rendszerint nemkívánatos mellékhatásokra számíthatunk. A technikai megválasztásánál is gyakori a kényszer, amely abból fakad, hogy a gazdaság rendelkezésére álló eszközállomány korlátozott.

Ha egyébként minden feltétel adott, az üzemeltetés is lehet bizonyos veszélyek forrása. Ilyen lehet például a művelőtestek kedvezőtlen elrendezése és állapota, a helytelen gépbeállítás, vagy a nem megfelelő művelési sebesség. Az öreg, elavult technika gyakran objektíve nem teszi lehetővé a művelet kiváló minőségben történő elvégzését.

A jó művelhetőség a talajállapot, ezen belül a nedvességtartalom függvénye. Pontosan tudjuk, hogy mely művelőeszköz, adott talajon, milyen nedvességtartományban végezhet jó minőségű munkát.

A talajállapottal szorosan összefüggő tényező a „művelési kényszer”. Amennyiben nincs lehetőség megvárni azt a talajfizikai állapotot, amely mellett a művelést a legkedvezőbb feltételekkel végezhetnénk el, óhatatlanul művelési hibákat követünk el.

A talajállapot inhomogenitása és a termőréteg mozaikossága (összetétel, kötöttség, stb.) is objektív művelési hibák forrása lehet, amelyek elkerülésére kivitelezhető módszerek nincsenek.

A nyárvégi és őszi időszakban a talaj művelt rétegének nedvességtartalma általában kisebb a művelési optimumnál, illetve nagyon rövid az optimális művelésre alkalmas időintervallum. Kötött talajokon a kiszáradás a talajellenállás megnövekedését okozza, ezért ezeken a területeken az őszi magágyak minősége rendszerint nem felel meg a követelményeknek. A problémát súlyosbítja, hogy a nagyfokú rögzösödés miatt a magágy készítésére fordított gépi műveletek száma – így energiaigénye is – igen magas. Ebben a helyzetben a hagyományos műveléstechnika és eszköztár felülvizsgálatra szorul, hiszen egy szárazabb, aszályosabb éghajlat mellett az egyébként bevált technika nem használható feltétlenül azonos biztonsággal. A nedvességmegőrzés, a talaj kiszáradásának megakadályozása a korábbinál is nagyobb jelentőséget kell hogy kapjon, függetlenül egyéb technológiai elemek fejlesztésétől.

Az alkalmazkodás egyik útja, hogy olyan talajművelési eljárásokat, technológiákat honosítsunk, amelyek szárazabb klíma mellett is bizonyítottan biztonságos termelést tesznek lehetővé (minimum tillage, row-tillage, no tillage, dry farming, stb. módszerek). A másik út az eszközfejlesztés. Művelőeszközeink munkaminősége érthető módon erősen talajnedvesség-függő. A konstrukciós paraméterek, szerkezeti megoldások megváltoztatásával elérhető, hogy a szerszámok alacsonyabb nedvességtartalom mellett is jó minőségű munkát végezzenek, vagy – amennyiben a hagyományos eszközökkel a szárazművelés nem biztosítható – új megoldásokat kell keresni.

A kötött talajok magágykészítési problémáinak megismerése, az okok és lehetőségek feltárása céljából vizsgálatokat végeztem Szarvas környéki gazdaságok területén. A szántóföldi vizsgálatok eredményei arra ösztönöztek, hogy behatóbban foglalkozzam a rögzapítás elméleti kérdéseivel, az elmunkáló eszközök energiamérlegével és egy újszerű száraz viszonyok között is jó munkaminőséget biztosító, de alacsony

energiaigényű eszköz kialakításának lehetőségével. Dolgozatom e munka eredményeit foglalja össze.

Kutatómunkám célkitűzései a következők voltak:

- A talajművelés nemzetközi és hazai szakirodalmának feldolgozásával a kutatási téma aktualitásának igazolása, különös tekintettel a talajkímélő és energiatakarékos művelési eljárásokra.
- A hagyományos szántáselmunkáló és magágykészítő eszközök rögaprító hatásának értékelése.
- Talajfelszíni röghfrakció-eloszlás meghatározása száraz, kötött talajok esetén az alapművelést követő talajelmunkálás (magágykészítés) minőségének értékelésére.
- A rögaprítás fajlagos energiaigényének meghatározása különböző talajtípusok, illetve talajállapotok esetén.
- A kényszeraprítás elméleti összefüggéseinek kidolgozása.
- A kényszeraprítás elvén működő talajelmunkáló eszköz fontosabb műszaki jellemzőinek meghatározása.
- A kényszeraprítás elvén működő modell-eszköz funkcionális és energetikai vizsgálata.

A célkitűzésben foglaltak megvalósításával szeretném elősegíteni egy új rendszerű, energiatakarékos talajművelő eszköz gyakorlati alkalmazását és elterjedését. Témaválasztásomat elsősorban az motiválta, hogy lehetőségeimhez képest munkámmal hozzájáruljak a fenti célok és feladatok megvalósításához.

A kutatómunkához és a dolgozat elkészítéséhez nagy segítséget nyújtott az 5601/1997. és a 2387/1998. számú Felsőoktatási Programfinanszírozási Pályázat sikeres elnyerése, illetve a Tessedik Sámuel Főiskola és a Debreceni Egyetem Agrárcentrumának sokoldalú támogatása.

1. IRODALMI ÖSSZEFOGLALÓ

1.1. A talajművelés jelentősége, célja és feladata

A talajművelés az évszázadok folyamán sok változáson ment át, jelentősége azonban mind a mai napig nem csökkent, sőt inkább nőtt.

Az Amerikai Egyesült Államokban már 40 évvel ezelőtt voltak olyan vélemények – a minimális talajművelési eljárások kidolgozása kapcsán – amelyek kétségbe vonták az egyes talajművelési eljárások végrehajtásának jogosultságát és elegendőnek ítélték a talaj megmunkálását csupán oly mértékben, hogy a vetőmag kellő mélységben a talajba jusson (BLAKE, 1964).

Ugyanakkor Nyugat-Európában STOPPEL (1980) és mások elkerülhetetlennek tartották az igényesebb, sokszor bonyolult gépek bevezetésével a talajművelés minőségének javítását, ezáltal a talajművelés költségeinek növelését.

A talajművelés fontosságát kiemeli az a tény, hogy a termést egyes becslések szerint (LŐRINCZ – SIPOS G. – SIPOS S., 1978) a talajművelés 20 %-ban, a fajta és a műtrágyázás 50 %-ban, a növényvédelem 15-20 %-ban befolyásolja.

A talajművelés célját CSERHÁTI a századfordulón még kilenc pontba foglalva fejtette ki. GRÁBNER (1956) már általánosabban fogalmaz: „A talajművelés feladata, hogy a természetű növények fejlődésére a vetéstől aratásig a lehető legkedvezőbb feltételeket biztosítsa.”

MANNINGER (1938) a talajművelés célját, ülepedett talaj esetén, a levegő és a víz befogadásának elősegítésében, a gyomok irtásában és a tarlómaradványok eltüntetésében, valamint a magágykészítésben jelöli meg.

KEMENESY (1961) technikai célkitűzésként a tarlók, zöldtrágyák és szerves trágyák talajbavitelét, a jó minőségű magágy megteremtését, a gyomirtást, a kártevők és kórokozók irtását, valamint a kedvező víz- és levegőviszonyok kialakítását említi. Biológiai célkitűzésként a talajérettséget nevezi meg.

A külföldi szerzők az előző célkitűzéseken túlmenően még további célokat is megjelölnek, így MITSCHERLICH (1954) egyik fő szempontként a talaj lazítását emeli ki, mint a gyökerek talajba hatolásához szükséges energia csökkentésének lehetőségét. Kiemeli a talajművelés tápanyagfeltárási szerepét, a forgatás és a talajrétegcseré szükségességét is.

A fentiekben megfogalmazott célokat a talaj forgatásával, keverésével, porhanyításával, a felszín lazításával vagy tömörítésével valósíthatjuk meg. Az alapvető célt azonban a termesztett növények igényeinek megfelelően kell kielégíteni. Egyes növények ugyanis sekély, mások mélyebb magágyat igényelnek, így a fentiekén túl a talajművelés elsődleges célja olyan magágy kialakítása, amely elősegíti az egyenletes kelést és a gyökérfejlődést. A talajművelés biztosítja a szél és víz okozta károk csökkentését, az elhalt növényi maradványok leforgatását, a gyomok irtását és a felszín alakítását.

A sokféleképpen megfogalmazott talajművelési célkitűzéseket SIPOS (1978) egy mondatba foglalta, a következők szerint: „A talajművelés alapvető és közvetlen célja mechanikai úton olyan talajfizikai állapot létrehozása, amely a talajban végbemenő folyamatok szabályozásával a termesztési kívánt növény igényét optimális mértékben kielégíti.”

Ahhoz, hogy a művelés adott évben és hosszabb időszak alatt is biztonságosan alapozhassa a növénytermesztést, meg kell feleljen a következő szempontoknak (BIRKÁS, 1996):

- kímélje a talaj szerkezetét, biológiai tevékenységét
- csökkentse a talaj nedvesség-vesztését és ezáltal
- segítse elő a növények kedvező fejlődését.

A talajművelés hatékonysága, minősége és tartóssága attól függ, hogy a felsorolt célokat, illetve feladatokat mennyiben teljesíti. A művelési feladatok teljesítésének színvonala befolyásolja a tájvédelem és a termesztés eredményességét, valamint a termelés gazdaságosságát is.

A talajt alkotó részecskék szorosabb vagy lazább összetartozásától függően a talaj állapota tömödött vagy laza lehet. Az adott pillanatban jellemző állapot, valamint a talaj védelmét és a növény igényét jellemző állapot közti különbség alapján választható meg a művelés technológiája, azaz a művelés módja, mélysége és eszköze (BIRKÁS, 1996). A talajművelési rendszer meghatározásakor figyelembe kell venni a természeti, agrotechnikai és az üzemi viszonyokat is.

A természeti viszonyok közül hazánkban az éghajlat különösen fontos. A csapadék eloszlása, a hótakaró vastagsága, a talaj hőmérséklete igen ingadozó, a száraz és csapadékos évek szerint periodikusan változik. 2-3 csapadékos évet 6-8 száraz és közepes csapadéku év követ és ezekből 1-2, esetenként több is kimondottan aszályos.

Az aszályos években a leggondosabb talajműveléssel kell a talaj vízkészletének megőrzéséről és a lehulló csapadék helybentartásáról gondoskodni (NYÍRI, 1993).

Csapadékos évjáratokban, valamint hazánk csapadékos vidékein a talaj

vízbefogadásának fokozásán kívül a talajfelszín párologtatóképességének növelése is a művelés feladata.

Az agrotechnikai viszonyok közül számolni kell a termesztett növények igényeivel és sorrendjével. A legfontosabb szempontok közé sorolhatók a talajviszonyok. A talaj kötöttsége, szerkezete, a művelt réteg vastagsága, a talaj típusa, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai döntő hatással vannak a talajművelési rendszerre. Nem hagyható figyelmen kívül a tápanyag-visszapótlás sem, amit a talajműveléssel össze kell hangolni. NAGY J. et al. (1998) vizsgálatai szerint kedvezőbb tápanyag-ellátottság mellett javul a növények vízhasznosítása, a talajművelés hibái javíthatók és növelhető a gazdálkodás hatékonysága. Az üzemi viszonyok közül szem előtt kell tartani a gazdálkodó egység erő- és munkagép-ellátottságát, technikai színvonalát.

A talajművelés gépesítésének fejlődésével a látszólag hasonló célra kialakított talajművelő gépeknek egyre bővebb választéka áll a gazdálkodók rendelkezésére. Az egyes talajművelő eljárásokhoz gyakran 8-10 különböző géptípus közül kell kiválasztani azokat, amelyekkel az adott viszonyok között a legrövidebb idő alatt, a legkevesebb ráfordítással, a legjobb minőségben végezhető el a munka.

A gépesítési lehetőségek ismeretében a talajművelési rendszer keretein belül kell kidolgozni a talajművelési technológiát, amely tartalmazza:

- az erőgéptípusokat,
- a talajművelőgép típusokat,
- a munkagépekre szerelt művelőszerszámokat és azok beállítását,
- a gépkapcsolásokat, gépkombinációkat,
- a munkasebességet és az üzemelési módokat,
- valamint a gépcsoportok üzemeltetési sorrendjét.

Gyakorlati tapasztalatok és felmérések bizonyítják, hogy talajaink igen sok esetben túlműveltek (BIRKÁS, 1988). A talaj előkészítésekor a költséges és energiaigényes, ugyanakkor a növény által nem igényelt mélyművelés még mindig általánosnak tekinthető. Az elmunkáló műveleteket gyakran nagyteljesítményű erőgépekkel indokolatlanul sok munkamenetben (önálló simítózás, hengerezés, fogasolás, stb.) végzik, ami nagy energiabefektetést igényel. A talajművelési technológia gondos kidolgozásával, a jó munkaminőség mellett igen jelentős megtakarítást érhetünk el az energiateljesítmény és a munkaerőgazdálkodás területén.

1.2. A talajművelés rendszere

A talajművelési rendszer egy meghatározott területen egy vagy több növény sikeres és gazdaságos termesztéséhez szükséges talajművelési eljárások összessége. A művelési eljárás több különböző hatékonyságú műveleti elem egyidejű vagy egymást követő sorozata, elnevezése a művelőeszközök alapján történik (pl. eke-szántás, tárcsa-tárcsázás, stb.). A művelési eljárásokra jellemző műveleti elemeket és a művelőeszközök hatásait BIRKÁS (1996) nyomán az **1. táblázat** tartalmazza.

1. táblázat

Talajművelő eszközök munkájának jellemzése a műveleti elemek szerint (BIRKÁS, 1996)

Művelőeszközök	Műveleti elemek					Felszínalakítás	
	for-ga-tás	lazi-tás	porha-nyítás	keve-rés	tömö-rítés	hullá-mosítás	egyen-getés
1. Eke	Xxx	xxx	xx	x	-	X	-
2. Lazító	-	xxx	x	x	-	X	-
3. Tárcsa	X	xx	xx	xxx	-	X	-
4. Talajmaró	-	xxx	xxx	xxx	-	-	x
5. Kultivátor							
- rugós kapával	-	xx	xxx	xxx	-	x	-
- merev kapával	-	xx	x	x	-	x	-
6. Ásóborona	-	X	xxx	xx	-	X	-
7. Borona							
- fogas	-	x	xx	x	-	x	x
- forgó	-	x	xxx	xx	-	-	x
8. Henger							
- profilos	-	-	x	-	xxx	xxx	x
- sima	-	-	x	-	xx	-	xxx
9. Simító							
- egyengető	-	-	x	-	x	-	xx
10. Forgóelemes							
- egyengető	-	X	xx	xx	x	-	xx
11. Kombinátor	-	xx	xx	xx	xx	-	xx

Magyarázat: xxx kiválóan xx jól
x közepesen - nem vagy csekély mértékben

A műveleti elemek külön-külön vagy valamely alapvető eljárás-ként együttesen fejtik ki hatásukat. A művelési eljárások egy része az elsődleges talajmunka (alapművelés) elvégzésére alkalmas, így a szántás, a tárcsás és nehézkultivátoros művelés, valamint más, aktív művelőeszközű géppel végzett művelés (pl. talajmaróval, forgóboronával,

vagy lengőboronával). A tárcsa, a talajmaró és a nehézkultivátor azonban lehet a tarlókántás és ápolás, a sekély felszíni lazítás és a porhanyítás eszköze is.

Az egymást követő és kölcsönösen kiegészítő művelési beavatkozások teszik lehetővé, hogy a talaj fizikai, kémiai és biológiai folyamatai a termesztendő növény számára kedvezően alakuljanak.

A talajművelés rendszerezhető a növények vetési ideje, a talajtípus, a különleges feladatok és irányzatok, valamint a szerzők által kidolgozott módszerek szerint (**2. táblázat**).

2. táblázat

Talajművelési rendszerek

Nyár végi, őszi, tavaszi, másodvetésű növények talajelőkészítése és ápoló eljárásai
Művelési rendszerek a talajok szerint (Pl.: szikes talajok)
Szerzőkről elnevezett művelési rendszerek (Pl.: Jean, Sipos Sándor)
Új talajművelési irányzatok és rendszerek (Pl.: minimum tillage)

Az alkalmazott talajművelési rendszerben a talaj előkészítése meghatározott sorrendben történik és ez alapján a művelési módok öt csoportba sorolhatók:

- Tarlókántás és a kántott tarló ápolása
- Alapművelés
 - Forgatással
 - Forgatás nélkül
 - Kombinált módszerrel
- Alapművelés elmunkálása
- Magágykészítés
- Vetés utáni elmunkálás

A talajelőkészítés sorrendjét, célját és a művelési mélységeket a növények termesztési rendszerében az **3. táblázat** foglalja össze.

3. táblázat

**A művelés mélysége, a talajelőkészítés sorrendje és célja a szántóföldi
növények termesztési rendszerében (BIRKÁS, 1998)**

Művelet	Szárzúzás	Tarló		Alapműve lés	Alapművelés elmunkálása	Magágy-készítés	Vetés	Vetés utáni felületkezelés	Növény-ápolás	Betakarítás
		Hántás	ápolás							
10				Sekély lazítás ekével, tárcsával, kultivátorral, talajmaróval						
20				Középmély szántás						
30				Mélyszántás						
40				Mélyítőűszántás						
50				Középmély lazítás						
60				Mélylazítás						
Művelési mélység	Alapművelés előkészítése			Alapművelés elvégzés a szükséges módon és mélységben		Az alapmű- velés minősé- gének javítása	A talaj vetéshez, ültetéshez való előkészí- tése	A kelés körülményei- nek jav. és a felszín védő jellegű kiképzése	Mechanikai gyomirtás és a talaj felső rétegének szellőzte- tése	Egyéb termesztés -technoló- giai eljárások

A közölt sémától eltérően a talajelőkészítés szakaszainak száma az újabb rendszerekben ötnél kisebb is lehet, mivel az alapművelés az elmunkálással vagy – az erre alkalmas gépkombinációval –, az elmunkálás a magágykészítéssel, a vetéssel és a vetés utáni lezárással vonható össze. Nem vonható össze a tarló hántolása és ápolása, mivel funkcióik eltérőek. Egyes gépforgalmazók a hántott tarló mechanikai ápolása helyett kémiai megoldást javasolnak. (Pl. Simba, Seed-Imex), de mindez nem csökkenti – a hazai talaj- és éghajlati körülmény között – a tarlőhántás jelentőségét.

Néhány költségcsökkentő megoldásban (pl.: vetőkultivátoros módszer) az alapművelés is elmarad, de a tarlőhántásra ekkor is szükség lehet.

Az **3. táblázat** értelmezése szerint valamennyi művelési beavatkozás a jó minőségű magágyak kialakítása és a jó kelés érdekében szükséges. Ez a cél nem változik akkor

sem, ha a művelési rendszer menetszáma lecsökken! Jó magágyat kellően elmunkált talajon, jó minőségben elvégzett alapművelés esetén készíthetünk. Kifogástalan, de akár megfelelő minőségű alapművelésre pedig a mi – az utóbbi években nyaranta is igen változékony – körülményeink között csak akkor van remény, ha a talajokat alkalmassá tesszük a megfelelő mélységű és módú alapművelésre (NYÍRI, 1997).

1.3. A szántásra alapozott talajelőkészítés és eszközei

A szántás a talaj forgatására, a tarlómaradványok, trágya- és talajjavító anyagok talajba juttatására, a talaj lazítására, a mélyen gyökerező gyomok irtására alkalmas eljárás. Alapvető eszközei az ágyekék, illetve a váltvaforgató ekék, melyek függesztett, féligfüggesztett és vontatott kivitelben készülnek. A korszerű ekékre felszerelhető szinte minden talajtípus művelésére alkalmas eketest, illetve olyan kiegészítő elemek, amelyekkel a tarló kezelését és a szántás minőségét lehet javítani. A váltvaforgató ekék használatának előnye nemcsak a lejtős területek művelésénél mutatkozik meg. A talajfelszín és a művelési mélység egyenletességét javítja, jelentős teljesítménynövekedés érhető el és csökken a taposási kár. További előnyt jelent, hogy elmaradnak a bakhátak és az osztóbarázdák. A változtatható munkaszélességű ekék alkalmazásával változó talajállapot mellett is biztosítható a traktor-ekék energetikai összhangja (BÁNHÁZI, 1982).

A jó minőségű szántás egyenletes mélységű és felszínű, omlós, legfeljebb kissé hantos, morzsás szerkezetű, alá nem forgatott szármaradványoktól mentes.

A szántás minőségét elsősorban a talaj nedvességtartalma befolyásolja. Az ajánlott vízkapacitás %-os telítettsége szántáshoz 50-60 % (lazább talajokon 60-65 %). Az ennél szárazabb talajállapotnál rögök, nedvesebb talajon pedig szalonnás hantok képződnek (BIRKÁS, 1996). A kötött talajok szűk művelési határai miatt szántáskor engedményt teszünk. Ha nincs mód a szántásra optimális nedvességtartalomnál, akkor inkább száraz talajon végezzük. Az őszi szántás kedvezőtlen minőségét a tél folyamán a fagyérettség átmenetileg javítja, a rögök, hantok felszíne porhanyul, így a tavaszi elmunkálás könnyebb.

A szántás mélységét a termesztett növény igénye, a talaj fizikai állapota, a termőréteg vastagsága és a tarlómaradványok mennyisége határozza meg. Fontos szempont az

energiaigény is. A mélyszántás hajtóanyag szükséglete 15-25 %-kal több mint a középmély szántásé (JÓRI J. et al. 1993). Kötött, tömörödött talajon az eke terhelhetősége is behatárolja a szántás mélységét.

A szántás teljesítményének növelésében a munkaszélesség és a sebesség optimalizálására kell törekedni. A kormánylemez ekék ajánlott sebességtartománya 6-8 km/h, gyorsabb szántásra alkalmas ekéknél 10-14 km/h. Gyorsszántás elsősorban nedvesebb talajokon alkalmazható, mivel kisebb a talajkenés veszélye és jobb a porhanyító hatás. Száraz talajokon viszont a gyorsabb szántás energiaigénye jelentősen megnő, ugyanakkor a rögzösödés mértéke nem csökken. JÓRI J.(1977) vizsgálatai szerint középkötött talajon középmélyszántó ekéknél 9-11 km/h, mélyszántó ekéknél 8-10 km/h az optimális sebességtartomány.

A szántás időpontja és gyakorisága alapos mérlegelést kíván, hisz ettől függ a talaj beéredése és a magágy minősége, ugyanakkor szem előtt kell tartani a talajkímélés szempontjait is.

Az évenkénti többszöri szántás a mi viszonyaink között ellentétben áll a forgatás teljes mellőzésével. Amennyiben a termőhelyi körülmény (nedves talaj, elgyomosodás, vagy tarlómaradvány-tömeg) az évenkénti szántásra ad okot, a forgatás mélységének változtatásával, valamint idejének helyes megválasztásával lehet eleget tenni a talajkímélés kívánalmainak.

A sekély, a középmély és a mélyszántáshoz felhasznált energia aránya kedvező talajkörülmények között 100-110-125 %. Hagyományos ekével középkötött talajon, 20-24 tömeg % nedvességtartalomnál és 7-8 km/h munkasebességnél a legkedvezőbbek az energetikai mutatók, ugyanakkor a szántás jó minőségű.

A kötött, száraz és tömörödött talajok szántásakor az energiafelhasználás növekedésére kell számítani, de a helytelen beállítás vagy az éleztelen ekevas is növelheti a vontatási ellenállást. A szántás előkészítése az elővetemény tarlómaradványainak felaprításával, egyenletes elterítésével kezdődik.

A **tarlólánhántás** a talaj fizikai tulajdonságaitól és szármaradvány mennyiségétől függően tárcsával vagy szántóföldi kultivátorral végezhető. A tarlólánhántás a nedvességtakarékos termesztési technológiák egyik legfontosabb eleme. Elősegíti a talajvíz megőrzését, a gyommagok és az elővetemény magjainak gyors kikelését és a talajélet regenerálódását. A sekélyen hántott és tarlómaradványokkal részben fedett tarló 8-36 %-kal kevesebb nedvességet veszít, mint a hántatlan tarló (NYÍRI, 1999). A túl rögzös vagy nyitottan

hagyott hántás nem csökkenti a nedvesség-veszteséget, ezért a felület elmunkálását és lezárását a tarlóhántással lehetőleg egy menetben célszerű elvégezni. Erre alkalmas eszközök a különböző rögtörő hengerek (gyűrűs, pálcás, stb.) és a fogasboronák.

A jó minőségben elvégzett és lezárt felszínű tarlóhántás átlagos időjárás esetén mintegy három hét múlva erőteljesen gyomosodni kezd, jelzi, hogy a talaj beéredett. Ha még nem akarunk szántani, akkor tarlóápolást kell végezni, mely összeköthető műtrágyák és talajjavító anyagok bedolgozásával. Ha a beéredett tarlón nem tervezünk további ápolási munkát, minél előbb szántsunk és a szántást zárjuk le.

A **szántáselmunkálás** során az alapműveléssel létrehozott durvább (túl laza, túlságosan rögös) talajállapotot oly mértékben kell alakítani, hogy elősegítse a nedvességkülönbségek kiegyenlítődését, a bekevert szerves anyagok feltáródását. Az elmunkálás során a talajállapot nem romolhat, mellőzni kell a túlzott taposást és a porosítást és a felszíni talaj elkenését.

Az alapművelés elmunkálása történhet a szántással egy menetben az ekére szerelt, illetve az ekéhez kapcsolt eszközökkel. Nyirkos vagy mérsékelt száraz talaj hengerrel munkálható el, míg száraz talajon gyűrűs-, mélytömörítő vagy rögtörő henger a hatékonyabb.

Az ekéhez kapcsolt szántáselmunkálók üzemeltetése – különösen váltvaforgató ekéknél – nehézkes. Ezt a problémát egy automatikus le- és felkapcsoló mechanizmussal oldották meg, amely a táblavégi fordulókban biztosítja a traktor és az eke akadálymentes fordulását, illetve átfordulását. Külföldi talajművelési bemutatókon nagy sikerrel mutatták be a mellső függesztésű, „tolt” rendszerű és az ekével együtt átforduló szántáselmunkálókat (pl. KVERNELAND PACKOMAT).

Külön menetben végzett szántáselmunkáláskor a hagyományos eszközökön (pl. tárcsa, simító, henger, fogas, kultivátor) kívül, az erőgépről hajtott intenzív porhanyítást és keverést végző eszközök (pl. talajmaró, forgóborona, lengőborona), valamint talajhajtású eszközkombinációk (pl. ásóborona, forgóelemes felületi elmunkáló) alkalmazhatók. Az elmunkált nyári-őszi szántások tavaszra kellőképpen ülepedetté válnak. Korai, hirtelen kitavasodás esetén fennáll a veszély, hogy a talajfelszín kiszárad, kérges lesz. Könnyű kombinátorral, fogassal vagy fogas-simító gépkapcsolással e káros jelenség megszüntethető. Az őszi lezáratlanul hagyott, szétfagyott szántások felszínének lezárására is a legmegfelelőbb eszköz a simító, illetve a fogas-simító gépkapcsolat.

A talajvédelem, valamint a nedvességmegőrzés követelményei jelentősen befolyásolják az elmunkáló eszközök fejlesztését és az elmunkálás módszerét. Újabban az elmunkálás és a magágykészítés nem különül el, sőt a vetéssel egy munkafolyamatban végezhető. Továbbfejlesztett változata az alapművelés, az elmunkálás, a magágykészítés és a vetés összekapcsolása.

A „soil conditioner” vagy talajkondicionáló géprendszerek előnyei a taposási károk, a rögzítés és a porosítás csökkentéséből adódnak.

A **magágykészítés** a talajelőkészítés utolsó fázisa. Feladata az alapművelés és elmunkálás során létrehozott talajállapotnak a vetés igényeihez való igazítása.

A jó magágy jellemzője, hogy aprómorzsás, de nem poros, üledett, de nem tömörödött, nyirkos és gyommentes. A vetés előtti talajmunkákat a növények magágyigényéhez, a vetés mélységéhez és a vetés idejéhez kell igazítani és ez alapján a megfelelő eszközöket kiválasztani.

A magágykészítés eszközei régebben a simítók, fogasboronák, a hengerek, a szántóföldi kultivátorok és különböző tárcsák voltak. Ezek ismételt, egymást követő járatásával, több menetben alakították ki a megfelelő magágyat. Az újabb korszerű gépkombinációk egy munkamenetben végzik a lazítást, porhanyítást, egyengetést és a tömörítést.

A kombinált magágykészítők általában azonos felépítésűek, a fogasborona (sekély magágy) vagy rugós kultivátor (mélyebb magágy) tagokhoz, hengerborona tagokat kapcsolnak. Az egyes alapműveletet végző egységek mélységben egymást követik, így hatásos munkát végeznek.

A jó minőségű alapművelés és ápolás esetén a könnyű kombinált magágykészítő gépek laza és közép-kötött talajokon, de jó állapotban levő kötött talajokon is kiváló magágyat készítenek.

Nagy tömegű szármaradvány aláforgatása után célszerű ásóboronával kombinált hengerboronát vagy ennek hiányában könnyű tárcsás boronát használni. Újabban elterjedt a talajhajtású, ívelt fogakkal ellátott forgóborona használata is (pl. KRM gépcsalád). Nehezebb talajviszonyok és rosszabb minőségű alapművelés esetén a nehézkombinátorokkal jó magágy készíthető. Ezen eszközöknek fontos elemei a rögtrő hengerek (pl. Campbell, Crosskill), melyek feladata a felszíni rögök aprítása és talajba nyomása.

A magágykészítéssel szemben, igényes növények talajmunkáihoz gyakran érdemes a költségesebb rotációs magágykészítő gépeket, TLT-hajtású forgó- és lengőboronákat,

könnyű talajmarókat üzemeltetni, hisz a nagyobb költség- és energiaráfordítások a munkamenetek csökkenése és a jó munkaminőség által megtérülnek (JÓRI J., 1994).

A gépfejlesztések terén megfigyelhető, hogy a sekély, illetve mély vetőágyú növények talajelőkészítésére kombinált gépek tendenciájukban különváltak, szakosodtak. Míg korábban egy gépvázon belül cserélhetők voltak a művelőegységek, addig ma már a két feladatra ún. célgépek állnak rendelkezésre; elég ha csak a cukorrépa és a kukorica (napraforgó) vonatkozásaiban megismert újabb típusokra (pl. Germinator, kompaktorok) gondolunk (SOÓS, 1996).

Be kell látnunk azonban, hogy a jó magágykészítés nem közvetlenül a vetés előtt kezdődik. Ezen felismerés hiányában a méregdrága, világszínvonalú magágykészítő gépeink is csalódást okozhatnak, amennyiben az alapművelés eljárásokat nem igazítottuk termelési viszonyainkhoz, illetve műveleteit rossz minőségben hajtottuk végre.

A **vetés utáni elmunkálás** célja a magvak betakarása, a vetéskor meglazított talaj magvakhoz nyomása, a magágy felszínének tömörítése és formálása.

A korszerű vetőgépeket már olyan elmunkálóeszközökkel (rugósboronák, sorhengerek, hengerboronák) látják el, amelyekkel a vetés lezárásának minősége szabályozható, így külön munkamenetre nincs szükség. Ha az elmunkálást a vetést követően, külön menetben végezzük, akkor a talaj nedvességtartalmától függően könnyű magtakaró fogas, gyűrűs- vagy sima henger használható.

1.4. Szántás (forgatás) nélküli talaj-előkészítés

A modern talajművelő eszközök, a növények különböző fejlettségi állapotában felhasználható gyomirtó szerek és a talajerő-visszapótlás korszerű megoldásai lehetővé teszik az eke mellőzését anélkül, hogy tartani kellene az elgyomosodástól, a vetés technikai kivitelezésének akadályaitól és a talaj kultúrállapotának leromlásától. A szántás nélküli talajelőkészítés „talajkímélő” módszer, hiszen a szántás – mint a talaj életébe legdrasztikusabbnak számító beavatkozás – elhagyásával helyreállítható a talaj szerkezetessége és csökkenthetők a szél- és víz okozta károk. Elterjedt és megalapozott a „takarékos” jelző is, amely nemcsak a felhasznált gép-, élőmunka- és üzemanyag megtakarításra vonatkozik, hanem a talaj vízvesztésének csökkentésére is.

A forgatás nélküli talajművelés egyben „talajvédő” is, mivel olyan eszközöket – kultivátor, tárcsa, lazító – alkalmaz, amelyek a talómaradványokat részben a talaj felső (8-10 cm) rétegébe keverik, részben a felszínen hagyják. A Magyarországon kidolgozott

művelési változatok – a nyugat-európai módszerekhez hasonlóan – az alapművelő eszközökről kapták elnevezésüket.

1.4.1. Tárcsás alapművelésre épülő rendszer

Tárcsázással a talaj felső (0-20 cm mélységű) rétegének fizikai állapota változik meg. A tárcsa e réteget jól lazítja és a talaj nedvességi állapotától függően jól porhanyítja és keveri, forgatásra viszont nem alkalmas. A tárcsás alapművelés olyan esetekben (szárazságra hajló éghajlat, kötött talaj, őszi kalászosok talaj-előkészítése, korán lekerülő elővetemények után) előnyös, amikor ekével többnyire csak nehezen elmunkálható, rögös, hantos, üreges szántás végezhető.

Az alapművelés mellett a tarlóhántás és a hántott tarló ápolása is tárcsával történik, a művelési mélységet fokozatosan növelve. Minden tárcsázást lezárás követ általában gyűrűs hengerrel. A magágykészítést kombinátorral végzik, amit a vetés és a vetés utáni lezárás követ.

A tárcsához ajánlott művelési nedvességtartomány a talaj vízkapacitásának 40-50 %-os telítettsége. Ennél szárazabb talajon alkalmazva – a szántáshoz viszonyítva – kevésbé rögösít, viszont, megnő a művelés szempontjából kedvezőtlen porfrakció aránya (BIRKÁS, 1996). A nehéztárcsára alapozott rendszerek menetszáma a hagyományoshoz képest 2-3-mal, vonóerő igénye 25-30 %-kal csökkenthető (KAPOCSI et al. 1996). A menetszám növelésével viszont a fenti előnyök elvesznek, miközben a talajszerkezet károsodik. A tárcsa alkalmas a szármadaradványok aprítására is, ezért ha a száruzás elmarad, 2-3 menetben járatta kielégítő munkát végez. Nedves talajon nagy mennyiségű tarlómaradvány esetén viszont az aprító és keverő munkája kifogásolható.

Területteljesítménye igen nagy, ami a tárcsa munkaszélességéből (JÓRI J. szerint nehéztárcsa esetén 10 m-ben maximálható) és a munkasebességből (6-10 km/h) következik, ennek ellenére mérsékelt a vontatási teljesítményigénye.

A tárcsázás hátrányai többnyire a szakszerűtlen használatból, a talaj állapotának figyelmen kívül hagyásából erednek. Következményei: a tárcsatalp-tömörödés, a felrögösítés, az elporosítás és a hatástalanság.

A tárcsák a tárcsalapok csúszása következtében a művelési mélységük határán tömörödést okoznak. Túlzottan nedves talajállapot mellett a tárcsa elveszíti funkcióját, beragad, gyúrja és elkeni a talajt. Száraz és kötött talajon a porhanyító hatása lecsökken, a többmenetes „rögfényesítéskor” erősen porosít.

A tárcsás sekély alapművelés csak abban az esetben bizonyul hatékony és kockázatmentes megoldásnak, ha a művelt réteg (16-20 cm) alatt nincs károsan tömörödött záróréteg. BIRKÁS et al. vizsgálatai szerint az ország különböző termőhelyein 1991-1997 között a talajok 16 %-a volt tárcsatalp tömörödéssel lerontva, ami a több évtizede tartó és évente többször is megismételt tárcsázással magyarázható. Ezeken a területeken középmező lazítással kombinált tárcsázással, vagy évente változó mélységű alapműveléssel szüntethető meg a káros tömörödés.

A tárcsás boronák alkalmazási lehetőségei – az utóbbi években elért népszerűség ellenére – behatároltak. Ennek egyrészt agrotechnikai (túlzott lazítás, káros talajtömörítés), másrészt konstrukciós okai vannak. A tárcsák kedvező haladási sebessége nem növelhető 8-10 km/h fölé, ezért használatuk a jövőben várhatóan visszaszorul és szerepüket átveszik a 10-14 km/h sebességgel dolgozó ásóboronák.

Az agrotechnikai hiányosságok megszüntetésére az utóbbi években a fejlesztők számos megoldást dolgoztak ki. Ezek közül a legegyszerűbbek a tárcsás borona munkáját kiegészítő és lezáró elmunkáló eszközök (hengerboronák, ásóboronák, gyűrűs hengerek), amelyek az alapfeladatot nem módosítják.

Lényegesebb változást a különféle tárcsás borona kombinációk jelentenek, melyek közül a középmező lazítás és nehézkultivátoros változatok a legismertebbek. A tárcsa a középmező lazítókön a lazításkor képződött rögök elmunkálására és felszínegyengetésre szolgál (a hazai gyártmányok közül pl. LATAR-3510, KTM-400). Különleges tárcsaelem található egyes kombinált nehézkultivátorokon, a kultivátor kések nyomán keletkezett bakhát egyengetése céljából (pl. AGRIFON-KAM-SZL, LEMKEN-Smaragd, Simba-Maxi Mix). Síktárcsa-sort szerelhetnek a kultivátor kapák elé (pl. CONSER TILL, J.D. Mulch Tiller), vagy a kapák mögé (pl. RAU-MULTITILLER), melyek a kapák talajba hatolását, illetve a porhanyítást segítik elő.

A kihasználtság alapján jelenleg az eke után a második legfontosabb művelőeszköz a tárcsa. Egyszerű felépítése, nagy munkaszélessége és könnyű kezelhetősége miatt felhasználási területe széleskörű. Ugyanakkor kedvező eszközválaszték esetén jól helyettesíthető más – a tárcsa funkcióit ellátó – talajművelő eszközökkel (pl. lazítók, ásóboronák, illetve kombinált elmunkálók).

1.4.2. Nehézkultivátoros alapművelésre épülő rendszer

A mezőgazdasági szakembereket világszerte, így hazánkban is régóta foglalkoztatja az olcsóbb, a szántás nélküli talajművelés gondolata és megvalósítása.

DAVIES et al. (1993), BÁNHÁZI et al. (1984), BARTA és JÓRI J. (1980) és BIRKÁS (1996) a nehézkultivátort az alapművelésre alkalmas eszközként értékelik, mely elsősorban a nyárvégi és őszi vetésű növények művelési rendszerébe illeszthető. NYÍRI (1997) szerint a nehézkultivátoros művelés különösen alkalmas kötött talajokon az aszálykárok mérséklésére.

A művelési rendszerben a tarlóhántást sekélyen tárcsával vagy szántóföldi kultivátorral végzik és a felszint gyűrűshengerrel lezárják. A hántott tarló ápolása a gyomosodástól függően tárcsával vagy kultivátorral történhet, ha szükséges szárazúzást is kell végezni. Az alapművelés eszköze a talajt kíméletesen átmunkáló nehézkultivátor, melynek munkamélysége 15-30 cm. Kötött, nehezen művelhető talajokon a munkamélység fokozatos növelése ajánlatos. A két munkamenetben nehézkultivátorral megmunkált talajon a magágy kialakítása a kultivátorhoz kapcsolt elmunkáló elemekkel az alapműveléssel egy menetben, vagy külön munkamenetben (ásóboronával, tárcsásboronával) végezhető (LEHEL et al. 1980).

A kultivátoros művelés munkasebessége (6-12 km/h) a tárcsához hasonló, a szántáshoz viszonyítva viszont nagyobb. Mivel a kultivátorszerszámok nagyobb sebességeknél végeznek kedvezőbb talajaprítást és porhanyítást, ezért a növelt munkasebességű üzemeltetésre kell törekedni.

A nehézkultivátoros művelés az energiatakarékos módszerek közé sorolandó, mivel energiaigénye – azonos talajállapot és munkamélység esetén – a szántáshoz viszonyítva 25-35 %-kal, a tárcsához hasonlítva 8-15 %-kal kevesebb. A szántásra alapozott talajművelési technológiához képest 35-37 % üzemóra és 25-30 % gázolaj-megtakarítás érhető el, ami a nehézkultivátor kedvezőbb aprítómunkájával és nagyobb területteljesítményével magyarázható (KAPOCSI et al. 1982).

A nehézkultivátor további előnye, hogy műveléskor mérsékeltebb a rögzítés és a porosítás, a művelőszerszámoktól (kapatest, szerszámszár) és a talaj nedvességtartalmától függően kisebb a művelőtalp tömörödés kialakulásának veszélye. Az ekénél és a tárcsánál tágabb talajnedvesség-tartományban alkalmazható, száraz, illetve nyirkos talajállapotnál, amikor a talaj nedvességtartalma 16-18 tömeg %.

Szárnycs kultivátorok alkalmazása esetén a talajnedvesség növekedése talajkenést okozhat, ezért ez az eljárás fokozottabb figyelmet igényel.

A nehézkultivátorok túlságosan nedves, tömörödött talajok művelésére nem használhatók. Nagy és aprítatlan talómaradvány tömeg esetén gyakran eltömődnek, ezért az alpművelés előtt feltétlenül szükséges a szárazítás, illetve a talóhántás.

Forgató és gyomirtó hatása kevésbé jó, erre a feladatra elsősorban a nehézkultivátoros gépkombinációk alkalmasak.

A **4. táblázat** az ekére és a nehézkultivátorra alapozott művelési rendszereket hasonlítja össze a legfontosabb jellemzők alapján.

4. táblázat

A szántásos és a nehézkultivátoros művelés összehasonlítása (BIRKÁS, 1992)

Jellemzők	Alpművelés: Szántás	Alpművelés: nehézkultivátoros
Idő- és élömunka igény	Sok	Közepes
Hajtóanyag felhasználás	Sok ($\geq 50 \text{ l ha}^{-1}$)	közepes ($\geq 40 \text{ l ha}^{-1}$)
Herbicidfüggőség	ált.kicsi	Közepes
Kártevők, kórokozók elleni védelem	jó	Jó
Talómaradvány érzékenység	kicsi	változó ^x
Talajmozgatás	sok	Közepes
Művelési rendszer menetszáma	5-7 (10)	4-6
Talajtaposás	sok	Közepes
Erózió elleni védelem	csekély	Megfelelő
Talajszerkezet károsítás	ált.nagy	Mérséklet
Alkalmazhatóság tömör talajon	igen ^x	igen ^x
Alkalmazhatóság száraz talajon	nem javasolt	igen ^x
Alkalmazhatóság nedves talajon	igen ^{xx}	nem javasolt
Tanulási igény	kicsi	Közepes
Ismertség foka Magyarországon	nagy	Változó

^x= konstrukciótól függ

^{xx}= talajkenés veszélye fennáll

A nehézkultivátorok munkájára a talaj lazítása, porhanyítása és kismértékű keverése jellemző, de az utóbbi időben kifejlesztett csavartkéses kultivátorok kismértékű forgatást is végeznek. A talajfelszín egyengetése, további porhanyítása és tömörítése kapcsolt eszközök segítségével agrotechnikai szempontból minden esetben indokolt.

A kultivátor kombinálhatósága más művelőelemekkel (ásóborona, hengerborona, egyengetőlemez, síktárcsa, keverőtárcsa, stb.) jó, a kombináció eredményessége az egyes elemek, illetve a teljes gépkombináció talajra gyakorolt hatásától függ.

A korszerű, kombinált nehéz kultivátorok (RABEWERK AGRF-212, RAU 18/21, JD-1600) az 1970-es évek végén jelentek meg a magyar piacon, ezeket olyan gépkombinációk követték (Rau Multitiller, IH-6000 Conser Till), melyeknek elkészültek hazai változatai és elkezdődött licencgyártásuk. Az AGRIKON kecskeméti és kiskőrösi gyárában, valamint a RÁBA szentgotthárdi üzemében készült hazai fejlesztésű kombinált kultivátorok (NK-3/55, FTH-4,2, FNR-3, SZL-2,6, stb.) elsősorban a kis- és középgazdaságok vásárlóerejére számítanak és alapját képezik az energiatakarékos és talajkímélő művelési törekvéseknek.

A kultivátoros talajmunkát legtöbb szerző a szántással hasonlította össze. Mára már elértük, hogy nemcsak az eke helyettesítőjeként, hanem mint a talaj szerkezetét kímélő, nedvességveszteségét csökkentő eljárásnak kell számításba vennünk, amelyre a kultivátor felépítéséből és talajra gyakorolt hatásából adódóan feltétlenül alkalmas.

1.4.3. Középmélylazítóra alapozott rendszer

A lazítás az alapozó és a kiegészítő talajmunkák fontos műveleti eleme és eljárása. Nélkülözhetetlen a talaj kedvező fizikai és kémiai állapota megőrzésében, javításában, valamint a talaj védelmében.

A szántott, vagyis a rendszeresen művelt réteg alatt kialakult tömörödött állapot megszüntetésére elsősorban a középmélylazítók és/vagy a mélylazítók felelnek meg. A középmélylazítók munkamélysége 30-50 cm, a lazítóhatás ebben a mélységben általában a vegetációs idő végéig érvényesül, ezért az eljárás alapművelésnek számít (BIRKÁS, 1997).

A mélylazítás munkamélysége 50-90 cm, hatástartama hosszabb, a talaj minőségétől és a talajhasználattól függően 3-5 év. A mélylazítás tehát funkciója szerint alapozó művelés, elsődlegesen viszont melioratív mélyművelési mód, amely a kémiai talajjavítás hatékonyságát javítja, de alapvető hatása a talaj vízgazdálkodásában is.

A középmélylazítás bármely vetésidejű növény alá alkalmazható, de leginkább akkor szükséges, ha a talaj 30-40 cm-es rétegben erősen tömörödött.

A lazítókések a talajt csak sávosan művelik, tehát szükséges a teljes felület forgatásos (ekével) vagy forgatás nélküli (tárcsával, talajmaróval) művelése. Előnyös, ha a

középmélylazítást a talaj úgynevezett leárnýékolási érettségében, vagy előzetesen kultivátorral, illetve tárcsával hántott talajon végzik el és a felszínt lezárják.

A lazítókések munkája nyomán kialakult rögsödés elsődleges oka a talajtömörödés, tehát a lazítás szükségességének elbírálása és a lazítás mélységének helyes megválasztása a tömörödöttség okainak feltárásán alapul.

A lazítás idejét a talaj nedvességtartalma határozza meg. A hatékony, mélyebb rétegekre is kiterjedő repesztő-lazító hatás csak száraz talajban (a vízkapacitás 40-50 %-os telítettségénél) végezhető. Hatásfoka a lazítóelemek alakjától és osztástávolságától is függ. A lazítás hatékonysága elsősorban a talajállapotot jellemző térfogattömeggel, illetve a pórustérfogattal minősíthető. A lazítás hatására az eredeti, tömödött talaj térfogattömege 0,5-0,7 g/cm³-rel csökken, a pórustérfogat pedig 20-25 %-kal nő (JÓRI J., 1996).

A középmélylazítók kedvező sebességtartománya 4-8 km/h. Az energetikai vizsgálatok eredményei szerint a fajlagos – egy művelőszerszámra jutó – vontatási teljesítményigénye 40 cm munkamélységnél 11-18,7 kW. A szántásos alpműveléshez képest a 35-40 cm mélységű középmélylazítás fajlagos vonóerő igénye 10-14 %-kal, üzemanyagfelhasználása 10-12 %-kal volt kevesebb négy év átlagában (KAPOCSI et al. 1981).

A teljes művelési rendszer idő- és energiaigénye a menetszám helyes megválasztásával, újabb gépkombinációk létrehozásával tovább csökkenthető, a megtakarítás elérheti a 20-22 %-ot is.

Az elmunkáló elemekkel kombinált középmélylazítók alkalmazása (SERLEGI 1984, BIRKÁS et al. 1987), akkor eredményes, ha az elmunkálók nem csökkentik a lazítózás hatékonyságát, kielégítő a keverő vagy porhanyító munkájuk és nem növelik jelentősen a lazítózás vonóerőigényét.

A középmély lazítózás egyre népszerűbbé váló eljárás, annak ellenére, hogy alkalmazása során néhány kedvezőtlen jelenség is tapasztalható (pl. rögsödés). A hazai gyártású középmélylazítók (RÁBA CASE-10-14, KML 3500, VFK-5) különböző változatai elmunkáló nélkül készülnek, de korábban voltak próbálkozások lazító gépkombinációk kifejlesztésére is (LATAR, LAMAR). A külföldi gyártók közül a Rabewerk (TL-80), John Deere (JD-915) és a Howard (PARAPLOW, ferdekéses lazító) termékei közül választhatnak a hazai gazdálkodók.

Technikai és agronómiai érdekességet jelent a szárnyas lazítók megjelenése, melyeket laza és középötött talajok alpművelésére ajánlanak száraz évjáratokban.

A középmezőlylazítók fejlesztése a korábbi években az energiafelhasználás csökkentésére irányult. Az így elkészült vibrációs és lengőkéses konstrukciók azonban nem tudták kiszorítani a hagyományos, merevkéses típusokat. Napjainkban a fejlesztések az eszköztakarékos, környezetkímélő technológiákba illeszthető lazító gépkombinációk létrehozására irányulnak, amelyekkel a legkevesebb kiegészítő műveléssel lehet elkészíteni a kívánt minőségű magágyat.

1.4.4. Talajmaróra épülő rendszer

A talajmarók szántóföldi alkalmazása az 1960-as években világszerte előtérbe került. A minimális talajművelés irányzata kedvezett olyan gépek fejlesztésének, amelyek megfeleltek a menetszám csökkentés feltételeinek.

A minimális talajművelésből kifejlődő takarékos és talajkímélő irányzat is jó esélyt adott az elvárásoknak megfelelő aktív szerszámú művelőeszközök elterjedésének (BÁNHÁZI et al. 1975 és 1982).

A talajmaró is aktív szerszámú művelőgép, mely a hajtását a traktor teljesítményleadó tengelyéről kapja. A szerszámok kerületi sebessége a haladási sebesség 5-10-szerese, ezért viszonylag keskeny szeleteket vágnak le a barázda homlokfalából. A szerszámok jelentős mozgási energiát adnak át a talajnak, ezért erőteljes aprító-, porhanyító és keverőhatás tapasztalható.

A talajmarók széles talajnedvesség tartományban alkalmazhatók, a talaj kötöttsége nem befolyásolja az alkalmazhatóságot. Száraz talajokon viszont porosodás léphet fel, ami a gép helyes beállításával (dobfordulatszám, dobfedél-helyzet, haladási sebesség) akadályozható meg.

A művelési rendszeren belül bármely talajmunkára (tarlóhántás, alpművelés, alpművelés elmunkálása, magágykészítés) alkalmas, alpművelésre rendszerint a nehéz talajmarókat, elmunkálásra és magágykészítésre az ún. könnyű talajmarókat használják.

A nehéz talajmarók munkasebessége 3-5 km/h, ezért területteljesítményük a legtöbb művelőgépnél alacsonyabb, energiaigényük az intenzív aprítómunka következtében nagyobb mint az ekéé (BARTA, 1980). Mégis energiatakarékos eljárásként említjük, mivel a magágy aprózódottságára igényes növények esetében a lehető legkevesebbre csökkenthető a kiegészítő talajmunkák száma (BIRKÁS, 1993).

Nagyon fontos, hogy kíméli a talaj szerkezetét a menetszám és így a taposási károk csökkentésével, a porhanyítás szabályozhatóságával és a kerékcúszás megszüntetésével. Gyomirtó hatásuk változó (gyommagvak kelésének kedvez), a különböző szervesanyagokat jól talajba keverik, miközben egyenletes talajfelszínt hagynak maguk után.

A nehéz talajmarók – alkalmazási előnyeiket és hátrányaikat mérlegelve – elsősorban a magágyra igényes, nagy termelési értéket képviselő kultúrák, gyep vagy évelő pillangós növények alapművelésében használhatók ki gazdaságosan. Elmaradt őszi művelés vagy sűrű vetés esetén számításba vehető tavaszi talajelőkészítésre is (SIPOS, 1970).

A hazai próbálkozások mellett az 1970-es évektől nagy számban jelentek meg a gépválasztékban korszerű talajmarók (pl. HOWARD, RAU, Krone) és a talajmaróval kombinált vetőgépek (pl. HOWARD-Rotacaster, HOWARD Semavator, RAU-Rotex-Drille). A talajmarók rövid szerkezeti kivitelű munkagépek, ezért más gépekkel jól kombinálhatók. Példa erre a HOWARD-Rotadigger, amely talajmaró és középmélylazító kombinációja. A RAU cég Rototiller típusjelű kultivátorral és lezáró elemmel kombinált talajmarója, a hozzákapcsolható vetőgéppel (RAU-Rotosem) a jövő művelőeszköze lehet, amennyiben a takarékos és talajvédő művelés követelményeinek megfelel.

A talajmarók hazai elterjedésére és széleskörű alkalmazására jelenleg nincs lehetőség, így feltehetően nem válnak a legfontosabb alapművelő eszközzé. Ugyanakkor nélkülözhetetlen lehet olyan talajállapot mellett, ahol más művelőeszközök használata gazdaságtalanabb és agronómiailag káros.

1.5. A talajművelés minőségét és a talaj rögződését befolyásoló tényezők

1.5.1. A növények talajállapot igénye

A művelés legfontosabb célja a növények kedvező fejlődéséhez szükséges feltételek (fizikai-biológiai) kialakítása. A vetőmag gyors csírázásához és keléséhez jó minőségű magágyra van szükség. A klasszikus irányelvek alapján a „jó magágy” gyommentes, a talaj üledett, kellően laza, aprómorzsás, légjárható és kedvező hőmérsékletű.

A növények magágyigénye konkrét talajfizikai paraméterekkel jellemezhető. A külföldi és hazai szakemberek szerint ezek közül a legfontosabb a magágy lazultsága és

aprózottsága. A fontosabb szántóföldi növények talaj-lazultság igényét a **5. táblázat** tartalmazza.

5. táblázat

Főbb szántóföldi növények talaj-lazultság igénye a magágában (BIRKÁS, 1989)

Növény	Talaj-lazultság térfogat tömeg értékekkel kifejezve ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	Összes pórustérfogattal (P %) kifejezve	Víz : levegő arány a pórustérfogaton belül térfogat %
1. Őszi búza optimum	1,05-1,60 1,28-1,35	40-60 46-48	21-38 : 16-39 29-31 : 19-22
2. Őszi- és tavaszi árpa optimum	1,20-1,60 1,29-1,48	44-60 48-50	33-34 : 14-17
3. Zab	1,40-1,50	46-50	-
4. Kukorica optimum	1,10-1,60 1,20-1,30	48-60 50-52	21-39 : 17-31 29-34 : 21-22
5. Cukorrépa optimum	1,11-1,25	48-56 48-51	28-32 : 17-28 31-34 : 20-22
6. Napraforgó	1,10-1,20	48-52	22-34 : 17-24 32-32 : 20-21
7. Burgonya	1,10-1,20	50-60	-
8. Borsó, szója	1,10-1,30	46-48	31-38 : 14-21
9. Lucerna	1,25-1,35	44-48-/52/	21-38 : 21-31

A **5. táblázat** adatai szerint a fontosabb szántóföldi növények talaj lazultságával szemben támasztott igénye $1,05-1,60 \text{ gr/cm}^3$ térfogattömeg, valamint 40-60 % összes pórustérfogat-érték között változik. Ez a viszonylag széles tartomány a talajféleségek szerinti eltérésekkel, valamint a növények alkalmazkodó-képességével magyarázható, az optimum azonban valamennyi növénynél szűk határértékek között van.

Az őszi búza képes leginkább alkalmazkodni a változó talajállapothoz, de a nagy vetésterületű kukorica és napraforgó is viszonylag széles talajállapot-tartományban – $1,15-1,45 \text{ gr/cm}^3$ térfogattömeg és 46-56 % összporozítás esetén – képes megfelelő növekedésre.

A cukorrépa és a szója lazább magágyat igényel, a kedvező fejlődéshez legalább $1,30 \text{ gr/cm}^3$ térfogattömegű, valamint 48 % összes pórustérfogatú magágy szükséges. A lazultság mellett fontos a pórusokon belül a víz és a levegő aránya. A csírázáshoz és a keléshez az összes pórustérfogaton belül minimálisan 11-15 térfogat % levegőtartalom szükséges, a legtöbb szántóföldi növénynek azonban 19-22 térfogat % a levegőigény-optimuma.

Száraz évjáratokban a vízhiány és a tömődött talajállapot egyaránt kockázati tényező. Tömődött talajban a levegőtartalom lecsökken, emiatt lassú a csírázás és a kezdeti

fejlődés, a növény gyökérzete levegőhiányban szenved. Ha ez az állapot tartós, a gyökerek megfulladnak és a növény elpusztul.

A **6. táblázat** néhány szántóföldi növény talajaprózottság igényét foglalja össze. Általános követelmény, hogy a vetőágyban az 1-3 mm nagyságú alkotórészek száma minél nagyobb legyen és a legapróbb alkotórészek a vetésmélységben, magközelben helyezkedjenek el. A magágy legnagyobb alkotórészei lehetőleg a vetés sorközeibe és a talaj felszínére kerüljenek, így a defláció elleni védelem is részben megoldható.

Száraz talajviszonyok esetén különösen fontos a vetés mélységében levő frakciók aprózottsága, ugyanis a talaj beázásakor ezek gyorsan átnedvesednek, ezáltal javulnak a csírázás feltételei.

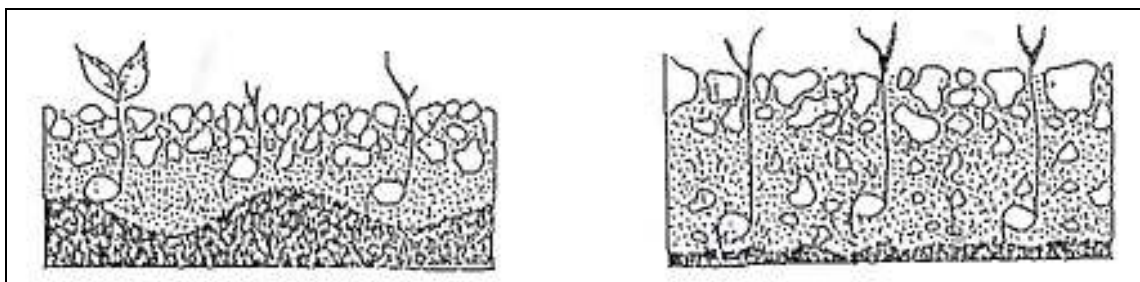
A lassú csírázású és kelésű növények magvainak (pl. cukorrépa, lucerna) vetése után a magágy felületének profilos kiképzése szükséges (pl. gyűrűshengerrel). Ha a magágy túl rögzös a felszínen, gyakoribbak a vetési hibák, egyenetlen a talaj beázása, és romlanak a kelés feltételei.

6. táblázat

Néhány szántóföldi növény talajaprózottság-igénye a magágyban
(MOLNÁR D-né, 1989)

Növény	A talajfrakciók mérete (mm) és megoszlása (%)		
	1-10	10-30	30-50
Őszi búza	60-70	20-30	0-10
Kukorica	60-70	20-30	0-10
Napraforgó	60-70	20-30	0-10
Cukorrépa	70-85	10-30	0-5
Lucerna	80-85	10-15	0
Borsó	60-70	20-35	5-10

A leggyakoribb kelési hibák a tavaszi vetésű növényeknél fordulnak elő (**1. ábra**). Az egyenetlen magágymélységből és nedvességtartalomból adódó hibák sajnos a vegetáció közben már nem javíthatók. A magok csak a magágy megfelelő beázása után kelnek ki (lépcsőzetes kelés), a lemaradás több napos, sőt több hetes is lehet, ami jelentős termés kiesést okozhat.



a. Egyenetlen magágy-mélység

b. Túlságosan mély magágy

1. ábra **Magágykészítési hibák** (KONGSKILDE nyomán, 1986)

1.5.2. A talajművelés minőségét befolyásoló fizikai és kémiai talajtulajdonságok

A talaj fizikai és kémiai tulajdonságai hosszabb időre ható állandó tényezők, melyek műveléssel nem, vagy csak részben változtathatók meg.

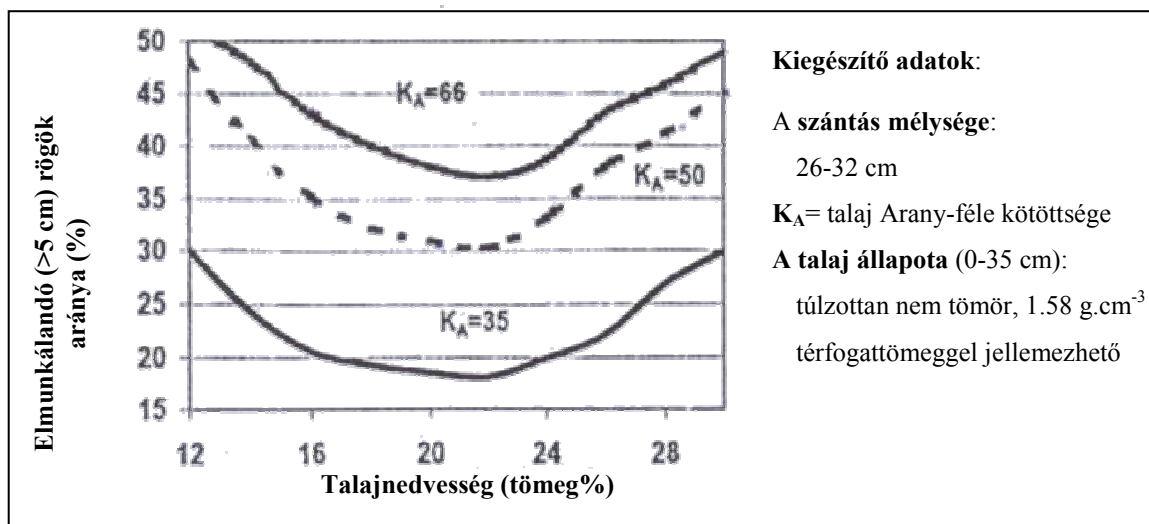
A talaj sűrűsége a teljesen tömör állapotba hozott, hézagmentes, abszolút száraz talaj egységnyi térfogatának a tömege. Értéke függ a talaj ásványi összetételétől és szervesanyag-tartalmától. Határértékei ásványi talajokon: 2,40-2,70 gr/cm³. A talaj sűrűsége közvetve hat a művelés minőségére, azáltal, hogy meghatározza a talajállapotot, jellemző összes pórustérfogat határértékeit.

A talaj kötöttsége és fizikai félesége a talajrészecskék közötti kohézió, a talaj agyagtartalma szerint befolyásolja a művelhetőséget. Mindkettőre hatással van a talaj nedvességtartalma. A kötött, nagy agyagtartalmú talajok mind száraz, mind túlzottan nedves állapotban nehezen művelhetők, optimális művelhetőségi nedvességtartományuk viszonylag szűk.

Ha a talaj kötött és száraz a művelőeszközök szerkezetalakító hatása erőteljesebben érvényesül. A művelést általában erőteljes rögzösödés és porképződés jellemzi.

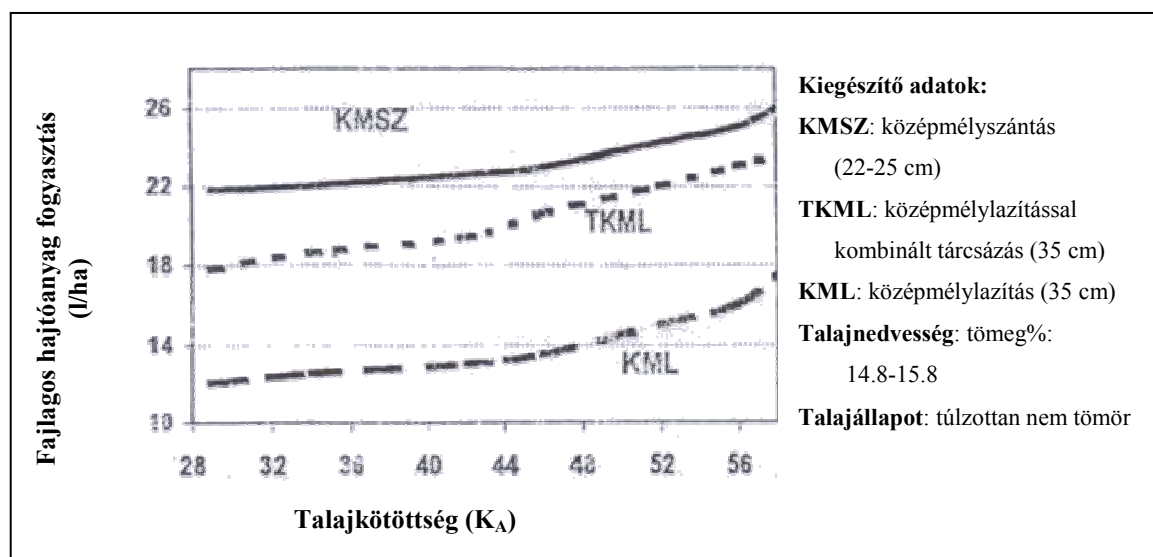
A **2. ábrán** a nedvességtartalomnak és a kötöttségnek a rögzösödésre gyakorolt hatása bírálható el szántás után.

Kis kötöttségű talajon bármely nedvességtartományban mérsékelt a rögzösödés és a szántás nedvességoptimuma is viszonylag széles (16-25 tömeg %). A kötöttség növekedésével egyrészt nő a talaj rögzösödési hajlama, másrészt szűkül a szánthatóság nedvességtartománya (középkötött talajon 18-23, kötött talajon 20-24 tömeg %). A kötöttség befolyásolja a művelőeszközzel szemben fellépő talajellenállást, és ebből következően a művelés energiaigényét.



2. ábra. A nedvességtartalom és a szántás rögössége összefüggései eltérő kötöttségű talajon (BIRKÁS, 1987)

A 3. ábra alapján megállapítható, hogy a kötöttséggel (agyagtartalommal) összefüggő növekvő talajellenállás akkor is nagyobb energiával küzdhető le, ha a talaj károsan nem tömör és a nedvességtartalom is kedvező az adott eljáráshoz. A talajlazítás energiaigénye nagyobb mértékben nő a kötöttebb talajokon, mint a szántásé, ugyanakkor bármely kötöttségnél alacsonyabb szinten marad.



3. ábra. A talaj kötöttsége és a fajlagos hajtóanyag fogyasztás összefüggései optimális munkasebesség esetén (BIRKÁS, 1987)

Különösen rontja a művelés minőségét és növeli az energiaigényt az, ha a kötött száraz talaj egyben tömörödött is. Ez esetben a kötöttség, mint fizikai tulajdonság és a pillanatnyi talajállapot szélsősége összegzővé hat kedvezőtlenül a művelés minőségére.

A kötött, nedves állapotú talajok művelhetőségét az agyagtartalom mellett a konzisztenciajelenségek – tapadás, duzzadás – is meghatározzák. A művelés szalonnás, gyúrt, elkent minőséget ad, ami a talaj kiszáradásával még kedvezőtlenebbé válik. Ezért a kötött, túlzottan nedves talajok művelése nem javasolható.

A talajok konzisztenciajelenségei javítják, vagy rontják a művelés minőségét. Hatásuk kedvező, ha a talaj állapota túlzott energiaráfordítás és a szerkezet károsítása nélkül változtatható meg. A képlékenységet az agyag, a szervesanyag és a nedvességtartalom befolyásolja. A szervesanyag mennyiségének növelésével tágul a művelhetőség nedvességtartománya, kedvezően változnak a talajok fizikai tulajdonságai.

A nedvességtartalom növekedésével a talaj tapadós, ragadós, végül pépes, csökkenésével pedig szilárdabb, rögzesebb lesz.

Konzisztenciajelenségek, valamint a művelés minőségének összefüggéseit a **7. táblázat** mutatja.

A talaj tapadása (adhézió) adott felületen ébredő tapadóerővel jellemezhető, értéke 0,5-5,4 kPa között változik a nedvességtartalomtól függően. A tapadási határ fölött a talajművelő eszközök vontatásához – beragadás, eltömődés következtében – nagyobb erő szükséges. Az eszköz eredeti funkcióját elveszíti, a gyúrás és elkenődés következtében kialakulhat a „művelőtalp-tömörödés”.

7. táblázat

A talajkonzisztencia és a művelhetőség összefüggései (STEFANOVICS, 1981)

	Zsugorodási határ	Sodrési határ	Tapadási határ	Folyási határ (a képlékenység felső határa)
Konzisztencia	Szilárd	Félszilárd	Képlékeny	Folyós
Talajállapot	Kemény	Omlós	Sűrűn képlékeny	Lágy képlékeny (tapadó)
Jellemzők	Szilárd testre jellemző tulajdonságok	Nedves, de nem képlékeny	Pépes, de nem tapad	Képlékeny talajpép, tapad
Művelhetőség	Rögzös, hantos	kedvező	Kenődő (szalonnás)	Nem művelhető (összefolyik)

A vízfelvétel hatására a talaj duzzad, térfogata növekszik, művelése a fenti veszélyek miatt nem tanácsos. Ezzel ellentétes folyamat a talaj zsugorodása. A zsugorodási határ

alatti nedvességtartalom esetén a talaj műveléskor rögösödik. A rögök szilárdsága (keménysége) és belső súrlódása (kohéziója) megnő, az elmunkáláshoz nagy energiára van szükség.

A talaj tapadásának, súrlódásának csökkentésére és a művelőeszköz élettartamának növelésére a gépgyártók különböző megoldásokat keresnek (pl. réselt kormánylemez, kerámia, műanyag bevonat, keményfém felhegesztés).

A talaj szervesanyag-tartalma befolyásolja a talaj fizikai állapotát jellemző paramétereket (térfogattömeg, pórustérfogat, szerkezet) és a talaj fizikai tulajdonságait meghatározó egyes tényezőket (sűrűség, konzisztencia).

A talaj szerves anyaga a humusz, amely a biológiai folyamatok anyag- és energiatartaléka, illetve mellékterméke.

A termékeny talaj kalciummal telített humusza jó minőségű, morzsás szerkezetű és tápanyagokban ellátott. Kedvező a talaj vízgazdálkodására, csökkenti a tömörödési hajlamot és fékezi a felület elporosodását.

A talaj ellenálló és értékes szerkezeti elemei a talaj szervesanyagának és agyagos részeinek kapcsolódása révén alakulnak ki.

A szerkezetképződés szempontjából fontos szervesanyagok minőségi sorrendje (BIRKÁS et al., 2002):

- tarló- és gyökérmaradványok,
- zöldtrágya,
- istállótrágya,
- komposzt.

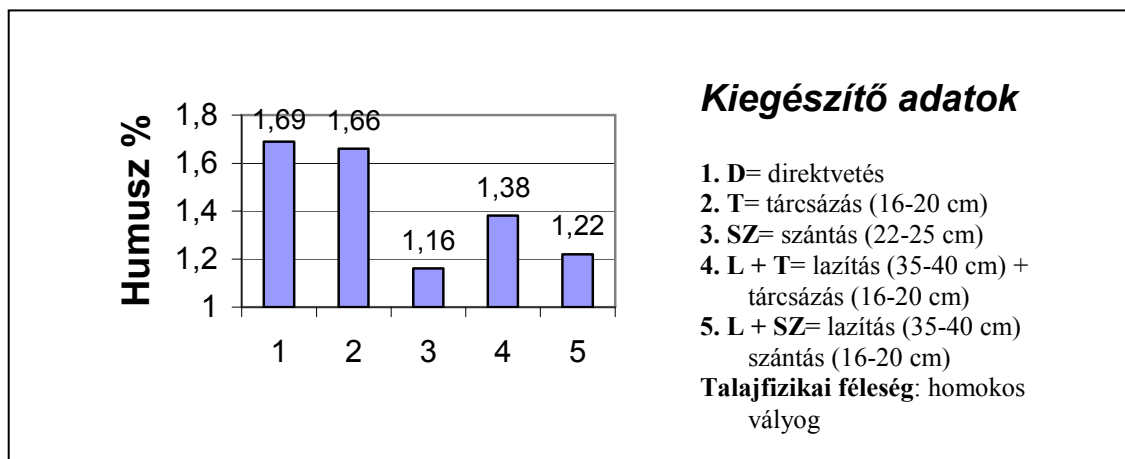
A szerves trágyaanyagok a talajba keverve lazító hatásúak, növelik a levegőzöttséget és a víznyelést. Ez a hatás különösen az agyagos talajokon kedvező.

A tarlómaradványok könnyen feltáródó részei – összetett cukrok – 4-6 hét alatt lebomlanak. A nehezebben feltáródó – lignin – anyagok bomlása 8-10 hét alatt mehet végbe. A bomlási folyamatot gátolja a talaj káros tömörödöttsége, vagy túlzott nedvességtartalma. A feltáródás talajtípustól függően felgyorsítható meszezőanyag (savanyú talaj) vagy nitrogén műtrágya (homok és szikes talaj) adagolásával.

A nem bolygatott, „ősállapotú” talajban a szervesanyagképződés- és fogyás egyensúlyban van.

A rendszeresen művelt talajokban csökken a szervesanyagtartalom, a talaj szerkezete leromlik, így a műtrágyák érvényesülése is csökken.

GYURICZA (2000) a művelés intenzitása és a humusztartalom közötti összefüggést vizsgálta homokos vályog talajon (**4. ábra**).



4. ábra A művelés intenzitása és a humusztartalom közötti összefüggés
(GYURICZA, 2000)

A direktvetéses kezelésben (kevésbé bolygatott talaj) tapasztalta a legnagyobb, szántásnál a legkisebb humusztartalmat, ami azt igazolja, hogy a művelés helyes megválasztásával, az ésszerű talajhasználattal a humuszbontó folyamatok visszaszoríthatók, és a szervesanyagfogyás mérsékelhető.

A talaj biológiai élete a lebontó (mineralizáció) és építő (humifikáció) mikrobiális és biokémiai folyamatok eredményeként érvényesül.

A talaj gyakori mozgatása felerősíti az aerob mikrobák tevékenységét, ezáltal csökken a szerkezetképződésben és a művelhetőség megőrzésében oly fontos humuszkészlet (SZABÓ, 1992).

A tömör talaj mikrobiológiai szempontból az anaerob mikrobák toxintermelése miatt káros. A tarlómaradványok bomlás helyett rothadásnak indulnak, így növényi mérgek keletkeznek.

A forgatás nélküli művelés (lazítás) biológiailag kedvező, mert az aerob mikrobiális tevékenység, és a szervesanyag fogyás ugyan némileg felerősödik, de a cementáló humuszanyagok degradációja nem következik be.

Magágykészítéskor a lazítóelemek hatására az ülepedett talajban felélénkül a mikrobiológiai tevékenység, de a hengerborona tömörítő hatása nyomán ésszerűen korlátozódik.

A talajban élő állatok is befolyásolják a talaj biológiai tevékenységét. Járataikkal növelik a talaj pórustérfogatát, ezzel kedvezőbbé teszik a víz- és levegőmozgást.

A gilisztaszám- és tömeg alakulása alkalmas a talajállapot elbírálására. A forgatásos alapművelés a földigilisták számára kedvezőtlen életteret jelent, ugyanis lerombolja a

járataikat. A forgatás nélküli alpművelés (lazítás, tárcsázás) GYURICZA (2000) vizsgálatai szerint kedvezőnek bizonyult. Azt is megállapította, hogy a tömörödött, túlzottan rögzös, vagy elporosodott talaj a gilisztatevékenységet csökkenti. A földgiliszták nagy száma, járataik és ürülékük sokasága a talaj kedvező fizikai és biológiai állapotát jelzi.

A talaj kémiai tulajdonságai a művelhetőségre közvetett hatással vannak. Az uralkodó kationok alapján a kalcium-, a magnézium-, a nátrium- vagy a hidrogéntalajok művelhetősége e sorrendben egyre rosszabb. A kémhatás befolyásolja a szerkezetképződést. Erősen lúgos vagy savanyú talajokban csökken a hasznos mikrobák tevékenysége és ezzel összefüggésben a szerkezetképződés. A talajok savanyodásával a lazultság kevésbé lesz tartós, gyorsabb visszaülepedésre és rövidebb hatástartamra számíthatunk.

1.5.3. A talajállapotot befolyásoló változó talajfizikai jellemzők

A talaj pillanatnyi fizikai állapotát a dinamikusan változó tényezők határozzák meg, melyek a művelés, egyéb agrotechnikai beavatkozások és az időjárás hatására változnak meg.

A talaj szerkezetén a szerves és a szervetlen talajalkotó részekből és azok csoportosulásából keletkező anyaghalmaz alaktól és nagyságtól függő elrendeződését értjük.

Gyakorlatilag a talajnak azt a tulajdonságát, hogy egyes darabjai (aggregátumai) maguktól vagy enyhe nyomásra a talajra jellemző szerkezeti elemekre esnek szét.

A rendszeresen művelt réteg szerkezeti formái az agronómiai szerkezet elbírálása alapján határozhatók meg. Ebben az esetben a szerkezeti elemeket kizárólag méretük alapján osztályozzuk, és a különböző mérettartományokba tartozó aggregátumok arányára vagyunk kíváncsiak. Az agronómiai szerkezet meghatározásához rosta és szitasorozat szükséges 20, 15, 5, 3, 1, 0.5 és 0.25 mm-es lyukméretekkel.

A vizsgálat szerint a 10 mm-nél nagyobb aggregátumok rögöknek, a 10 és 0.25 mm közötti frakció morzsának, az ennél apróbb részecskék pornak minősíthetők. Hangsúlyoznunk kell, hogy agronómiai szempontból a legelőnyösebb a 3 és 1 mm közötti morzsaátmérő, az ennél kisebb frakciót apró morzsának nevezzük. Agronómiai szempontból a kritikusan nagy, 100 mm feletti frakció tekinthető nagy rögnek, ennek többszöröse pedig hantnak.

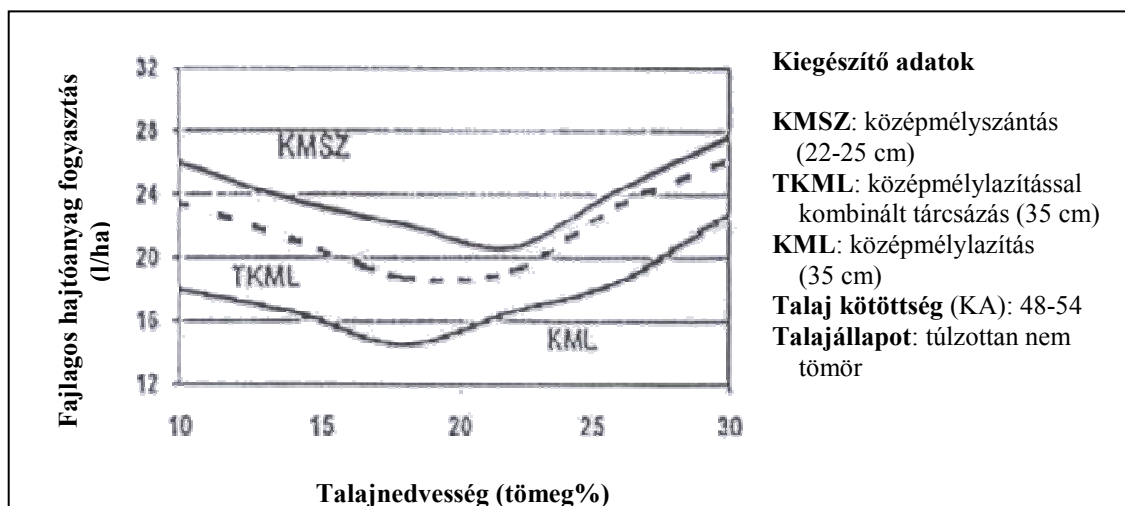
Ideális szerkezetű az a talaj lenne, amelynek legalább 80 %-át a morzsafrakcióba tartozó aggregátumok képeznek. A morzsafrakció mennyisége, és az aggregátum méretek alapján a következő szerkezetformák alakulhatnak ki (NYIRI et al., 1993):

- Morzsás szerkezet: a nagyobb rögök gyenge nyomásra 0,25-10 mm-es morzsákra hullnak szét. Ez a szerkezet általában a csernozjom talajokra jellemző.
- Poros szerkezet: a talaj nagy része laza por, vagy összeállott tömeget alkot, amely már kis nyomásra finom 0,25 mm alatti szemcsékre esik szét. Rendszerint a morzsás szerkezet leromlásakor keletkezik.
- Tömött szerkezet: a talaj nyomás hatására nem aprózódik, száraz állapotban gyakran repedezett. A nehéz mechanikai összetételű réti agyag- és szikes talajok jellemző szerkezete.
- Homokos szerkezet: a váztalajok jellemző szerkezete, a talaj szemcséi megnedvesítve nem tapadnak össze.
- Rögös (hantos) szerkezet: inkább talajállapotnak tekinthető, mivel a homokos szerkezet kivételével bármely szerkezeti állapot mellett kialakulhat, ha a talajt túlságosan száraz vagy nedves állapotban műveljük meg.

Szántóföldi talajainkban ma már csak ritkán fordul elő kedvező porozitású, vízálló aggregátumokból álló morzsás szerkezet. A rendszeresen művelt rétegben természetes képződményként – vagy mesterségesen talajműveléssel kialakított – tömött aggregátumok úgynevezett „álaggregátumok” a talajalkotók. A talaj pórusteret döntően a mesterséges úton előállított álaggregátumok között létrejövő hézag tér nagysága határozza meg.

Vizsgálatok sora bizonyítja, hogy a nem megfelelő porozitású aggregátumokból álló talajban a növényélettani szempontból kívánatos porosításviszony csak részben és igen nehezen biztosítható.

A talaj nedvességtartalmának meghatározó szerepe van a talajművelésben. Növekvő nedvességtartalomnál csökken a kohézió (részecskéket összetartó erő), ugyanakkor nő az adhézió. Adott talajon a műveléshez kedvező nedvességtartalomnál és munkasebességnél a fajlagos ellenállás, ill. hajtóanyag-fogyasztás minimumban van (5. ábra).



5. ábra A talaj nedvességtartalma és a fajlagos hajtóanyag fogyasztás összefüggései optimális munkasebesség esetén (BIRKÁS, 1987)

Középkötött talajon a szántáshoz optimális munkasebesség esetén a fajlagos vontatási ellenállás és hajtóanyag fogyasztás 19-23 tömeg % nedvességtartományban a legkisebb (JÓRI J., 1977). A szánthatóságnak a nyirkos talaj a kedvező, ekkor jó a lazítóhatás (legalább 96 %-os) és kedvező a porhanyultság (a 3 cm-nél nagyobb rögök aránya a legkisebb).

Lazításkor a legkevesebb rög ugyancsak nyirkos talajon (20-23 tömeg % nedvességtartalom) alakul ki, de a lazítóhatás már legyengül, vagyis a lazítás száraz talajon (14-19 tömeg %) hatékonyabb.

Adott talajnedvesség tartalomnál a művelési eljárások a tervezett cél megközelítése alapján rangsorolhatók.

A **8. táblázat** nyirkos talajállapot (21 tömeg % nedvességtartalom mellett alkalmazott hat alapművelési mód rögösödését mutatja. A művelési cél szerint az a módszer a kedvezőbb, amely a legjobban megközelíti az őszi búza magágy igényét, és az elmunkálásra szoruló (> 30 mm) rögök aránya a legkevesebb.

A talaj tehát legkönnyebben és a legcsekélyebb kárral nyirkos állapotban művelhető és ekkor keletkezik a legkevesebb elmunkálandó rög. A nyirkos állapot középkötött talajon közel azonos a morzsás szerkezet kialakulásának optimumával, amely 20-21 tömeg % nedvességtartalomnak felel meg (SITKEI, 1967). Ha a talaj nem tömörödött, valamint a gépeket a munkasebesség optimumban üzemeltetik a legkisebb vontatási ellenállásra számíthatunk (BÁNHÁZI, 1984).

8. táblázat **A rögfrakció méret és megoszlás (%) különböző alpműveléskor nyirkos (21 tömeg % nedvességtartalom) talajon (BIRKÁS, 2002)**

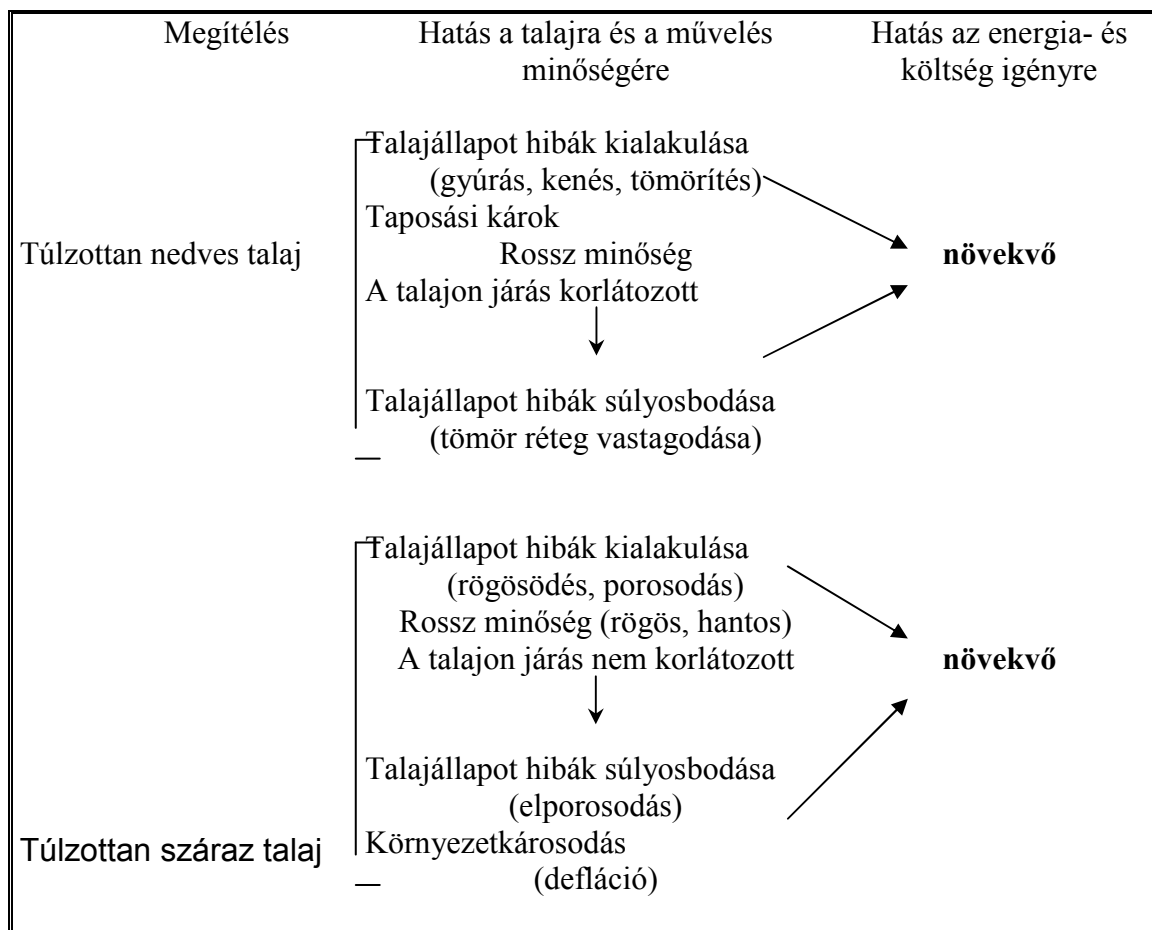
Rögméret (mm)	Kedvező rögösség az őszi búza magágyban	Jellemző rögfrakció eloszlás %					
		Nehézkul- tívátoros művelés 18-20 cm	Talajmarás 12-16 cm	Tárcsázás 18-20 cm	Lazítás 35-40 + tárcsázás 18-20 cm	Szántás 18-22 cm	Szántás 22-25 cm
< 1	25-30	7	16	7	10	6	1
1-5	25-30	16	22	15	18	14	12
5-10	20-30	30	40	24	33	17	16
10-30	10-20	37	22	40	19	31	32
> 30	0-10	10	0	14	20	32	39

A talaj nedvességtartalmához alkalmazkodás hiánya bármely művelési eljárás alkalmazásakor a szerkezet károsítását és az energiaigény növekedését vonja maga után. A művelőgépek konstrukciójuk és a talajra gyakorolt hatásuk szerint alkalmazhatók egy bizonyos szűk nedvességtartományban a legkisebb kockázattal. Az ettől való eltérés viszont növeli a hibalehetőségeket és a költségeket (**6. ábra**).

A talaj ellenállása a kötöttségtől, az agyagtartalomtól és a konzisztenciajelenségektől függően hat a művelés minőségére. A talajellenállás a művelőeszközzel szemben kifejtett erő, amely a talajrészecskék szétválasztásával szembeni ellenállásból a talaj és a művelőeszköz között fellépő súrlódásból, a talajrészecskék közötti súrlódásból és a talaj tömegéből tevődik össze. A különböző fizikai féleségű talajokon a művelés előtt (tarló állapot, tömör állapot) 3,0-5,5 MPa között változhat a talajellenállás, amely a lazító művelések hatására 0,5-2,5 MPa értékre módosulhat.

Minden talajra meghatározható egy jellemző talajellenállás érték, amely a művelés szempontjából kedvező. Ez összefüggésben van a maximális térfogattömeg értékkel, amit mesterségesen 200 kPa nyomással érnek el.

A talaj kedvező tömörségi foka, vagy lazultsága a maximális térfogattömeg érték 87-88 %-a, amely megfelel 1,5-2,5 MPa talajellenállásnak. HAKANSSON et al. (1988) ezeket az adatokat szántóföldi kísérletekkel igazolták.



6. ábra **Művelési hibák és következmények szélsőséges talajnedvesség esetén**
(BIRKÁS, 2002)

A **talaj térfogattömege és összes pórustérfogata** megmutatja, hogy a talaj adott pillanatban mennyire lazult, vagy tömörödött. A különböző növények talajlazultság igényét, a térfogattömeg és összporozítás határértékeit az 1.5.1. fejezetben ismertettem. A művelés során a térfogattömeg értéke $0,80-1,80 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ között változik. A tarló térfogattömege általában $1,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ vagy ennél nagyobb, pórustérfogata pedig 40 % vagy ennél kisebb. Az alapművelés majd az azt követő magágykészítés során közepesen laza talajállapotot hozunk létre, ami $1,15-1,35 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ térfogattömeget és 48-54 % pórustérfogatot jelent.

A talajtömörödés, ill. talajtömörítés hatására az alkalmazott agrotechnikai eljárástól függően nő a talaj térfogattömege és a penetrációs ellenállása, csökken a porozitása, a levegőzöttsége és a vízvezető képessége (DAVIES et al. 1973).

A **9. táblázat** foglalja össze a talajállapot elbírálására alkalmas talajfizikai paraméterek határértégeit és azok hatásait. A táblázat adatai azt bizonyítják, hogy a termesztésre mind a túlzottan laza, mind a túlságosan tömör állapot kedvezőtlen.

A talaj állapota összességében a környezetre gyakorolt hatása, valamint a növény igényeinek kielégítése alapján ítéltethető meg. A talajállapot akkor kedvezőtlen, ha valamely jellemzője (pl. szerkezete rögzös, poros, vagy tömörödött) környezeti kárnak minősül, és a növénytermesztés csak költséges beavatkozások árán tehető eredményessé. Kedvező a talajállapot, ha a talaj fizikai és biológiai jellemzői biztosítják a termesztésre alkalmas közeg kialakulását.

9. táblázat

A talajállapot elbírálására alkalmas határértékek

(BIRKÁS, 1987, HAKANSSON et al. 1988, SOANE és OUWERKERK, 1994)

Talajállapot	Talajfizikai paraméterek			Hatás a	
	Térfogattömeg g · cm ⁻³	Összes pórus- térfogat %	Talajellenállás MPa	Növényekre	Környezetre
Kedvező	1.20-1.50	47-52	1.50-2.50	kedvező	kedvező
Túlzottan laza	0.65-0.95	60-65	< 1.0	kedvezőtlen	el/lehordható
Művelőtalp tömörödés, taposási kár	≥ 1.55	≤ 36-38	≥ 3.0 (4.0-6.0)	gátlás	vízpangás a réteg felett
Hántatlan tarló (általában)	1.50-1.58	38-40	3.0-3.50	kedvezőtlen (vízvesztés)	közepesen talajvédő
Lazítás (a lazítás mélységéig)	1.0-1.30	48-52	1.15-1.25	jobb gyökerezés	kedvező vízforgalom
A növények magágy igénye	1.15-1.35	47-52	1.15-1.45	kedvező	függ a felszíni fedettségtől
A növények gyökérágy igénye	1.30-1.45	46-48	1.85-2.85	kedvező	kedvező vízforgalom

1.6. A talajtömörödés hatása

A talaj tömörödése természetes vagy mesterséges úton kialakult/kialakított szerkezet deformáció, amely együtt jár a porosítás és az áteresztőképesség (levegő, víz, hő) csökkenésével és a talajellenállás növekedésével (BIRKÁS et al., 1996).

Az emberi tevékenység által okozott tömörödés a gépi műveléssel, pontosabban a nem megfelelő körülmények között és minőségben végrehajtott műveléssel függ össze. Az erő- és munkagépek kerekei a talajfelszínét tömörítik, a tömörítő hatás a gépek tömegétől és a talaj nedvességtartalmától függően 30-60 cm-ig terjedhet. A nedves talaj művelésekor a művelőeszközök többsége tömöríti, gyúrja és keni a talajt. A többszöri,

azonos mélységben járatott eszközök (tárcsa, eke) tömör, ún. művelőtalpat képeznek a művelt réteg határán. A művelés ismétlésétől, illetve az átlazítás elmaradásától függően a talajszelvényben 2-3 károsan tömörödött réteg is kialakulhat. Az eketalp-tömörödés az ekevas munkája nyomán alakul ki, a nedves talaj kenődéséből és a traktorkerék taposásából, csúszásából adódik össze. A szántott 20-36 cm mély rétegben bárhol kialakulhat 2-10 cm vastagságban a talaj állapotától függően.

A tárcsatalp-tömörödés a tárcsalapok tömege, csúszása következtében nyirkos és nedves talajban alakulhat ki 12-18 cm alatti rétegekben. A tárcsatalp-tömörödés évente változó mélységű alpműveléssel (pl. ekével, kultivátorral) megelőzhető. Az eketalp-tömörödés vagy a mélyebb – 35 cm alatti – rétegek tömör állapota száraz talajban középmezélylazítóval szüntethető meg (JÓRI J., 1996).

A taposási kár eredetű tömörödést az erő- és munkagépek járás szerkezetei okozzák. A talajon járás deformáló hatása függ a gépek tömegétől, az egységnyi felületre eső terheléstől, a kerék csúszásától és a talaj tulajdonságaitól (HAKANSSON et al., 1988). A taposási károk kiterjedését a talajon járás gyakorisága és ideje (mikor, milyen nedvességű talajon) is befolyásolja. A leginkább veszélyeztetett helyek a táblák út menti szélei, a forgók és a szállítójárművek útvonalai. A taposási károkat a nedves talajon járás mellőzésével, a menetszám és gépmozgás csökkentésével, illetve talajkímélő járás szerkezetek (gumihevederes járás szerkezet, flotációs abroncsok, ikerkerekek) alkalmazásával megelőzhetjük, illetve enyhíthetjük (ANTOS, 2002).

A talajok érzékenysége a tömörödéssel, különböző, elsősorban a kötöttségük, a szerkezetük és a nedvességtartalmuk a meghatározó.

Az agyagtalajok általában jobban összenyomhatók, mint a homoktalajok, ugyanakkor ez nem jelenti azt, hogy a tömörödés következményei homoktalajokon enyhébbek lennének.

A csapadék a talaj nedvességtartalmán keresztül befolyásolja a taposás és a tömörödés kialakulását. A sok csapadék által átnedvesedett talaj könnyen és mélyrehatóan tömörödik. Ha a betakarítási és művelési időben hullott csapadék (hazai viszonyok között) a sokévi átlagnál ≥ 50 %-kal több a tömörödés kialakulásának veszélye igen nagy.

Öntözés esetén a kiadott öntözővíz mennyisége, az öntözés, az azt követő művelet között eltelt idő hossza és az öntözés utáni időszak csapadékossága is fontos a tömörödés szempontjából.

A talajtömörödést okozhatja a művelőeszköz helytelen üzemeltetése. Az erőgép- és munkagép energetikai illesztése akkor jó, ha a munkaszélesség és a munkasebesség megválasztásával optimális az energiaszolgáltatás változó talajviszonyok esetén is (BÁNHÁZI és FÜLÖP, 1982).

Gyakori probléma a kerékcúsás, ami jelentős talajszerkezet károsodást (tömörödést, kenődést) okoz, főleg nedves talajokon.

A művelőelemek állapota, konstrukciója a talajművelő eszközökön a művelési cél (forgatás, lazítás, aprítás, stb.) teljesülését segíti vagy korlátozza. A helyes beállítás és a vágóélek karbantartása az előírt munkaminőség alapvető feltétele. Kopott, életlen művelőelemmel dolgozva (pl. ekevas) az energiaveszteség akár 40 % is lehet, miközben csökkenhet a munkamélység és károsan tömörödhet a talaj. A talajkímélő művelőelemek közé sorolhatók azok a konstrukciós megoldások, amelyek a talaj vágása, nyírása, lazítása, aprítása vagy a talajba süllyedve kevésbé tömörítenek vagy okoznak visszatömörödést. Ilyen eszköz lehet a rugós terhelésű csavartkéses kultivátor, a talajhajtású forgóelem vagy a legtöbb TLT-hajtású aktív művelőszerszámú eszköz (pl. talajmaró, forgóborona, lengőborona).

1.7. A talajművelő eszközök hatása a talajok rögzőségére

1.7.1. A tarlóhántás eszközei

A rögzítés olyan káros folyamat, melynek során a kiszáradt, tömörödött talajt alkalmatlan eszközzel művelnek meg.

A talaj nyári kiszáritása/kiszáradása földrajzi és éghajlati adottságainkból következően általános jelenség. Bekövetkezhet, ha a tarló a betakarítást követően hántatlanul marad, továbbá ha a tarlóhántást elvégzik, de a felszínt lezáratlan hagyják. A talaj kiszáradását a mélyebb művelés tovább fokozza, ezért a nyári szántásokat nem tanácsos elmunkálatlanul hagyni.

A tarlót tehát lehetőleg sekélyen hántsuk, a tarló- és szármaradványok borítását használjuk ki a talaj vízvesztésének csökkentésére (NYÍRI, 1999).

A tarlóhántás utáni rögzőség elsősorban az előveteménytől, a választott művelőeszköztől, a talaj kötöttségétől és a nedvességtartalmától függ.

A tarlóhántás bármely lazításra, porhanyításra és keverésre alkalmas eszközzel elvégezhető, vagyis a tárcsa, a kultivátor, az ásóborona is megfelelő eszköz. A magyar gyakorlat a tárcsát tartja a legjobbnak. JÓRI J. (1979) vizsgálatai során a JD-330 típusú tárcsásborona és a Hankmo-192 típusú ásóborona munkáját hasonlította össze.

A **10. táblázat** alapján megállapítható, hogy az aprózódás mértéke, a rögzfrakciók aránya – a menetszámtól függetlenül – a tárcsánál kedvezőbb.

10. táblázat

A tárcsa és az ásóborona rögaprító munkája réti talajon (JÓRI J., 1979)

Eszköz- és menetszám	D _i átlag rögátmérő (m)	0,01 m-nél kisebb rögfrakció (%)	0,06 m-nél nagyobb rögfrakció (%)
Hankmo-192			
1-szer	0,118	13,2	59,9
2-szer	0,108	14,0	56,5
3-szor	0,091	14,3	46,1
JD-330			
1-szer	0,100	17,1	56,0
2-szer	0,079	20,6	44,7
3-szor	0,066	23,8	24,4

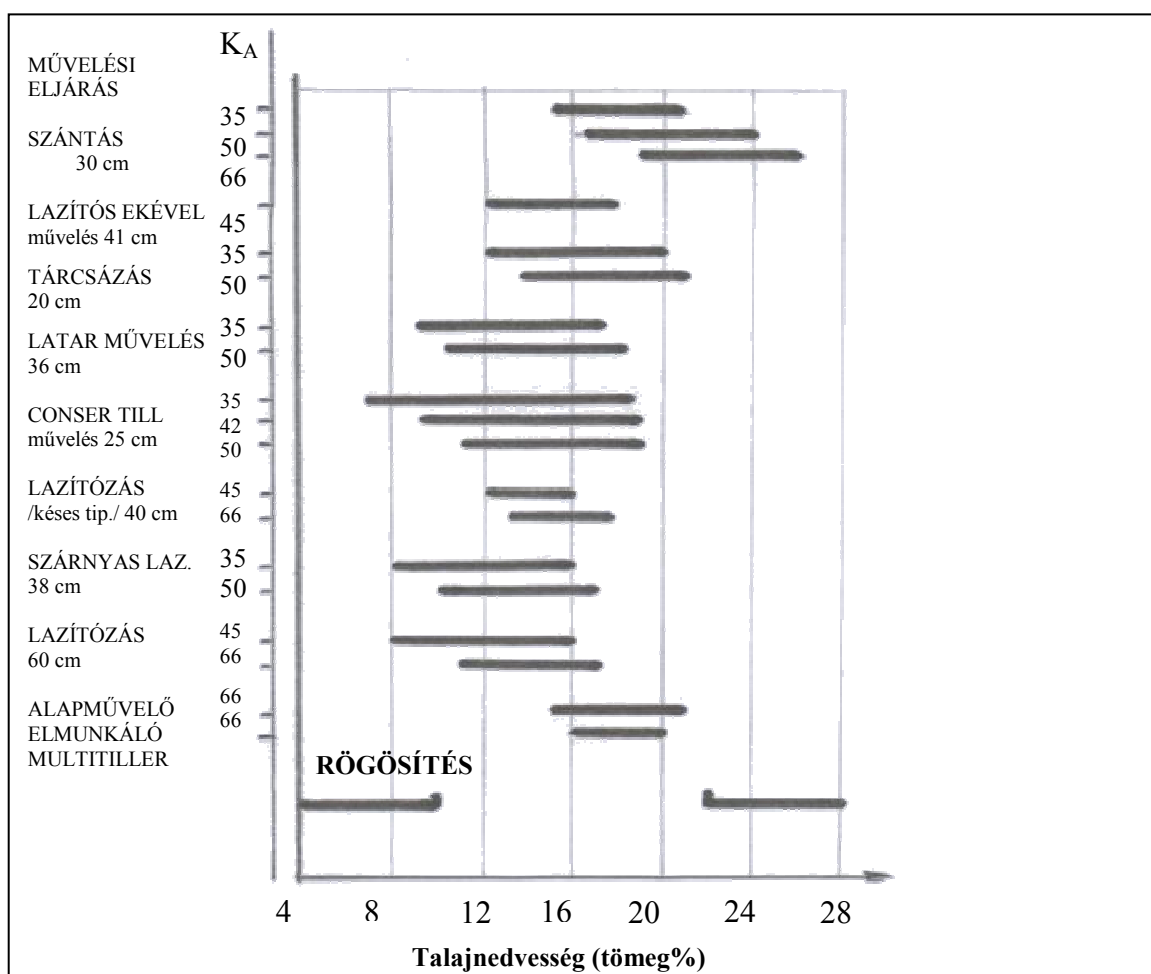
1.7.2. Az alapművelés eszközei

A rögzösödés szempontjából a legkritikusabb művelet az alapművelés, mint a legmélyebb és legintenzívebb talajmozgást okozó beavatkozás.

Alapművelésre minden olyan eszköz alkalmatlannak minősül, amely a száraz, tömör vagy a túlságosan nedves talaj művelésekor az elmunkálás menetszámát növeli. Alapműveléskor számításba kell venni a talaj kötöttségét is, amely a tömör és száraz talaj művelhetőségét a nagyobb ellenállása révén tovább rontja. Az alapművelés rögzösödését különböző talajállapotokra és művelőeszközökre BIRKÁS (1988) vizsgálta. A **7. ábra** alapján meghatározható az az optimális nedvességtartomány, ahol az alapművelést vagy az elmunkálást végző eszköz a rögzösödés (vagy a kenés) veszélye nélkül alkalmazható.

Forgatásos művelés esetén kötöttségtől függően az optimális nedvességtartomány 15-24 tömeg %. Például közép-kötött talajon (kormánylemezes ekével, 7-8 km/h sebességgel) végzett szántás legjobb minőségben (rögzösödés nélkül) 20-24 tömeg % nedvességtartalomnál végezhető el. A barázdaszeletek omlósak, a szántás könnyen elmunkálható.

Lazítás ekével a szántás alacsonyabb nedvességtartalomnál (12-18 tömeg %) is elvégezhető a rögzösödés veszélye nélkül.



7. ábra Különböző művelőeszközök ajánlott nedvességtartományai (tömeg %)
(BIRKÁS, 1988)

A **szántás** rögzőségét befolyásolja a talaj tömörödöttsége, illetve a tömörödött rétegek elhelyezkedése is. Szántás esetén a felsőbb rétegek tömörödött állapota az elsődleges befolyásoló tényező (BIRKÁS, 2000).

Az ekék munkáját az **ekével kombinált különböző porhanyítóeszközök** segítségével igyekeztek javítani úgy, hogy a hagyományos munkavégző eszközöket, a kormánylemezeket próbálták más jellegű munkaeszközökkel helyettesíteni.

A fejlesztőmunka egyik eredménye a talajhajtású forgó elemekkel működő **görgős eke**. A kísérletek azt igazolták, hogy azonos körülmények között a görgős eke porhanyító hatása kismértékben (1,5-9 %) jobb, mint a kormánylemezes ekéé, miközben a területteljesítménye nagyobb, a vontatási ellenállása pedig kisebb (FÜLÖP, 1969).

A TLT-ről történő hajtás célja is a munkaminőség javítása, a növényi maradványok jobb talajbakeverése, a talajdeformáció jellegének és az energiaközlés formájának megváltoztatása volt.

Az előnyök mellett a kísérletek során kimutatott hátrányok is adódtak. A fajlagos teljesítményigényük nagyobb, mint a passzív szerszámú ekéké, szerkezetük bonyolultabb, előállításuk anyag- és munkaigényesebb. Munkaszélességük a jelenlegi megoldásokat tekintve elmaradt a nagyüzemek igényeitől.

A hazai vizsgálatok a Lajta LCF-3M35 típusú **kormánylemezes ekére**, a GEF-3-35 típusú **görgös ekére**, a KOMBINUS és a PFZ-3-35 **rotációs ekére**, a TAKAKITA sekélyszántó **rotációs ekére** és egy UNIA típusú **talajmaró** együttes megfigyelésére terjedtek ki (JÓRI J., 1972).

A vizsgált gépek főbb műszaki adatait a **11. táblázat** tartalmazza. A mérések 52-56 Arany-féle kötöttségi számú réti talajon, 6,4-13,4 tömeg % nedvességtartalmú hántott talrlón folytak.

11. táblázat

A vizsgált gépek főbb műszaki adatai (JÓRI J., 1972)

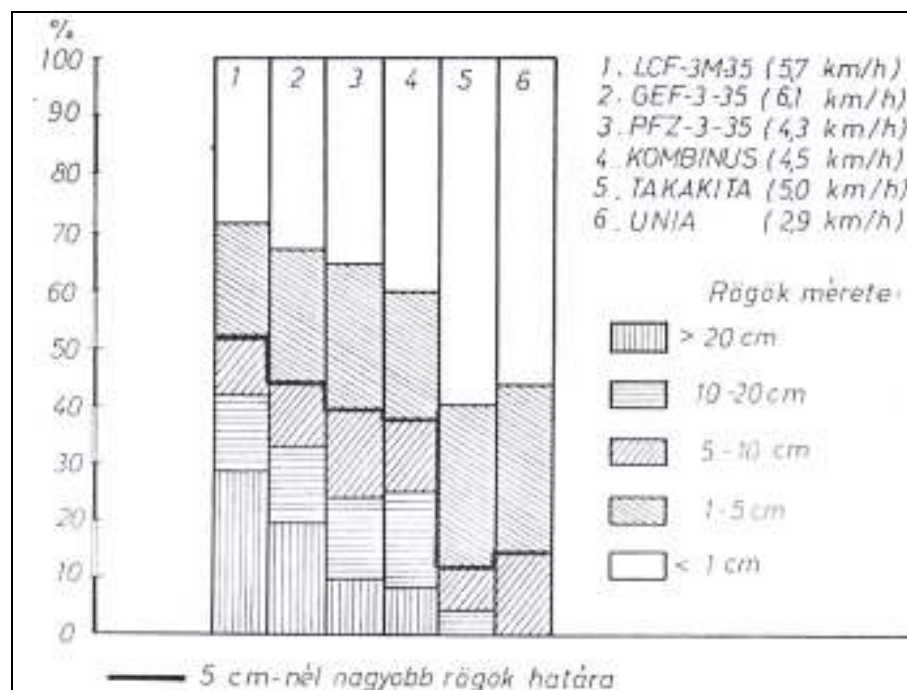
A gép megnevezése	Munka- szélesség	Egy művelőtest szélessége	Művelő- testek száma	Maximális munka- mélység	Rotor- fordulat- szám	Kerületi sebesség
	m	cm	db	cm	1/min	m/s
LCF-3M35	1,05	35	3	26	-	-
GEF-335	1,05	35	3	26	-	-
PFZ-3-35	1,10	36	3	26	390	5,1-9,2
Kombinus-Kreiserflug	1,35	45	3	32	245	5,1-6,4
Takakita	1,10	25	4	20	680	10,7-15,7
UNIA talajmaró	1,60	20	8	15	154	4,0

A gépek porhanyító hatását a **8. ábra** alapján értékelhetjük. A hagyományos kormánylemezes ekéhez viszonyítva a leghatásosabb porhanyítást a TAKAKITA rotációs eke és az UNIA talajmaró végezte. A másik két rotációs eke mintegy 10-15 %-kal múlta felül a hagyományos ekét. A két gép kiemelkedő porhanyító hatása a sekély műveléssel és a magas fordulatszámmal (kerületi sebességgel) magyarázható.

A porhanyítás mértéke a munkamélység függvényében jelentősen eltért az egyes gépeknél.

A kormánylemezes eke porhanyító hatása a felső rétegben a leggyengébb, míg az alsó rétegekben azonos. A görgős ekéknél ez a hatás fordított. A rotációs ekéknél tipikus osztályzó hatás érvényesült, azaz felfelé haladva a rögök mérete fokozatosan nőtt, vagyis a rotációs eke a legapróbb rögöket a barázda fenekére, a legnagyobbakat a szántás felszínére helyezte. A talajmaró az alsó és a felső réteget azonos mértékben porhanyította.

A felületi aprítóhatás szempontjából a legkedvezőbb munkát a nagy fordulatszámmal dolgozó gépeknél (TAKAKITA, UNIA) tapasztalták.



8. ábra A vizsgált gépek rögaprító hatása (JÓRI J., 1972)

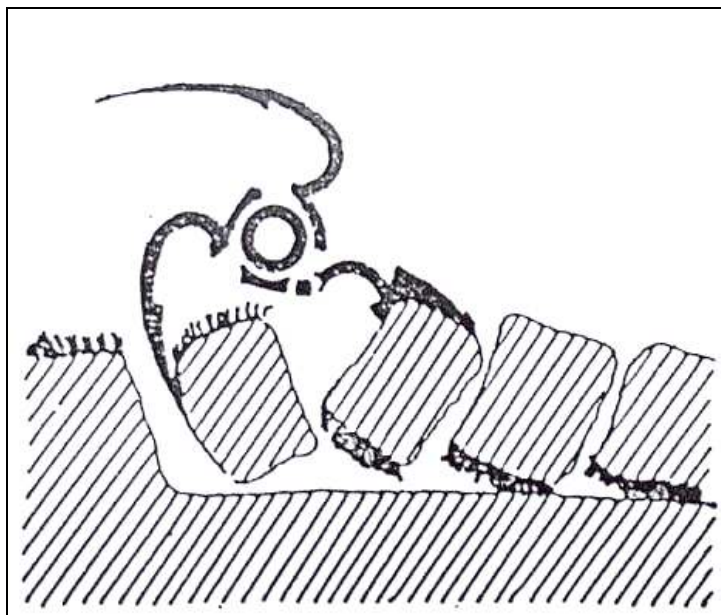
A forgó művelőtestű ekéktől eltérő elven, a kézi ásómunkának megfelelő módon dolgoznak az **ásógépek** (9. ábra).

Porhanyító, felszínalakító munkájukat és hatásukat tekintve előnyösebben használhatók, mint a hagyományos ekék, de csak akkor, ha kedvező talajállapot hiányában a kormánylemezes ekék nem végeznek megfelelő munkát.

Energiaigényük kis sebességeken nagyobb, mint a hagyományos ekéké, de vonóerőigényük gyakorlatilag nincs.

Nagy előnyük, hogy a szerszámok után nem marad elkent barázdafenek.

Kis haladási sebességük és területteljesítményük miatt azonban csak a kertészetben tudnak tért hódítani.

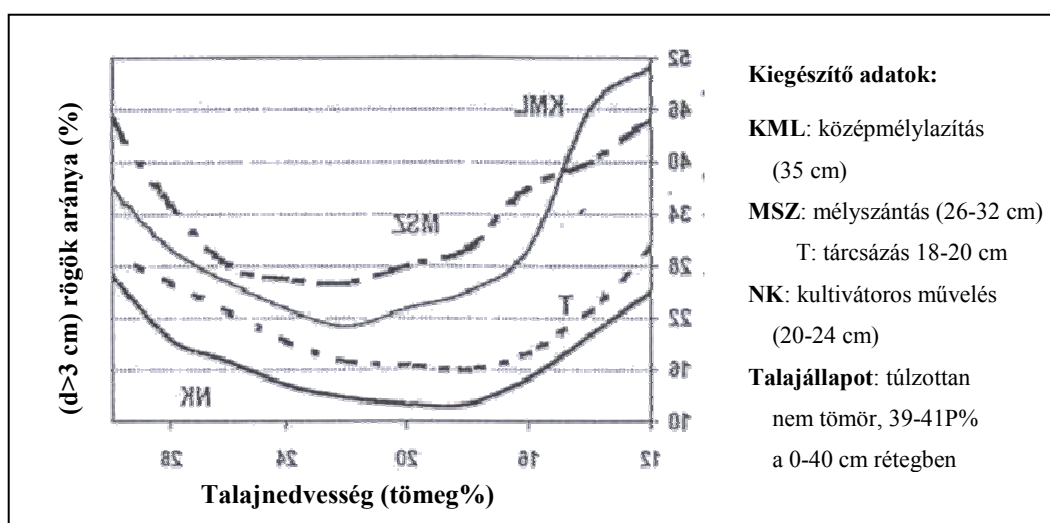


9. ábra A VICON-Rotaspá ásógép munkájának vázlata (BÁNHÁZI-FÜLÖP, 1971)

A forgatás nélküli alapművelési eljárások és eszközök alkalmazásával száraz talajon a jó minőségű munka szintén nehézkes és kétséges. Kivételt képez a lazítás, amely akkor hatékony, ha az átlazítandó réteg kellően száraz, ugyanakkor a felső réteg nincs kiszáritva és túltömörítve.

Az elmunkálandó rögök aránya bármely nedvességtartalomnál legkisebb a kultivátoros művelésnél és általában legtöbb a szántáskor. Lazításkor a nyirkos, kissé nedves talajban alakul ki kevesebb elmunkálandó rög, azonban ebben a nedvességtartományban (20-24 tömeg %) már romlik a lazítás hatékonysága. Túláságosan nedves talajon lazításkor nő a rögösödés, az átlazítás hatékonysága megszűnik. Ekkor a tárcsás és a kultivátoros művelés is kerülendő. A kultivátoros és a tárcsás műveléskor a kissé szárazabb talajon is jó minőség várható (10. ábra).

Száraz talajon a legkevesebb (>30 mm) elmunkálandó rög talajmarás után képződik, azonban az egyes rögfrakciók aránya eltér az optimálistól, ezért a rangsorban a nehéz kultivátor és a tárcsa mögé szorul.



10. ábra Az elmunkálendő (<3 cm) rögök aránya különböző talajnedvesség és művelési eljárások esetén (BIRKÁS, 2000)

A KITE energiatakarékos műveléssel kapcsolatos vizsgálatai is a forgatás nélküli művelés előnyeit támasztják alá (12. táblázat).

12. táblázat

Alapművelés és a rögfrakció százalékos megoszlása mm-ben (ÁDÁM, 1980)

Kezelés	Művelési mélység (cm)	Rögméret (mm)						
		10	10-20	20-40	40-60	60-100	100-200	200
		Megoszlás (%)						
Szántás	18-20	11,3	8,8	9,7	7,0	8,6	9,7	44,9
RAU nehéz kultivátor	18	15,4	9,9	11,6	9,9	10,8	18,8	23,6
RABEWERK nehéz kultivátor	18	24,1	9,8	10,3	9,4	9,6	14,2	26,6
Tárcsázás	16	20,6	8,8	14,5	13,0	15,0	17,6	10,5

A tárcsa, a kultivátor és a lazító jól kombinálható más elmunkáló eszközökkel (egyengetőlemez, ásóborona, hengerborona, síktárcsa, lezáró-tömörítőelem). A kombináció eredményessége attól függ, hogy az egyes elemek és a teljes gépkombináció a talajra milyen hatást gyakorol. Érvényesül-e a lazítóhatás, az aprító, porhanyító, keverő és felszínegyengető munka.

1.7.3. A szántáselmunkálás és a magágykészítés eszközei

A szántáselmunkáláshoz és a magágykészítéshez (e két művelet lehet azonos is) az alapművelés munkaminőségétől, illetve a termesztendő növény igényétől függően különböző eszközök használhatók.

A szántással egyidős az a törekvés, hogy az elmunkálás a lehető legrövidebb időn belül történjék meg. A szántás jellegétől és céljától, valamint a szántott terület talajától függően, kezdettől fogva széleskörűen alkalmazták a simítók, a fogasboronák különböző típusait, valamint a hengereket s ezen belül az ún. rögtörő hengereket. Az említett eszközök vontatására szolgáló eszközök nem a legelőnyösebb megoldásúak, de használatuk mellett szól egyszerű kialakításuk és aránylag könnyű kezelhetőségük.

A szántással egy menetben dolgozó szántáselmunkáló eszközök – agrotechnikailag ugyanis kedvezőbb ez a megoldás, mint a külön menetben végzett elmunkálás, ami a két művelet közötti időtől függően hatástalan is lehet – feladata a szántott talajfelszín felső rétegében a rögök aprítása, a felszín egyengetése, a felszín vagy az „altalaj” tömörítése. Az eszközök önálló vagy ekéhez kapcsolt használatára eltérő esetekben kerülhet sor. Az eszköz megválasztását elsősorban a talajállapot szabja meg. Az esetek többségében akkor végezhető jó és energetikailag is megfelelő munka, ha az alapműveletet az elmunkáló azonnal követi, mert a nedves vagy nyirkos talaj jobban aprítható.

Az ekéhez leggyakrabban boronát vagy hengert kapcsoltak. Az egycélú eszköz megfelelő energiatartalék mellett simítógerendával is kiegészíthető. A kapcsolt csillagos, léces, huzalos, stb. hengerborona a szántáson jól vezethető és agrotechnikailag is megfelelő munkát végez. Lényeges hátránya azonban az ilyen kapcsolásnak, hogy a vele való mozgás a forgókban nehézkes, illetve úti szállítási helyzetük nem megoldott.

Jobb a munka minősége a kapcsolt kombinált szántáselmunkálóknál, amelyek két-három művelőelemmel (pl. hengerborona-mélytömörítő henger-hengerborona sorba kapcsolásával) együttesen fejtik ki hatásukat.

Az ekére szerelt szántáselmunkálókat a nagy munkaszélességű ekék kialakulásának időszakában az egyszemélyi kezelhetőség és a könnyű manőverezési készség igényelte. A megvalósított típusok (BÁNHÁZI és FÜLÖP, 1975) könnyű és közép kötött talajok elmunkálásához alakultak ki úgy, hogy az ekekerethez konzolokon szerelték fel a rugós boronákat egy vagy több tagban. Az eke kiemelésével a boronatokok is kiemelkedtek a talajból, s nagyobb oldalkinyúlás esetén a szállítási helyzetben a keret mellé hajthatóan készültek.

BÁNHÁZI (1977) függesztett ekéhez, KIRÁLY (1978) félig függesztetthez készített szántáselmunkálókat. Az első megoldásban gyűrűshenger, pálcás és léces hengerborona, mélytömörítő henger, kétsoros rugósborona különböző variációit, míg a második megoldásban csipkés tárcsa, csillagkerék, sima élű gömbsüveg tárcsa, forgó- és rugósborona, valamint rezgőborona kombinációit vizsgálták annak eldöntésére, hogy melyik kialakítással a legkedvezőbb a talajmunka. A mérési adatokról nyújt felvilágosítást a 13. táblázat. Az adatok $w=9,4 \dots 10,1$ tömeg% nedvességtartalmú, 38 Arany-féle kötöttségi számú talaj elmunkálására vonatkoznak.

A táblázatban közölt adatok alapján megállapítható, hogy a vizsgált változatok között a legintenzívebben a kétsoros gyűrűshenger porhanyított (átlagosan 17,7 %-kal jobban, mint az eke).

Összehasonlítva azonban az egysoros gyűrűshenger-kombinációval az is kitűnik, hogy a második hengersor hatására a porhanyítás lényegesen nem javult (az eltérés átlagosan 2,5 %), az egy tagra eső vontatási ellenállás-növekedés azonban kb. kétszeres.

Bármely szerszámpárosítást megvizsgálva a porhanyítás mintegy 10-15 %-kal javult. A 0,05 m-nél kisebb talajfrakciók mennyisége pedig átlagosan 4-10 %-kal növekedett a szántáselmunkálók hatására.

A hagyományos merev fogasborona a felszíni talajművelésben többféle feladatra, pl. rögaprításra, felszínegyengetésre, porhanyításra, gyomirtásra, magtakarásra, magágykészítésre, rétápolásra alkalmas. E sokoldalú felhasználás természetesen nagy szerkezeti változatosságot kíván.

A fogasboronák a fogak állása (egyenes, hajlított), a fogkeresztmetszet (kör, négyzet, lencse, kés), az egy fogra jutó tömeg, a fajlagos tömeg (könnyű: 0,5-1,7 kg/fog, közepes: 0,3-2,0 kg/fog és nehéz: 0,7-2,5 kg/fog) és a boronatangok kialakítása (S és Z alakú) alapján csoportosíthatók. Az előre hajlítottak mélyebben, a hátrafelé hajlítottak sekélyebben hatolnak a talajba. A négyszög keresztmetszetű fogak porhanyítása jobb, mint a kör keresztmetszetűeké. A kanalasfogúak lazító, behúzó és gyomirtó hatása felülmúlja a többiét, ezért a magágykészítők kedvelt elemei.

13. táblázat

Szántáselmunkáló eszközök talajporhanyító hatása (BÁNHÁZI és KIRÁLY, 1978)

Eszköz és variáció	Haladási sebesség		Rögfrakció (%)	
	(m/s)	(km/h)	0,05 m-nél kisebb	0,005-nél kisebb
LCF 3M35 eke	1,22	(4,44)	63,70	31,60
	1,65	(5,96)	71,35	30,11
	2,40	(8,65)	72,85	19,38
Egysoros gyűrűshenger	1,17	(4,24)	89,71	43,15
	1,61	(5,80)	80,21	34,88
	2,27	(8,18)	82,78	34,46
Kétsoros gyűrűshenger	1,19	(4,31)	98,97	51,26
	1,83	(6,60)	80,99	39,10
	2,38	(8,57)	80,30	32,18
Gyűrűshenger + léces hengerborona	1,19	(4,31)	78,70	30,30
	1,62	(5,85)	79,20	30,63
	2,15	(7,74)	89,20	37,19
Gyűrűshenger + pálcás hengerborona	1,23	(4,44)	79,50	36,75
	1,70	(6,16)	76,50	39,45
	2,39	(8,61)	76,20	36,96
Mélytömörítő henger (nem sorozatgyártású)	1,14	(4,11)	69,75	28,53
	1,61	(5,80)	77,26	34,32
	2,32	(8,37)	63,86	25,11
Léces+pálcás hengerborona	1,20	(4,35)	62,14	30,27
	1,76	(6,37)	79,21	33,87
	2,27	(8,18)	83,96	39,77
Kétsoros pálcás hengerborona	1,13	(4,07)	74,50	34,61
	1,59	(5,73)	89,14	48,00
	2,28	(8,21)	85,18	41,09
Kétsoros léces hengerborona	1,18	(4,28)	90,51	47,94
	1,76	(6,37)	79,21	33,87
	2,27	(8,18)	83,96	39,77
Mélytömörítő + pálcás hengerborona	1,13	(4,09)	74,86	33,33
	1,65	(5,95)	84,75	39,91
	2,27	(8,17)	88,13	45,59
Mélytömörítő+gyűrűshenger	1,13	(4,09)	77,60	36,80
	1,62	(5,85)	87,26	22,72
	2,22	(8,00)	78,24	27,48

A talajban dolgozó boronafogak munkájukat a nyomás és ütközés, valamint a mozgást kísérő súrlódás együttes hatásával fejtik ki. Az ütközés következtében a talajrögök kisebb darabokra esnek szét vagy ha energiájuk nem elég az aprításhoz, kitérnek a szerszám elől. Az is megfigyelhető, hogy a fogak a kellően be nem ágyazott rögöket a felszínre hozzák. Ezért alkalmaznak egyre inkább olyan rögtrőket (pl. hengerboronát), amelyek a felszínen lévő rögöt megtámasztják és függőleges erőhatásukkal aprítják is.

SITKEI és FEHÉR (1979) a boronafogak talajtörési munkáját elemezve megállapította, hogy a szerszám sebessége a 3,3 m/s értékig növelhető, mert eddig végez megfelelő rögaprító munkát. A rögöket törő erő a szerszám sebességének növekedésétől függően csökken, de szárazabb talajon jelentősen növekszik. Ebből következik, hogy a magágykészítés száraz, rögös talajállapot mellett igen nagy erőigénnyel jár.

A talaj szántás utáni tömörítésére, a talajfelszín alakítására és a rögök aprítására használt hagyományos eszközök a különböző hengerek.

A hengerek tömörítő hatása a talajba süllyedéstől, ez pedig a talajállapottól, a henger 0,01 m hengerhosszára eső tömegétől, valamint a henger átmérőjétől függ (KIRÁLY, 1978). A vontatási ellenállás ugyanezen tényezők függvénye.

SITKEI (1967) összegezi azokat a tapasztalatokat, amelyek szerint a hengerek besüllyedése a vontatási sebesség növelésekor csökken, s így csökken a tömörített talajréteg vastagsága is. Ez a tendencia minden vizsgált átmérőjű és vonalterhelésű hengeren egyaránt megfigyelhető.

A hengerek fajlagos vontatási ellenállása a sebesség függvényében növekszik. Különösen a kisebb átmérőjű hengerek vontatásához szükséges vonóerő növekedése jelentős. Hasonló hatás mutatható ki a vonalsúlyterhelés hatására is (KIRÁLY, 1978).

A hengereket túrásmentesen kell működtetni, ellenkező esetben a vontatási ellenállás ugrásszerűen megnő, a tömörítő hatás pedig csökken. A vonóerő-kifejtés szempontjából ezért a nagy átmérőjű hengerek az előnyösebbek, s a tömörítő hatás fokozásának javasolt módja a vonalsúly növelése.

A 14. táblázat tájékoztatást ad az általánosan használt hengerek főbb jellemzőiről és fajlagos vontatási ellenállásukról.

14. táblázat

A hengerek főbb méretei és vontatási ellenállása (KUGLER, 1977)

Henger	Átmérő (m)	Munkaszélesség (egy elem) (m)	Fajlagos tömeg (kg/m)	Munka- sebesség (m/s)	Fajlagos vontatási ellenállás (kN/m)
Simahenger	0,30-0,60	1,0	100-430	1,66-2,22	0,40-1,00
Réthenger	1,3	1,5	2000	1,66-2,22	1,35-2,00
Gyűrűshenger	0,38-0,40	0,060-0,10	100-300	1,66-2,22	0,50-0,75
Csillaghenger	0,30-0,60	0,080-0,10	160-300	1,66	0,80-1,50
Cambridge-henger	0,35-0,40	0,08	200-430	1,66-2,22	0,50-0,65
Croskill-henger	0,32-0,52	0,080-0,10	200-430	1,66-2,22	0,55-0,80
Altalaj-tömörítő	0,70	0,025-0,04	250-350	1,66-2,22	1,30-2,50

A felsoroltak mellett számtalan más profilú hengerelem létezik (csillag-, spirál-, Güttler prizmahenger, Rolex henger), amelyek önállóan vagy kombinált gépek elemeként egyaránt alkalmazhatók.

Egyre népszerűbbek a hengerelemek előtt dolgozó elmunkálóegységek (Nivellator, Crossboard rugós elem), amelyek a nagyobb rögöket és a felszíni egyenetlenségeket hatékonyan elmunkálják.

A nyár végi és őszi vetésű növények számára, elsősorban kötött és igen kötött talajokon, az egymás mögött célszerűen elhelyezett porhanyító-gyomirtó-egyengető-tömörítő munkát végző művelőszerszámokból kialakított **nehéz szántáselmunkáló/magágykészítő** gépek képesek eredményes munkát végezni. Megjelenésük időszakában korszerű gépeknek tekintették, alkalmazásukra azonban nem sok helyen került sor, mert időközben a függesztett magágykészítőkre irányult a figyelem.

A különböző teljesítményű traktorokhoz 3-8 m munkaszélességgel, s egyes esetekben ennél nagyobb méretben is készültek nehéz szántáselmunkálók. Az első művelő szerszámsor – többnyire gyűrűs- vagy rögtörő henger – aprítja, tömöríti, majd az ezt követő második elemsor – a rugós kultivátorkapák sora – lazítja és aprítja a talajt, és a nagyobb rögöket felszínközelbe hozza, amelyeket az első elemsor nem tudott aprítani, vagy a talajba nyomott. A harmadik szerszámsor – általában az elsőhöz hasonló henger vagy mélytömörítő henger – az elmunkálást befejezi.

Szerkezetileg ezeket az eszközöket merevkeretes kivitelben, járókerék-alátámasztással, osztott hidraulikákkal, felhajtható egységekből alakítják ki. A nagyobb munkaszélességű változatok általában félig függesztett kivitelűek.

A 70-es években hazánkban az elmunkálók egy kisebb változata (VNK-3,2 típus) készült, amely a felszíni rögök 30 %-át kitevő aprítóhatással jellemezhető, azzal a megjegyzéssel, hogy a leghatásosabb munkát 4 km/h körüli sebesség mellett végzi.

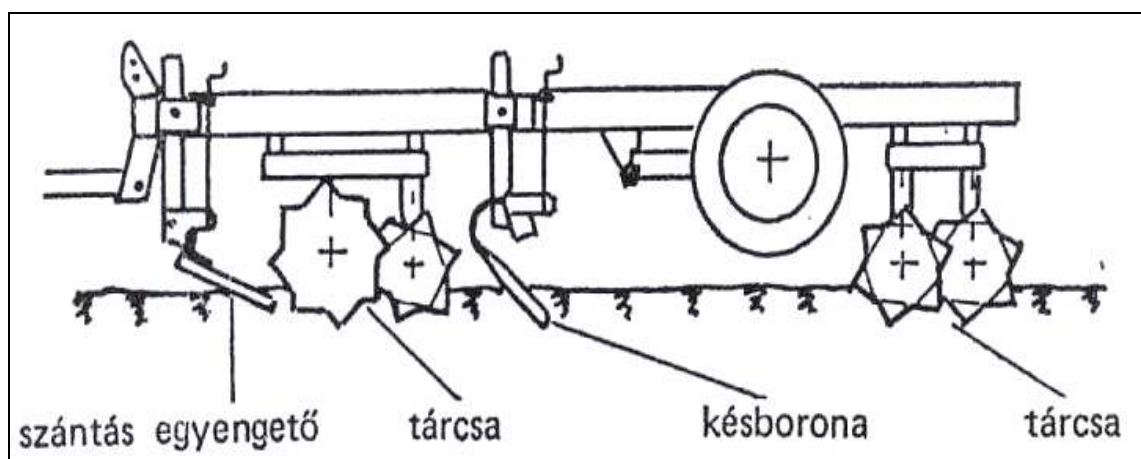
A gép munkaminőségi jellemzőit a **15. táblázat** tartalmazza.

15. táblázat

VNK-3,2 szántáselmunkáló rögaprító hatása (JÓRI J., 1977)

Munkasebesség	4 cm-nél nagyobb rögök aránya		A gép aprító hatása (r_1-r_2)
	Művelés előtt (r_1)	Művelés után (r_2)	
Km/h	%	%	
4,4	48,0	11,9	36,1
6,3	46,0	16,6	29,4
9,0	48,0	12,6	35,4

Kötött talajok rögös szántásának elmunkálására az egyik legalkalmasabb eszköz a **Multitiller**. A RAU cég által kifejlesztett gyártmányt KÖLLER és STROPPEL (1979) vizsgálataiból ismerhetjük meg. A gép szerkezeti felépítését a **11. ábra** mutatja.



11. ábra A **Multitiller** szerkezeti felépítése (KÖLLER és STROPPEL, 1979)

Az első tárcsapársor előtt szögacélból készült „nivellátor” a szántott barázdák orrmosságát egyengeti. A rögök aprítását elől és hátul elhelyezett különleges kialakítású (élezett, csipkés kivágású) sík tárcsapársor végzi. A középtájon elhelyezett késborona az első tárcsasor munkáját egészíti ki. A síktárcsák egymás közeiben ellentétes irányban forognak, így az eldugulásveszély kicsi, öntisztulásuk jó.

A Multitiller munkájáról a **16. táblázat** ad képet, amelyet vályogtalajon vizsgáltak különböző sebességek mellett.

A Multitiller kedvező munkájáról számolt be MEHINDA és MALINOVICS et al. (1979) is. Megállapították, hogy a rögaprító hatás a sebesség növelésével lényegesen javul, sőt tovább növelhető az aprózódás mértéke, ha az elmunkálást a szántás irányára merőlegesen többmenetben végzik.

16. táblázat

A talajrögfrakciók elosztása különböző eszközök után
(KÖLLER ÉS STROPPEL, 1979)

Művelés	A talajfrakció (mm)							D _{jell} (mm)
	< 2	2-5	5-10	10-20	20-40	40-80	> 80	
	Tömegszázalék (%)							
Szántott talaj	2							
Borona + hengerborona (4-szer járatva)	3	2	2	5	6	9	73	96
		3	6	10	20	27	31	62
„Multitiller” (1-szer járatva)	3	3	6	10	21	27	30	60
„Multitiller” (2-szer járatva)	9	11	15	20	28	17	-	23

A RAU-MULTITILLER különböző munkaszélességű változatai féligfüggesztett kivitelben készülnek, a gépek legfontosabb műszaki adatait **17. táblázat** tartalmazza.

17. táblázat

Nehéz magágykészítő gépek főbb műszaki adatai (BARTA-FÜLÖP-JÓRI J., 1980)

Típus	M-502	M-602	VNMK-50	VNMK-7,0
Munkaszélesség (m)	5,0	6,0	5,0	7,0
Szállítási szélesség (m)	3,0	3,0	4,9	4,9
Teljesítményszükséglet (kW)	147	177	147	221
A gép tömege (kg)	5200	6800	5500	7500

Hazai fejlesztésű nehéz magágykészítő a **VNMK gép**, amely osztott kivitelű, felhajtható szárnyrészekkel ellátott síkrácskeretből és a kereten egymás mögött több sorban elhelyezett művelőeszközökből áll.

A keretszerkezet kialakítása lehetővé teszi, hogy a művelőszerszámok cseréjével, kötött és igen kötött talajokon a különböző növények magággal szemben támasztott követelményeit is maradéktalanul kielégíthesse, továbbá a munkaszélesség változtatásával a különböző vonóerőosztályba tartozó traktorokkal egyaránt üzemeltethető legyen.

Magágykészítéshez a következő művelőeszközök állíthatók össze:

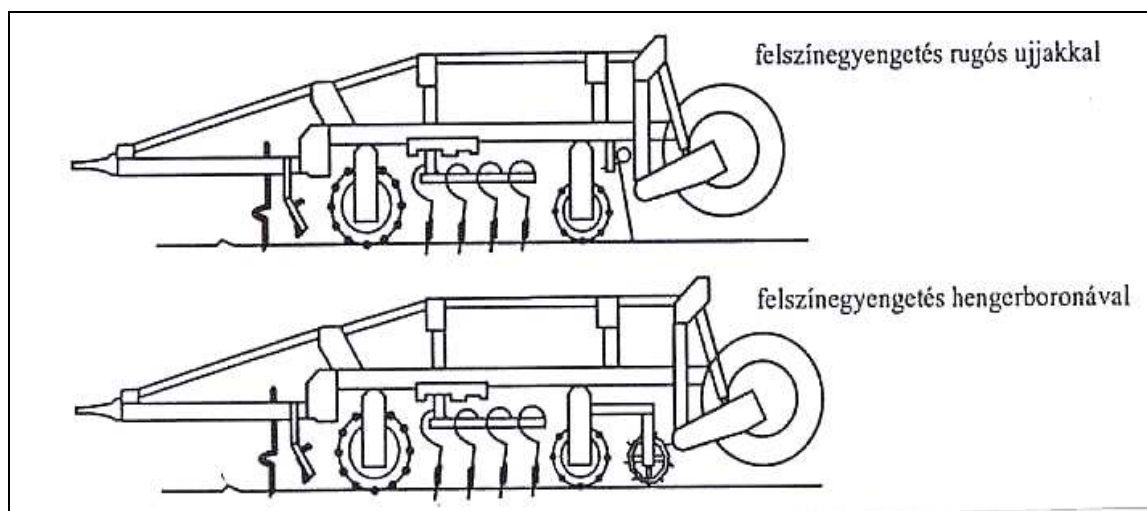
- szöges hengerek,
- egyengető lemezek,
- nagy átmérőjű gyűrűs hengerek,
- Crosshill-Cambridge hengerek,
- mélytömörítő hengerek,
- mélyművelő kultivátorelemek,

- szárnyas kultivátorelemek,
- nagy átmérőjű csipkés síktárcsák,
- fűrészfogú hengerboronák.

A felsorolt különféle művelőeszközök természetesen nem egyidejűleg, hanem a legelőnyösebb csoportosításban szerelhetők össze.

Napjainkban a nehéz magágykészítők – mivel ősszel is eredményesen használhatók – szerepe megnőtt. Az eszközválaszték szinte szabványszerűen azonos, viszont a hosszirányú méretük és a tömegük megnőtt. Ezért már a kis munkaszélességű változatok is féligfüggesztett vagy vontatott kivitelben készülnek (**12. ábra**).

Ez a megoldás viszont megkönnyíti a vetőgépkapcsolást.



12. ábra Vontatott nehéz magágykészítő gépek (JÓRI J., 2002)

A nagy teljesítményű traktorokhoz energetikai szempontból – a gazdaságos leterhelés érdekében – csak a nagyobb munkaszélességű magágykészítők alkalmazhatók. Az ilyen szélességű gépek (8-12 m) szállítási helyzetbe hozása, illetve a szállítási úrmérték (3x4 m) betartása igen bonyolult és költséges.

Az előzőekben ismertetett, széles körben használt megoldások hiányosságait a Kongskilde cég által kifejlesztett ún. **precíziós magágykészítő gépek** képesek kiküszöbölni.

A precíziós magágykészítő gép nevében hordozza a megoldást, ugyanis nem kényszeraprítással és nem extratömörítéssel kívánja a minőségi magágy követelményeit kielégíteni, hanem az ésszerű szerszám kiválasztással és párosítással, valamint a művelés sebességének és mélységének pontos megválasztását és beállítását lehetővé tevő szerkezeti megoldásokkal.

Az előzőekben ismertetett alapeszközök egybeépítési elve annyiban változott, hogy a hengerek-hengerboronák nem csupán a gépkombináció végén – elmunkáló-lezáró szerszámként – hanem az elején is alkalmazásra kerültek. Ennek szerepe kettős: egyrészt a nagy átmérőjű gördülőelemek egyenletesebben haladnak a téli csapadék által „megnyomott”, egyenetlen talajfelszínen, másrészt – s ez a nagyobb jelentőségű – lehetővé teszik a két henger-(hengerborona) sor között dolgozó lazító-, porhanyítóegység(ek) sor között dolgozó lazító-, porhanyítóegység(ek) munkamélységének pontos szabályozását.

A rugós kultivátorok a beállított mélységet kielégítő szinten képesek tartani, mivel jól megválasztott rugókarakterisztikájuk és geometriájuk alapján a talajellenállás hatására csupán 10-20 mm-t emelkednek, szemben a korábbi típusok 40-80 mm-ével.

Az új magágykészítő gépek további művelőelemekkel is felszerelhetők, amelyek a gép jó munkáját tovább javítják, ill. felhasználási területét szélesíthetik. Kevésbé jó alapművelés esetén például alapvető jelentőségű a kultivátoros művelőtag előtt és után elhelyezett simítók, egyengetők pontosan beszabályozott alkalmazása. A talaj lazultságától és kötöttségétől függően választandó a művelőelemsor utolsó tagja.

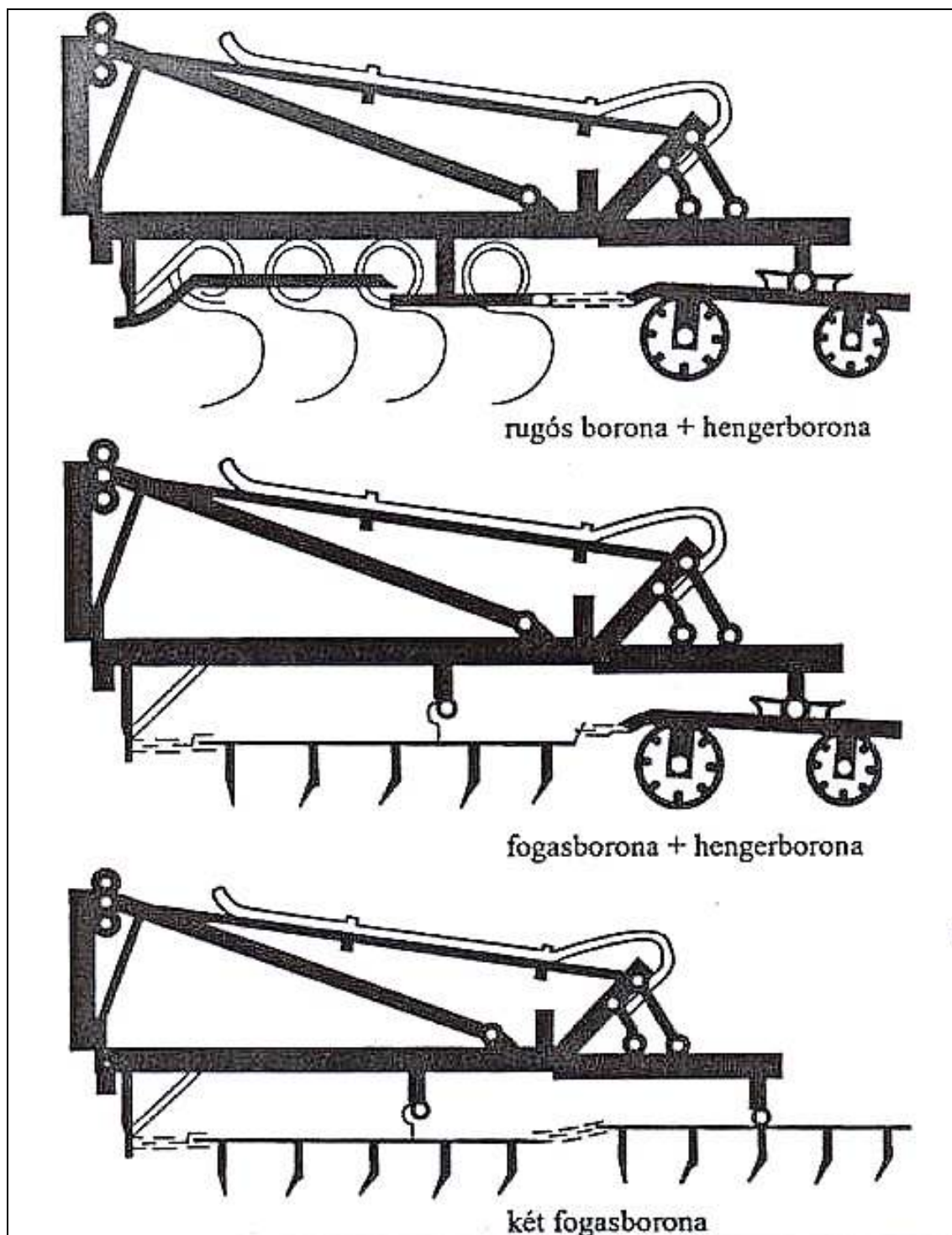
A spirálhenger laza, míg a Crosshill-hengersor kötött talajon végezheti megfelelően a lezárás műveletét.

A **könnyű kivitelű kombinált magágykészítő gépek** elsősorban a tavaszi vetésű növények talajelőkészítéskor alkalmazhatók.

A könnyű kombinált magágykészítő gépeket általában a következő munkaeszközök kombinációjából állítják össze (**13. ábra**):

- boronák (fogasok),
- kultivátorok, rugós szárú boronák,
- hengerboronák.

A fogasboronák, mint láttuk, önmagukban használva az agrotechnikai követelményeknek, csak egy részét képesek kielégíteni, ezért boronálás (fogasolás) után a tömörítésről gondoskodni kell.



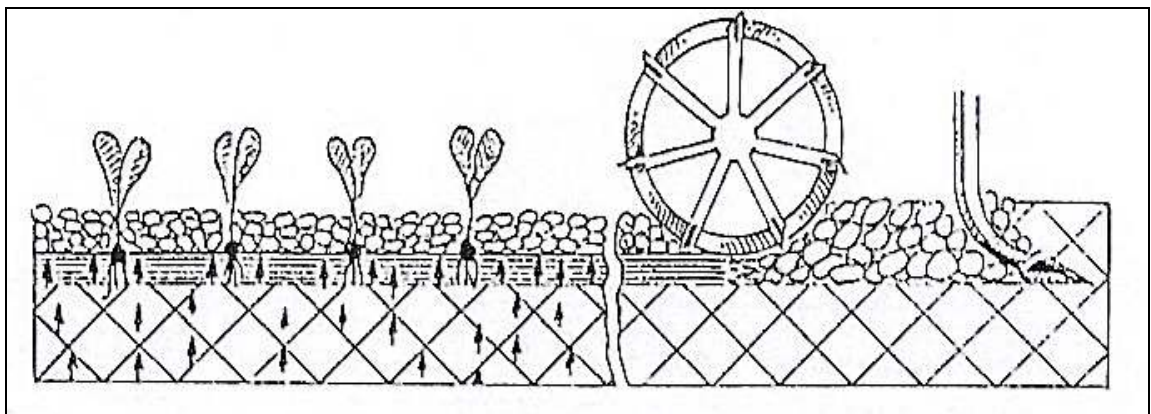
13. ábra Könnyű magágykészítő gépek kombinációi (JÓRI J., 2003)

A kultivátorok, rugósszárú boronák a talajt különböző „kések” elemek segítségével forgatás nélkül lazítják. A kultivátor kapák általában két végén élezett, fordítható kivitelben készülnek. A kultivátor elsősorban a jó szerkezetű kultúrtaajok eszköze, ahol a kapák hatására a talaj különálló morzsákká hullik szét, miközben a ritka állományú kelőfélben lévő gyomok gyökerei eltépődnek, életfeltételük megszűnik. A többi talajművelő eszközökkel szemben nagy előnye, hogy a talajt túlságosan nem szellőzteti, kevésbé porosít, kisebb a talaj nedvességvesztése és a morzsás

talajszerkezet fenntartása is jobban biztosítható. További előnye a rugós szerszámszárból adódik, amely lehetővé teszi, hogy a rugóállandó és a talajellenállás függvényében a kapák állandóan mozognak, rezegnek. Ennek eredményeként talajporhanyító, gyomirtó és keverő hatása jobb és eltömődésre is kevésbé érzékeny.

A rugósszárak alakját és méretét ma már szabványok írják elő, így azok az eszközök, amelyek e követelményeknek megfelelnek és anyagminőségük is jó, lehetővé teszik a kiváló minőségű munkavégzést. A legújabb fejlesztések – amelyek a szerszámszár alakját és rugókarakterisztikáját is érintették – lehetővé tették, hogy a rugósszárú kultivátorok előnyeit, ne csak a mély magágyat, hanem a sekély magágyat igénylő növények (pl. cukorrépa) vetőágy készítésénél is érvényesíthessük. A rugósszárú boronák, kultivátorok működési elvükből következően önmagukban szintén nem képesek a vetőágy készítés igényeit kielégíteni. A magágy tömörségét külön menetben egyéb eszközökkel kell létrehozni.

A **hengerboronák** – amelyeket önállóan nem szokás használni – vízszintes tengelyre felerősített különböző alakú lazító, porhanyító, tömörítő szerszámokból állnak. Porhanyító hatásuk intenzívebb, mint a fogasboronáké és eltömődésre kevésbé hajlamosak. A hengerboronák hatása kettős: egyrészt aprómorzsás talajfelszínt alakítanak ki és a kelőfélben lévő gyomokat a talajfelszínre hozzák, ahol azok elszáradnak, másrészt a beállított mélységben tömörítő hatást fejtenek ki, amelyek eredményeként vékony, tömör talajréteg képződik, megteremtve ezáltal a vetőmag számára a csírázáshoz, gyökerezéshez szükséges feltételeket (14. ábra).



14. ábra. A hengerborona munkája (BÁNHÁZI-FÜLÖP, 1975)

A hengerboronák rendkívül változatos formában készülnek: csillagos, szeges, spirál, huzalos, léces, fűrészfogelű, stb. A forma azonban önmagában csak szükséges, de nem elégséges feltétele a kívánt hatás elérésének. A megfelelő tömörítő hatást a hengerborona tagok terhelésével lehet megteremteni, amely történhet

tömegáthelyezéssel az üzemeltető traktorról, lap- vagy tekercsrugós mechanizmussal, vagy zárt hidraulikus rendszerrel.

A hazai vizsgálatok szerint a hengerboronák munkáját a geometriai alak és a terhelés nagymértékben befolyásolja. A porhanyítómunka a huzal, a lécs és a palást kiképzésétől is függ. Középkötött talajokon a fűrészfogú lécs a legmegfelelőbbek.

A boronaterhelés szempontjából a zárt hidraulikus rendszer a legelőnyösebb megoldás (BARTA és JÓRI J., 1977).

A könnyű magágykészítők 4-12 cm munkamélységben és 8-12 km/h sebességtartományban dolgoznak. Munkaszélességük 2-14 m közötti, általában 1,1-1,4 m-es tagokból párhuzamosan kapcsoltan készülnek.

A kombinált magágykészítők korábbi típusait kiterjedten vizsgálták.

BÁNHÁZI és FÜLÖP (1975) az FTM-KOMBI munkaminőségi jellemzőit vizsgálta középkötött talajon szántáselmunkálásban, illetve vetőágykészítésben.

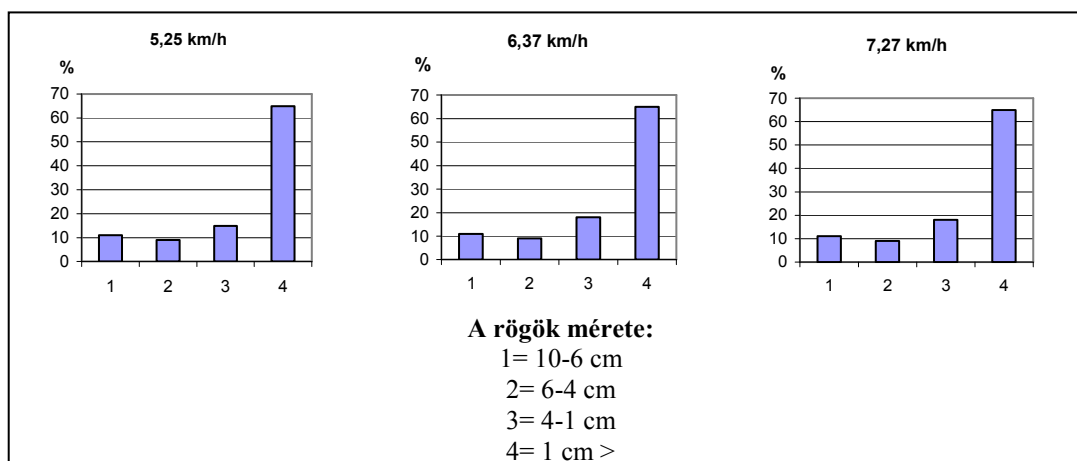
A vizsgálatok eredményeit a **18. táblázat** és a **15. ábra** mutatja be.

18. táblázat

Az FTM-Kombi energetikai mutatói (BÁNHÁZI és FÜLÖP, 1975)

Megnevezés	Rugósszárú kultivátor						Kanalasfogú borona					
	Lécs hengerboronával			Huzalos hengervoronával			Lécs hengerboronával			Huzalos hengerboronával		
Munkasebesség (km/h)	5,33	6,46	7,45	5,25	6,37	7,25	5,30	6,20	7,19	5,33	6,24	7,42
Művelési mélység (cm)	2,8	3,7	5,8	4,4	3,2	3,8	4,5	3,7	4,1	7,5	6,3	3,8
Munkaszélesség (m)	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Vonóerő- szükséglet (kN) átlag	6,22	7,43	8,69	7,53	7,68	8,94	8,49	8,30	8,41	7,54	7,97	6,93
Fajlagos vonóerő- szükséglet (kN/m)	1,88	2,25	2,63	2,28	2,32	2,70	2,57	2,51	2,54	2,28	2,40	2,10
Teljesítményigény (LE) átlag	12,3	17,8	24,0	14,6	18,05	24,0	16,6	19,05	22,3	14,9	18,0	19,0

A vizsgálati eredményekből megállapítható, hogy a sebesség növelésével a rögrakcióeloszlás lényegesen nem változott meg a vizsgált szerszámelrendezésnél. Az energetikai adatok viszont azt mutatják, hogy a vonóerő-szükséglet minden szerszámelrendezésnél a sebesség növelésével arányosan nő.



15. ábra **FTM-Kombi munkaminőségi adatai** (BÁNHÁZI és FÜLÖP, 1975)

BARTA és JÓRI J. (1979) a RAU-KOMBIMAT magágykészítő gépek energetikai jellemzőit vizsgálta (19. táblázat).

19. táblázat

A RAU-KOMBIMAT magágykészítő energetikai adatai
(BARTA és JÓRI J., 1979)

	Sebesség (km/h)	Mélység (cm)	Vontatási ellenállás (kN)	Fajlagos vont. ellenállás (kN/m)	Vontatási teljesítmény (kW)
RAU-KOMBIMAT 6,6 függesztett változat rugós boronával	6,2	6-12	16,74	2,53	29,0
	8,4		17,95	2,72	41,8
	10,2		19,05	2,88	53,9
	6,3	2-6	19,07	2,88	33,4
	8,5		20,92	3,17	49,4
	12,0		22,01	3,35	79,3
	6,5	8-12	24,48	3,70	44,3
	8,5		28,66	4,34	64,9
	10,2		30,2	4,57	85,6
RAU-KOMBIMAT 8,4 félifüggesztett rugós boronával (tavasz)	4,6	15-20	29,01	3,45	37,1
	6,0		32,63	3,88	55,2
	7,4		34,94	4,16	72,0
	6,0	8-12	27,27	3,24	45,5
	8,1		31,07	3,64	69,6
	9,0		32,10	3,88	55,2

Megjegyzés: A RAU-KOMBIMAT-6,6 mérése K_A-30 ; $w=11,5\%$ és $p=84-118\text{ N/cm}^2$.

A RAU-KOMBIMAT-8,4 mérése K_A-30 ; $w=10,4\%$ és $p=81-94\text{ N/cm}^2$ talajon folyt.

Megállapították, hogy a vizsgált gépek fajlagos vontatási ellenállása növekszik a vontatási sebesség növelésével.

A rugós borona alkalmazásával a vonóerőigény mintegy 500-800 N-nal nő a mélységnövekedés miatt.

A függesztett és féligfüggesztett változatok között 800-1000 N vonóerőkülönbséget tapasztaltak. Ez utóbbi oka, hogy a függesztő kocsi járókerekei lazított talajon gördülnek, s a kerekek okozta taposási nyomot a nyomlazítók munkálják el.

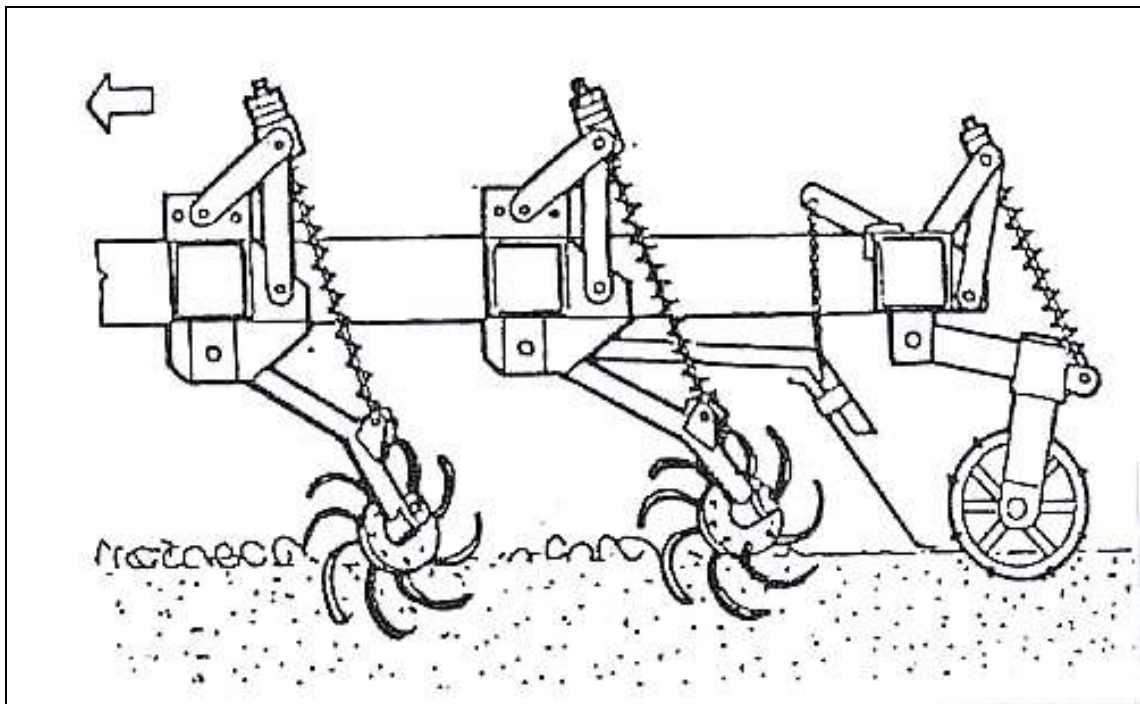
Az őszi és tavaszi munkában lényeges különbség nem tapasztalható az energetikai jellemzők értékeiben.

Az **ásó- és forgó boronák** régről ismert, de magágykészítésre csak újabban használatos talajművelő szerszámok. Az ásóboronák tulajdonképpen vízszintes tengelyre felfűzött késkeresztek, amelyek a talaj reakcióerejétől jönnek forgásba. A forgás sebességét és ezáltal az elemek aprító-keverő hatását a haladási sebesség, a késkeresztek talajjal bezárt szöge és a talajállapota határozza meg. Igazán kedvező munkát csak 10 km/h sebesség felett és többsoros elrendezés esetén végeznek, ezért alkalmazásuk feltétele a megfelelő teljesítményű és kényelmi berendezésű traktor.

A talajhajtású forgóboronák a talajjal térbeli szöget bezáró hajlított kések, amelyek csapágyazott tartóba vannak befogva. A forgórészek aprító-, keverő-, gyomirtó munkáját a haladási sebesség, a talajjal bezárt szög, az elemek talajba süllyedését szabályzó rugóterhelés és a talaj állapota határozza meg. Munkájuk intenzitása többsoros kivittel fokozható.

Az ásó- és forgó boronák önállóan szintén nem képesek a magágykészítési követelmények kielégítésére, ezért alkalmazásuk esetén további tömörítő-lezáró műveletek és eszközök szükségesek.

Magágykészítésnél ezek a jól ismert szakaszos állítású, tekercsrugós terhelésű simító-egyengető lemezek és hengerboronák lehetnek, amelyek aprító-porhanyító munkáját felszínegyengetéssel és felszínlezárással egészítik ki (**16. ábra**).



16. ábra Forgóborona elemekből épített magágykészítő gép (BIRKÁS, 2001)

1.7.4. Hajtott talajelmunkáló eszközök

A rotáció elve nemcsak a talaj-, hanem a **TLT hajtású talajelmunkáló eszközöknél** is bevált. Régi törekvés, hogy a talajművelő gépek passzív szerszámaikat a TLT-ről hajtott aktív szerszámokkal cseréljék fel.

A hajtott talajművelő eszközök előnyei a következők:

- kiváló aprító-porhanyító munkát végeznek, ennek következtében a kiegészítő talajmunka száma még igen apró morzsás magágyat igénylő növények esetén is minimálisra csökken,
- a szerves anyagokat (zöldtrágya, szerves trágyák, stb.) bármilyen más talajművelő gépnél jobban, egyenletesebben keverik a megmunkált talajrétegbe,
- egyenletes, barázdák és bakhátak nélküli talajfelszín hagynak hátra,
- a működtetésükhöz szükséges teljesítményt TLT-n keresztül, közvetlenül az erőgép motorja szolgáltatja, a motorteljesítmény kihasználása a legkisebb veszteséggel valósulhat meg, a korszerű, kis fajlagos teljesítmény-tömegű erőgépekhez jól illeszthetők,

- a működésükhöz szükséges teljesítményt nem a traktor járószerkezetein keresztül kapják, ezáltal elmarad a talaj szerkezetét romboló, káros kerékcúsúság,
- a traktornak kevesebb vonóerőt (esetenként egyáltalán nem) kell kifejtenie, a hajtott eszközök teljesítményszükségletük nagy részét a traktor TLT-jéről kapják, így a traktor kerekeinek csúszása káros hatásaival együtt elmarad.

Az előnyök mellett a hajtott talajművelő eszközök alkalmazásakor hátrányokkal is kell számolni, ezek a következők:

- teljesítményigényük nagyobb,
- területteljesítményük kisebb,
- nagyobb a beszerzési áruk, ugyanakkor bonyolultabb szerkezetük következtében több a hibalehetőségük és rövidebb az élettartamuk.

A **lengőborona** a hajtott talajművelőgépek között sokáig egyeduralkodó volt. A **20. táblázat** VICON típusú, 2 és 4 soros lengőborona vizsgálati eredményeit tartalmazza. A vizsgálatokat sík fekvésű, középkötött talajon végezték szántáselmunkálás során. Megállapították, hogy a lengőborona munkája akkor hatásos, ha közvetlenül az eke után dolgozik.

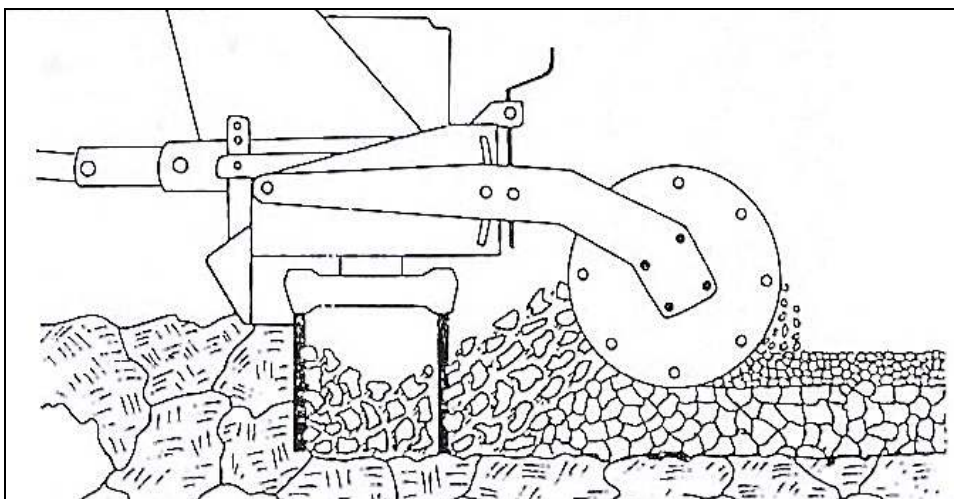
20. táblázat

A rögzősségi vizsgálatok eredményei (MEI, 1969)

A gép jele	Munka- sebesség (km/h)	Rögméret (cm)						6 cm-nél nagyobb rögök aránya (%)
		> 20	10-20	6-10	4-6	1-4	1 <	
		Rögfrakció (%)						
Művelés előtt	-	20,2	16,4	12,1	9,8	17,3	24,2	48,7
Vicon 2 soros	2,5	-	-	22,0	15,2	18,6	54,2	22,0
Vicon 4 soros	2,3	-	-	-	25,7	23,2	51,1	-

Kiszáradt rögös szántás porhanyítására kevésbé alkalmasak, a kemény rögöket a boronafogak nem aprították fel, csak elmozdították (BÁNHÁZI és FÜLÖP, 1975).

JÓRI (1972) és IRLA (1980) kedvezőbbnek minősítette a **hajtott forgóborona** munkáját. Az egymással szemben forgó kettős boronafogak kényszerhajtásuk eredményeként szétmorzsolják a rögöket, a boronafogak mögött elhelyezett hengerborona a felaprított talajt tovább porhanyítja és a felszíni réteget tömöríti (17. ábra).



17. ábra **Forgóborona működésének vázlata** (JÓRI J., 1980)

A forgóboronák különböző profilú (hegyes, négyszög, ovális és késalakú), egyenes vagy a talajjal szöget bezáró fogakkal készülhetnek a gyártótól függően. A művelőelemek kialakítása és kerületi sebessége az eszköz rögaprító, porhanyító munkáját kis mértékben befolyásolja (IRLA, 1980).

JÓRI J. és SOÓS (1986) különböző **rotációs boronák** vizsgálatát végezte el. A szántóföldi vizsgálatok és próbák során meghatározott adatok és az üzemeltetés során szerzett tapasztalatok egyaránt azt mutatták, hogy a rotációs boronák a haladási sebesség és a rotorfordulat helyes megválasztása esetén tapasztalható intenzív porhanyító és jó egyengető hatásuk eredményeként jól alkalmazható olyan körülmények között is, amikor a hagyományos eszközök csak több menetben képesek elfogadható munkát végezni.

Az energetikai vizsgálatok során megállapították, hogy a rotációs boronák energiaigénye – összehasonlítva a hagyományos eszközökkel – a legnagyobb, és a hajtóteljesítmény-igény nagyságát alapvetően a rotorfordulatszám határozza meg.

A vontatási teljesítményigény szinte elhanyagolható, ugyanis az energiafelvétel a TLT-n keresztül közvetlenül a motor főtengelyéről történik.

A rotációs boronák nagy előnye, hogy üzemeltetés során az erőgép kereke káros talajdeformációt nem okoz, viszont száraz talajviszonyok mellett a porosodás veszélye fennáll.

STROPPEL és REICH (1983) kétféle rotációs boronát hasonlított össze.

A hajtott forgóborona (HFB) függőleges tengelyű, forgórészenként két egyenes állású boronafogakkal készült. A hajtott rotációs borona (HRB) vízszintes tengelyű és „késdobos” kialakítású volt.

A fogak elrendezéséből adódóan a forgóborona „keverve porhanyít” a „dobos” rotációs borona viszont ütőhatással végzi a rögök aprítását. Ebből adódik, hogy ugyanolyan

teljesítményigényű munkában a hajtott rotációs borona rögaprító hatása jobb, mint a hajtott forgóboronáé.

A vizsgálatok során megállapították, hogy $v_H = 4,5$ km/h haladási sebességnél alacsony fordulatszámú munkánál mindkét gépnél nagy rögméreték maradtak hátra. A fordulatszám növelésével a kialakult rögméretők csökkentek, viszont a fajlagos teljesítmény mindkét gépnél nőtt. A 30 mm rögméretű talajállapot létrehozásához a hajtott forgóborona 25 %-kal nagyobb fajlagos teljesítményt igényel, mint a hajtott rotációs borona.

A RAU-ROTOTILLER RW-2,5 hajtott rotációs borona vizsgálatait JÓRI J. et al. (1981) végezték $w=22,5$ tömeg % nedvességtartalmú és $K_A=40$ kötöttségi számú vályogtalajon tarlóhántás+ lezárás munkaműveletekre.

Megállapították, hogy közel állandó sebesség mellett a rotor fordulatszámának növelésével ($\lambda=3$ érték körül) negatív vontatási ellenállások (tolóerők) ébrednek, a hajtónyomatékok viszont növekszenek. A rotor fordulatszámának kétszeres növekedése 2,6-szeres nyomatéknövekedést idéz elő (21. táblázat).

21. táblázat

RAU-ROTOTILLER RW-2,5 hajtott rotoros borona mérési eredményei
(JÓRI J. et al. 1981)

Rotor fordulat száma (1/min)	205	321	427
Munkasebesség (km/h)	4,70	4,62	4,46
Munkamélység (cm)	10-12	10-12	10-12
Munkaszélesség (m)	2,5	2,5	2,5
Vontatási ellenállás (kN)	0,31	0,45	-0,81
Fajlagos vontatási ellenállás (kN/m)	0,12	0,45	-0,32
Vontatási teljesítmény (kW)	0,40	1,44	-0,02
Hajtó nyomaték (Nm)	290,91	505,95	767,69
Hajtó teljesítmény (kW)	14,31	25,63	36,65
Összes teljesítmény (kW)	14,71	27,07	36,63

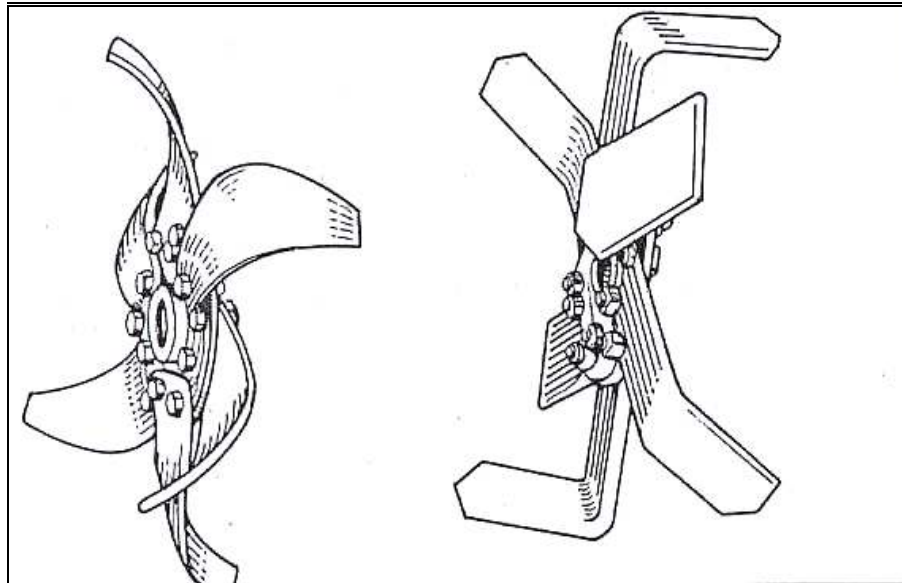
A hajtott rotációs boronákat, mint talajporhanyítókat nemcsak önállóan, hanem kombinált gépként is építik. Egyik lehetséges kombináció a szárnyas nehéz kultivátor, rotációs borona és hengerborona összeépítése.

EICHORN és WEISE (1992) vizsgálatai szerint a szárnyas lazítóval szerelt kombinált gép teljesítmény összetevői a sebesség növelésével ugyan növekednek, de a porhanyítás

mértéke jelentős mértékben javul, ami a kultivátor lazító és a rotációs borona intenzív aprító hatásával magyarázható.

A talajmaró is TLT hajtású, aktív szerszámú művelőgép, amely alapművelésre és az alapművelés elmunkálására egyaránt alkalmas.

A talajmarók művelőelemei, a marókések, több változatban készülnek. Legáltalánosabb felhasználási területe az L alakú szerszámoknak van, ezek különösen nagymennyiségű növényi maradvánnyal borított területen végeznek jó munkát. Nehezebb, tömődöttebb talajon a C alakú kések kedvezőbbek, főleg akkor, ha a talaj nedves, mivel ez a késforma kevésbé hajlamos az eltömődésre (18. ábra)



18. ábra **Talajmaró szerszámok** (BÁNHÁZI és FÜLÖP, 1971)

A marókések helyett az utóbbi időben új elemeket fejlesztettek ki. Ilyen az úgynevezett hajtott tüskés vagy szöges henger, amelynek talajporhanyító és keverő hatása jobb, mint a korábbi eszközöké volt. A talaj mélyebb lazítása céljából szokásos a maródob elé vagy mögé lazítókéseket szerelni, ezek a forgórész alatt 8-20 cm mélységben fellazítják a talajt. A lazítók feltörik a korábbi műveléskor esetleg kialakult, ún. eketalp réteget, és kedvezőbbé teszik a talajt a mélybe hatoló gyökérzet számára, sőt energetikai szempontból is előnyösek. A talajmaró tolóereje és a lazító vontatási ellenállása ugyanis ellenkező irányba hat, ezért a traktor terhelése kedvezőbb, mint ha a két gép **külön üzemelne.**

A késszám, a maródob-fordulatszám és a haladási sebesség változtatásával szabályozható a maró „előtolása”, vagyis a kimetszett talajszelvény mérete. Nagyobb talajszelvény kimetszése esetén csökken a talaj porhanyítása, de csökken a művelés teljesítményigénye is. A maródob fordulatszáma a legtöbb talajmarón szabályozható, általában 140-300 l/min között. Ha azonban a fordulatszám változatlan, az „előtolás” továbbra is szabályozható, mégpedig a haladási sebesség változtatásával. Kis haladási sebesség finom porhanyítást, nagyobb haladási sebesség durvább aprítást eredményez.

A művelés minőségét, vagyis a porhanyítás mértékét, a maródob alakja és zártsága is befolyásolja. A maródob fedelének emelésekor a kimetszett talajszelvény nem vagy kevésbé ütközik annak, és így a felszínen maradó rögök mennyisége megnő.

A rögösségi vizsgálatok szerint a talajmaró száraz talajokon is legjobb eredményeket produkálta (BIRKÁS, 2000). A talaj kötöttsége nem határolja be az alkalmazhatóságát, ugyanakkor széles talajnedvesség tartományban képes jó minőségű munkára. Aprító-porhanyító munkája kiváló, ezért a magágy aprózottságára igényes növények esetén is a legkevesebbre csökkenthető a kiegészítő talajmunkák száma. A porhanyítás több megoldással is szabályozható, így elkerülhető a korábban gyakran kifogásolt porosító hatás (BÁNHÁZI és FÜLÖP, 1982).

JÓRI J. és SOÓS (1983) FU-2,5 függesztett nehéz talajmaró vizsgálatait végezte el homoktalajú zabtarlón különböző marótengely fordulatszámoknál és munkasebességeknél.

A vizsgálatok munkaminőségi jellemzőit a **22. táblázat** tartalmazza.

Az adatok alapján megállapították, hogy a gép munkája – a fordulatszám-változtatás lehetőségeit kihasználva – változó körülmények között is megfelelő. A felszínen egyengető hatásnál tapasztalt hiányosságok konstrukciós módosítással (a maródob mögé helyezett hengerboronával) megszüntethetők.

A gép alkalmazásával elsősorban az elmunkáló műveletek száma csökkenthető, felhasználása pedig javasolható a gyepterületek és gyümölcsösök szántást helyettesítő művelésére.

22. táblázat

Az FU-2,5 talajmaró munkaminőségi jellemzői (JÓRI J. és SOÓS, 1983)

Marótengely fordulatszám		ford/perc	178			280		
Munkasebesség		km/h	4,1	5,0	6,5	4,1	4,9	6,4
Munkamélység		cm	4,6	10,0	9,6	14,3	9,7	6,5
4 cm-nél nagyobb rögök aránya a felszínen		%	0,9	1,6	2,6	0,0	0,8	1,3
Növényi maradványok mennyisége	Művelés előtt	t/ha	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
		%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	Művelés után	t/ha	0,56	0,47	0,37	0,27	0,13	0,0
		%	8,3	7,8	6,2	4,5	2,2	0,0

A talajmaró lazító- és kultivátor elemekkel jól kombinálható, így nem számítható hátránynak a talajmaró viszonylag sekély (< 20 cm) munkamélysége.

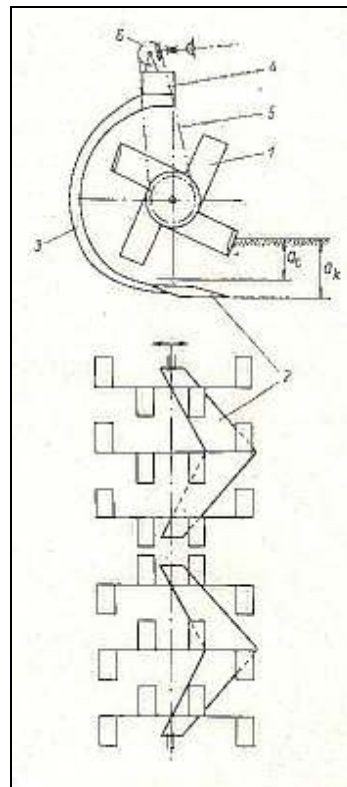
SZINEOKOV és PANOV (1977) kultivátor és talajmaró, WEISE és EICHORN (1977) szárnyas kultivátor, talajmaró és hengerborona gépkombinációk vizsgálatáról számolt be, melyek során kedvező energetikai és munkaminőségi mutatókat állapítottak meg. BERNACZKI (1975) szárnyas lazítóval kombinált talajmaróval végzett széleskörű vizsgálatssorozatot (**19. ábra**).

A vizsgálatok szerint a talajmarók fajlagos energiafelhasználása csökkenthető, s nagyobb vontatási sebesség alkalmazható a szárnyas lazító-talajmaró kombináció alkalmazásával.

A marószerszámok alatt haladó szárnyas lazítók a felső talajrétegeket fellazítják, így a maró vágási és gyorsítási munkája lényegesen csökkenthető.

A szerszámszár már a maró által fellazított talajban halad, így a szerszámszár ellenállása gyakorlatilag elhanyagolható.

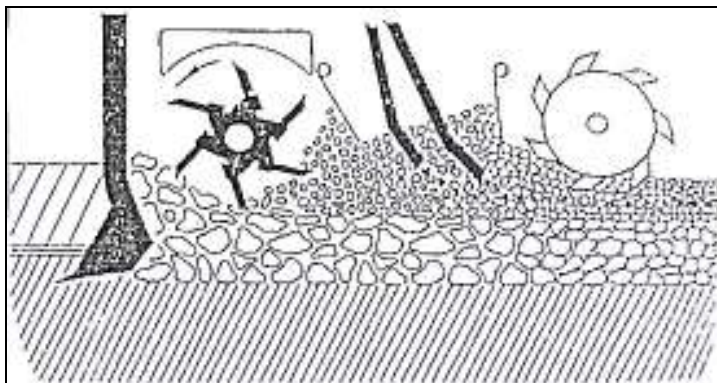
A lazító eszköz, mint passzív alátámasztás segíti a talajmaró munkáját, ugyanis a lazító szerszámon könnyebben csúszik a talaj, mint alátámasztás nélkül, csak talajmaró alkalmazásával.



- 1-talajmaró
- 2-szárnyaslazító
- 3-lazító szára
- 4-keret
- 5-lánchajtás
- 6-hajtómű

19. ábra **Lazítóval kombinált talajmaró szerkezete**
(BERNACZKI, 1975)

A minimális művelés irányzata kedvezett a talajmarók fejlesztésének (BÁNHÁZI és FÜLÖP, 1975). Ennek eredményeként jelentek meg korszerű talajmarók és a maróval kombinált vetőgépek a hazai gépválasztékban (20. ábra).



20. ábra RAU-Rotosem művelő-vető gép (RAU-Info, 1986)

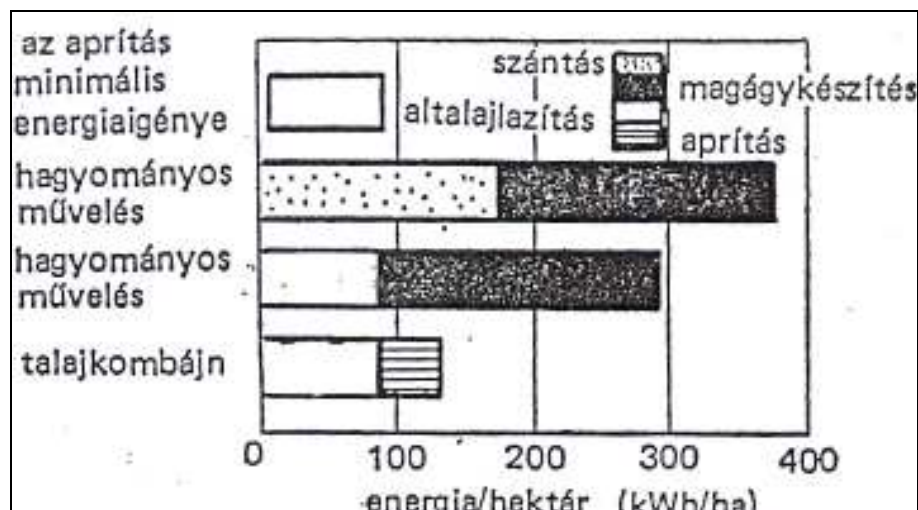
A maróval kombinált vetőgépek többsége talajáramba vetett, egyrészük „rendezett”, másrészük mulcsolt felszint hagyott maga után. Ez utóbbi a nedvességveszteség csökkentésében és a porhanyított talajfelszín megóvásában játszott szerepet. Az 1990-es évek közepe óta a talajmaró kevesebb új gépkombinációban fordul elő alapgépként, mint az előző 30 év alatt, de hatásos munkája úgy tűnik teljesen mégsem mellőzhető.

Az aktív szerszámú eszközök között említjük meg az un. **talajkombájnokokat** (WOLF és LUTH, 1979).

A munkagép a felépítés sorrendjében a következő elemekből áll: a primer talajmunkát egy, a gép elején található 0,4-0,5 m mélyen járatott mélykultivátor végzi.

A lazított talaj felső rétegét 0,1-0,2 m mélységre állítható ásószerkezet emeli egy forgó rostélyra, amely a felemelt talajt a rögtörő dobszerkezetbe szállítja. A rostélyon a pálcák között áthullik a talaj kb. 30 %-a, a többi a törődobból kerül vissza a talajra. Ezzel a megoldással apró rögzös talajállapot alakítható ki, s ez alatt a réteg alatt lazított talaj található.

Az adott talaj aprításához szükséges energia minimális értékét megállapítva (100 J/kg talaj), s ehhez viszonyítva a hagyományos művelési technológiával előállított talajállapot, valamint a talaj kombájn energiaigényét a **21. ábrán** feltüntetett energiaértékeket határozták meg.



21. ábra A fajlagos energia alakulása különböző művelési módok esetén
(WOLF és LUTH, 1979)

Az összehasonlított műveletekben a hagyományos művelési technológia szántásból és három kiegészítő műveletből (magágykészítésből), illetve mélykultivátorozásból és három kiegészítő műveletből (magágykészítésből) állt. A vizsgálati eredmények szerint az új művelési mód jelentős energiamegtakarítással jár, tehát a gépfejlesztéseket célszerű ebben az irányban is tovább folytatni.

1.8. A hagyományos talajelmunkáló eszközök rögaprító hatásai

A szántáselmunkáló és magágykészítő feladata a rögök aprítása, a talajfelszín egyengetése, a művelt réteg felszín alatti tömörítése és a talajfelszín lazítása (BÁNHÁZI et al. 1978). Az egyes szántáselmunkáló/magágykészítő gépek abban különböznek egymástól, hogy a felsorolt funkcióknak milyen szerszámmal vagy szerszámkombinációval kívánnak megfelelni. A szakirodalom számos szempont szerint kategorizálja ezeket az eszközöket. Vizsgálataim elsősorban arra az alaphatásra vonatkoztak, amely a talaj művelt rétegének fizikai állapotában a döntő változást okozza.

Könnyű belátni, hogy az alapművelést követő műveletek hatásossága döntően attól függ, hogy az elmunkáló eszköz milyen mértékben képes a kialakult rögfrakció-eloszlást előnyösen megváltoztatni. Egy eszköz rögaprító, porhanyító képessége alapvető fontosságú az egyéb funkciók (talajfelszín egyengetés, tömörítés, lazítás, keverés, stb.) szempontjából is.

Az alapművelést követően a talaj művelt rétege talajszemcsékből, talajmorzsákból és álagregátumokból – rögökből – áll. Az elmunkálás során az elmunkáló eszköz szerszáma(i) ezekre hat(nak). A közvetlen fizikai hatás lehet:

- súrlódás (általában csúszósúrlódás),
- nyírás/vágás (koncentrált erőhatás),
- nyomás (megoszló erőhatás),

- ütközés (nagy relatív sebességkülönbség), illetve
- fentiek különböző kombinációja.

Jóllehet a súrlódás minden esetben jelen van és eredménye az aprózódás, mégsem tekinthetjük rögaprító hatásnak, mivel a talaj-szerszám között fellépő súrlódás csak a talajszemcsék leválását eredményezi. Ez pedig többnyire nemkívánatos frakció kialakulásához, a talaj „porosodásához” vezet. Így tehát azt mondhatjuk, hogy a rögaprózódást három fő fizikai hatás (a nyírás/vágás, a nyomás és az ütközés), illetve ezek kombinációja révén érhetjük el. Minden szerszámmra jól meghatározható, hogy munkájuk során mely hatás vagy hatások érvényesülnek (**23. táblázat**).

23. táblázat

Rögaprító hatások különböző művelőeszközök esetén (PATAY-VIRÁG, 1994)

Művelőszerszámok	Nyírás/ vágás	Nyomás	Ütközés	Súrlódás
Síktárcsa	□	+	o	+
Gömbfüveg tárcsa	□	+	+	+
Borona	o	o	□	+
Kultivátor	+	+	□	+
Sima henger	o	□	o	+
Gyűrűs henger	□	+	o	+
Simítólap	+	□	o	+
Hengerborona	+	□	+	+
Forgóborona	o	+	□	+

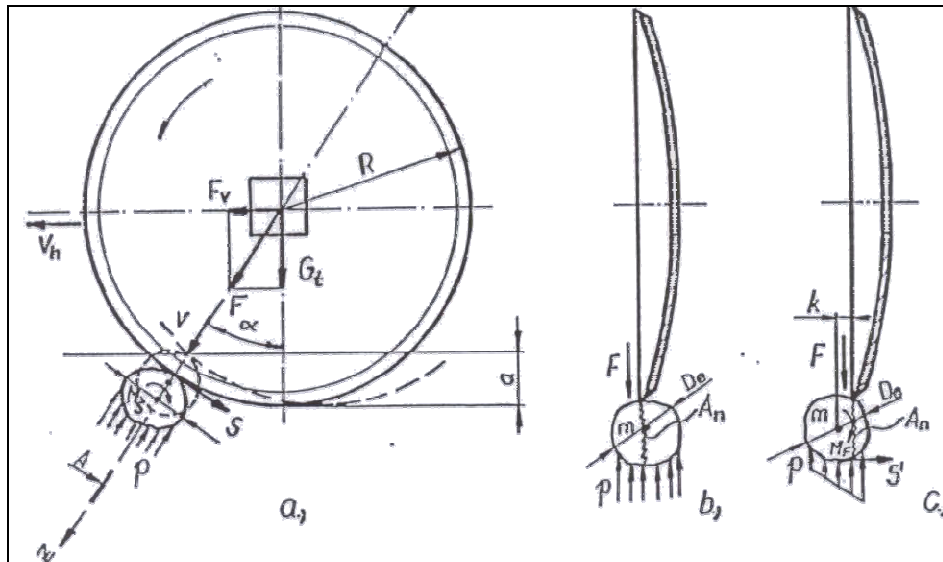
Jelölések: □ főhatás
 + mellékhatás
 o nincs hatás

1.8.1. Rögaprítás nyírással/vágással

Az éles szerszámok a megtámasztási viszonytól függően a rögöt nyírásra/vágásra veszik igénybe. Ebben az esetben a talajba ágyazott rögöt egy pontján az élezett szerszámtól származó koncentrált erő terheli. Vegyük pl. az **22.a. ábra** szerinti gömbfüveg alakú, sima élű tárcsalevelet, amelyet az egyszerűség kedvéért élrányban vontatunk v_h sebességgel.

A talajfelszínen ágyazott rögöt a tárcsalevél F nyíróerővel terheli. A $v = \frac{v_h}{\sin \alpha}$ sebességgel ható $F = \frac{G_t}{\cos \alpha}$ nagyságú nyíróerővel szemben a rög elmozdulásával kialakuló p nyomás hat.

A rög elmozdulásakor ébredő nyomás SITKEI-FEHÉR (1989) szerint a $p = k \left(\frac{z}{D_e} \right)^n$ alakú egyenlettel közelíthető, ahol z az erő irányú deformáció, D_e a rög egyenértékű átmérője. A k tényező függ a beágyazó talaj aprózódottságától és nedvességtartalmától, értéke SITKEI (1972) szerint 1,0-2,0 daN/cm² között vehető fel. Alacsony nedvességtartalmú, aprómorzsás talajkörnyezetet feltételezve vehetjük, hogy a nyomásfüggvény kezdeti szakasza lineáris, így a hatványkitevő (n) értéke 1.



22. ábra Vázlat a tárcsa rögaprító hatásának vizsgálatához
(PATAY-VIRÁG, 1994)

A nyírás bekövetkezik, ha:

$$p \cdot A_t \geq \tau \cdot A_n, \text{ azaz határesetben}$$

$$k \cdot \frac{z}{D_e} \cdot A_t = \tau \cdot A_n \quad [1]$$

ahol: τ = a rög nyírószilárdsága

A_t = a támasztófelület

A_n = a nyírt keresztmetszet.

Ha a p-z függvény lineáris, a támasztó talaj deformációs munkája:

$$W_d = p_k \cdot z_m \cdot \frac{D_e^2 \pi}{4} = k \cdot \frac{z_m^2}{4} \cdot D_e \cdot \pi, \quad [2]$$

ahol: z_m = a rög maximális elmozdulása.

A nyírás energiaigénye abból a megfontolásból, hogy D_e úton hat az f nyíróerő:

$$W_n = F \cdot D_e = \tau \cdot A_n \cdot D_e \quad [3]$$

Ha a nyírás centrális, azaz a rög tömegközéppontja beleesik a nyírás síkjába, ezenfelül a rög közel gömb alakú, a támasztófelület és nyírt keresztmetszet megegyezik:

$$A_t = A_n = \frac{D_e^2 \cdot \pi}{4} \quad [4]$$

Centrális nyírás esetében (**22.b. ábra**) tehát a nyírás akkor következik be, amikor a támasztó talajban kialakuló nyomás eléri a τ nyírószilárdság értékét. A nyírás hatásfoka (eltekintve a súrlódástól):

$$\eta_n = \frac{W_n}{W_d + W_n} = \frac{\tau \cdot D_e^2}{k \cdot z_m^2 + \tau \cdot D_e^2} \quad [5]$$

A nyírás bekövetkezik, ha

$$z_y + D_e \leq a$$

ahol: z_y = a rögelmozdulás függőleges komponense.

$$z_y = \frac{z_m}{\cos \alpha} = \frac{z_m \cdot (R + a)}{R} \quad [6]$$

a = a munkamélység és

R = a tárcsalevél sugara

Ha az előző feltétel nem teljesül, részleges nyírásról beszélünk, azaz a rög szétesése bizonytalan.

A centrális nyírás előfordulási gyakorisága kicsi. Általános esetben (**22.c. ábra**) a tömegközéppont kívül esik a nyírás síkján, így a nyíróerő egy forgatónyomatékokot ($M_f = F \cdot k$) fejt ki a rögre, amely nyomaték a rögöt kiforgatni igyekszik a szerszám útjából. Ezzel az aprítás bizonytalansága tovább nőhet, jóllehet a kisebb nyírási keresztmetszet az aprítás valószínűsége irányába hat.

A nyírás elvén aprító szerszámokkal kapcsolatban az előzőekből következően az alábbi megállapításokat tehetjük:

- a nyírás során a rög szükségszerűen deformációt okoz a támasztó talajban, amely – az itt nem részletezett súrlódással együtt – növeli az aprításhoz szükséges energiát, vagyis rontja az aprítás hatásfokát,
- a nagyobb rögöknél laza talajkörnyezetben a részleges nyírás miatt csökken a rögszétesés valószínűsége,
- mivel a nyírás általában nem centrális, az aprítás bizonytalan,
- nagy nyírószilárdságú (kötött, alacsony nedvességtartalmú) rögök esetében további bizonytalanságot okozhat, ha a súlyerőből származó nyíróerő nem elég nagy az aprításhoz.

1.8.2. Rögaprítás nyomással

Él nélküli, tompa szerszámok a rög deformációja miatt megoszló terhelést okoznak az érintkezési felületen. Vizsgáljuk például a sima henger rögaprító hatását a **23. ábra** segítségével. Ahogy a henger felfut a rögre, a rög elmozdul, alatta p talajnyomás mérhető, amely a nyírásnál tárgyaltak szerint értelmezhető. Centrális terhelés esetén a rögöt a G súlyerő terheli. Ha a terhelő felületet síknak tételezzük fel (ez megengedhető, mert $D \gg D_e$) és elfogadjuk, hogy a közel gömb alakú rög anyaga izotóp és homogén, TIMOSHENKO és GOODIER (1951) szerint az érintkezési felület középpontjában

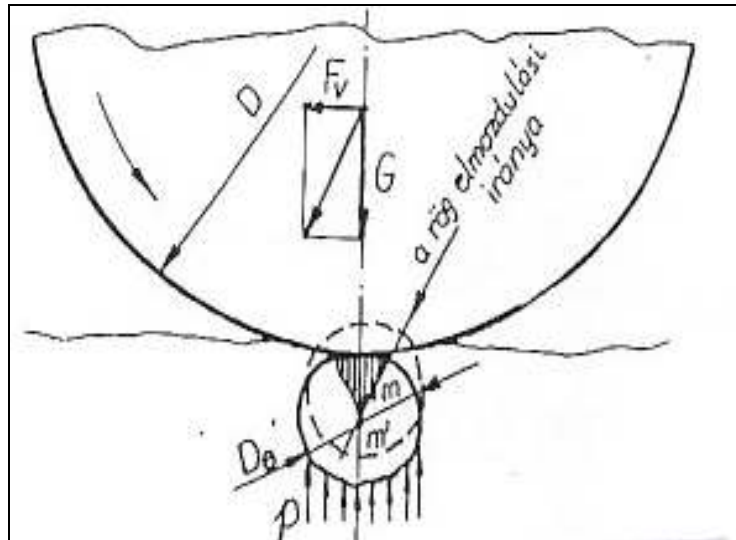
$$\sigma_{\max} = 0,918 \cdot \left(\frac{G}{2 \cdot D_e^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad [7]$$

nagyságú feszültség ébred, ahol

$$\lambda = \frac{1 - \nu_a}{E_a} + \frac{1 - \nu_t}{E_t} \quad [8]$$

ν_a, ν_t = a henger (acél), illetve a rög (talaj) anyagának Poisson tényezője,

E_a, E_t = a henger (acél), illetve a rög (talaj) rugalmassági modulusa.



23. ábra Sima henger rögaprító hatása (PATAY-VIRÁG, 1994)

Mivel $E_a \gg E_t$, az első tag a λ összefüggéséből elhagyható.

A kör alakú felfekvő felület sugara:

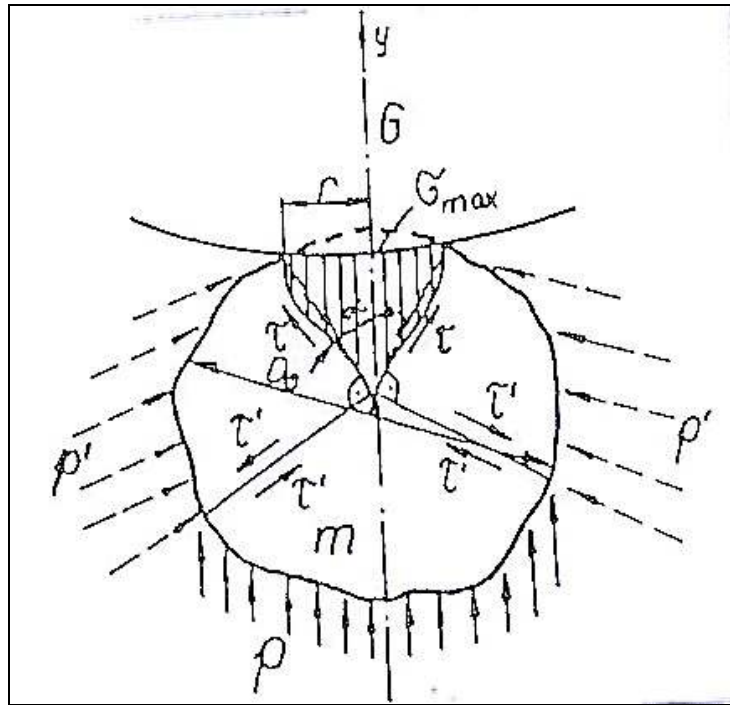
$$r = 0,721(G \cdot \lambda \cdot D_e)^{\frac{1}{3}} \quad [9]$$

A σ feszültség sugár menti eloszlása jó közelítéssel lineárisnak vehető, a terhelt és terheletlen rétegek határán τ csúsztatófeszültség ébred. A nyomáskúp, mint ék a rögöt széthasítani igyekszik. A szétváláshoz szükséges deformációt a környező talaj gátolja, a deformációból a nyomáskúp felületére merőleges p' nyomás keletkezik a rög deformálódó felületrésze körül (24. ábra).

A rög nyilvánvalóan a nyomáskúp csúcsából kiinduló, arra merőleges kúppalást mentén igyekszik szétválni. A szétváláshoz azonban a talajgyűrűnek legalább két helyen szét is kell szakadnia. A 25. ábra szerinti talajgyűrű darab „1” jelű csúszólapját terhelő σ_y' feszültség a nyomáskúp egyensúlya alapján:

$$\sigma_y' = \frac{G}{\pi \cdot r^2 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{\mu^2}}} \quad [10]$$

ahol $\mu = \tan \alpha$ a talaj belső súrlódási tényezője.



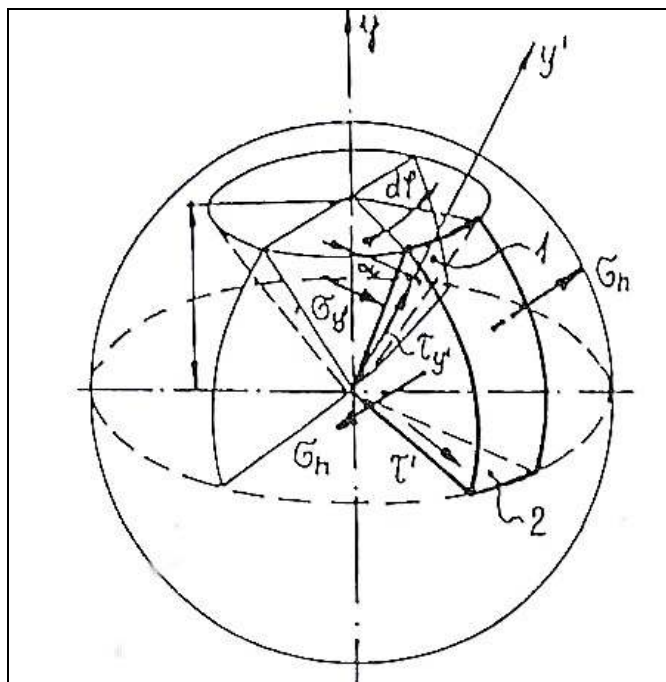
24. ábra A feszültségviszonyok elemzése (PATAY-VIRÁG, 1994)

A normálfeszültség hatására fellépő csúsztatófeszültség – a kohéziós talajokra érvényes Coulomb-féle összefüggés szerint:

$$\tau_{y'} = c + \mu \sigma_{y'} = c + \mu \frac{G}{\pi \cdot r^2 \sqrt{1 + \frac{1}{\mu^2}}} \quad [11]$$

Az A_1 felületű csúszólap elmozdításához szükséges erőigény: $F_1 = \tau_{y'} \cdot A_1$.

A „2” jelű csúszólapon normál feszültség csak a rögdarab saját tömegéből származik, amit elhanyagolhatunk. Az A_2 felületű csúszólap nyírási erőigénye: $F_2 = \tau_{y'} \cdot A_2$.



25. ábra A talajrög feszültség eloszlása (PATAY-VIRÁG, 1994)

Feltételezzük, hogy a rög szétválása nagy valószínűséggel bekövetkezik, ha a nyomáskúp csúcsa a tömegközéppont közelében van, azaz $A_1 \approx A_2$. A fél talajgyűrűre így:

$$F_1 = \tau_{y'} \cdot \pi \cdot r \cdot \frac{D_e}{4}, \text{ illetve} \quad [12]$$

$$F_2 = \tau_{y'} \cdot \pi \cdot r \cdot \frac{D_e}{4}$$

A nyomáskúpra megrajzolt erőegyensúly alapján (26. ábra) az aprításhoz szükséges erő:

$$G = 2 \cdot F \cdot \cos \delta, \text{ ha} \quad [13]$$

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \text{ és}$$

$$\delta = 90^\circ - \alpha - \beta$$

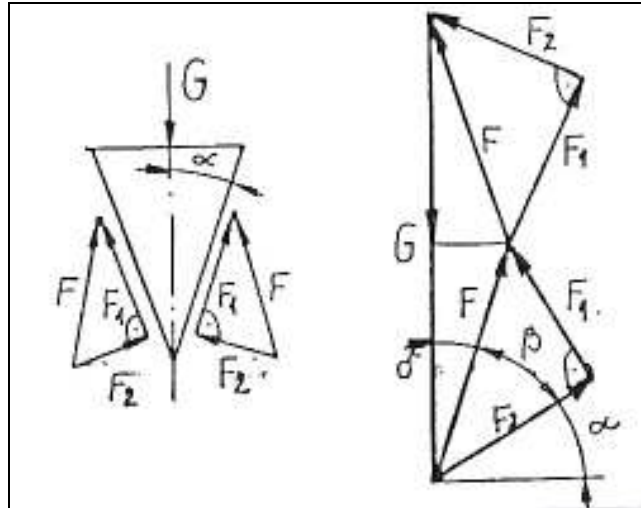
$\alpha = \arctg \mu$ és $\beta = \arctg \frac{\tau_{y'}}{\tau}$ helyettesítésekkel az egységnyi új felület létrehozásához

szükséges fajlagos erőigény:

$$G_f = 2 \sqrt{\tau_y^2 + \tau'^2} \cdot \cos \left(90^\circ - \arctg \mu - \arctg \frac{\tau_{y'}}{\tau} \right) \quad [14]$$

Ha a $\tau_{y'}$ összefüggésben a c tagot a τ nyírószilárdsággal azonosítjuk és $\tau' = \tau$, az összefüggés:

$$G_f = 2\sqrt{2\tau^2 + 2\tau\mu\sigma_{y'} + (\mu\sigma_{y'})^2} \cdot \cos\left(90^\circ - \arctg\mu - \arctg\left(1 + \frac{\mu\sigma_{y'}}{\tau}\right)\right) \quad [15]$$



26. ábra A nyomáskúp erőviszonyai (PATAY-VIRÁG, 1994)

Az összefüggést elemezve kiderül, hogy az aprítás fajlagos erőigénye jóval nagyobb, mint a nyírás esetében ($F_f = \tau$). (Pl. ideális esetben $\mu = 0$, ekkor: $G_f = 2\tau\sqrt{2} \cdot \cos 45^\circ = 2\tau F_f$ tehát általában $G_f > 2F_f$). Ebből következően az aprításhoz szükséges deformáció is, az aprítás fajlagos energiaigénye is nagyobb.

1.8.3. Rögaprítás ütközéssel

A szántáselemunkáló-magágykészítő gépek egyes elemei (boronafogak, kultivátorszerszámok) az ütközés elvén aprítják a rögöket. A talajban mozgó fogak a rögökkel ütköznek, s vagy kisebb darabokra törnek vagy kitérnek a szerszám előtt. Az utóbbi eset akkor következik be, ha az ütési energia nem elegendő a rög további aprításához.

A következőkben SITKEI és FEHÉR (1979) munkája nyomán vizsgáljuk a rögtrés mechanikáját ütközés esetére.

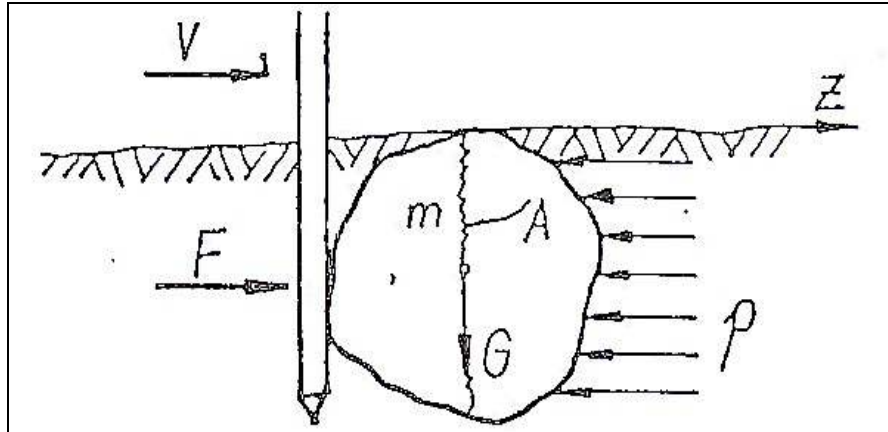
A talajban ágyazott rög helyzetét és a rá ható erőket a 27. ábra szemlélteti. A v sebességgel haladó szerszám a röggel ütközik, s az ütközési erő a tehetetlenségi erőből és a megtámasztó erőből tevődik össze:

$$F = m \cdot a + p \cdot A \quad [16]$$

ahol: m = a rög tömege

a = a rög gyorsulása

A = a rög mozgásirányra merőleges keresztmetszete.



27. ábra A talajba ágyazott rögre ható erők ütközéskor (SITKEI-FEHÉR, 1989)

A rög vízszintes elmozdulásakor ébredő nyomás (p) a nyírásnál már tárgyalt egyenlettel közelíthető. Ezzel:

$$F = m \cdot \frac{dv}{dt} + k \cdot \frac{D_e^2 \cdot \pi}{4} \left(\frac{z}{D_e} \right)^n \quad [17]$$

A szerszám a rögöt határhelyzetben a v szerszámsebességre gyorsítja, így $dv = v - 0 = v$ helyettesíthető. A már indokolt $n = 1$ értékkel az egyenlet:

$$F = m \cdot \frac{v}{\Delta t} + k \cdot \frac{D_e^2 \cdot \pi}{4} \left(\frac{z}{D_e} \right) \quad [18]$$

ahol Δt az ütközés idejét jelenti.

BÖLÖNI et. al. [1973] szerint a gabonafélék ütközéses aprítási folyamata azt mutatja, hogy az aprításra fordított teljesítmény a létrehozott új felülettel arányos:

$$P = v' \cdot \frac{dA}{dt} \quad [19]$$

ahol: v' = a fajlagos energiaszükséglet.

Töréssel végződő ütközési folyamatra az egyenlet – figyelembe véve, hogy a keletkező új felület D_e^2 -tel arányos – így írható:

$$\frac{\int F \cdot dz}{\Delta t} = v' \cdot \frac{k_1 \cdot D_e^2}{\Delta t}, \text{ azaz} \quad [20]$$

$$\int F \cdot dz = v' \cdot k_1 \cdot D_e^2,$$

ahol z a rög deformációja (az integrálást a törés bekövetkezéséig kell végezni).

A további egyszerűsítés érdekében úgy vesszük, hogy az F erő felfutása az ütközési idő alatt lineáris és a töréshez tartozó z deformáció a D_e átmérővel arányos. Ekkor a kritikus törőerő értéke:

$$F_{kr} = v' \cdot \frac{k_1 \cdot D_e^2}{k_2 \cdot D_e} = v \cdot D_e \quad [21]$$

ahol a v tényező magában foglalja a v' , k_1 és k_2 arányossági tényezőket.

A rög törése akkor következik be, ha $v \cdot D_e = m \cdot \frac{v}{\Delta t} + k \cdot \frac{D_e^2 \cdot \pi}{4} \cdot \left(\frac{z}{D_e} \right)$, amelyből

átrendezéssel a v sebességű szerszámmal ütköző, v és k talajjellemzőkkel rendelkező D_e átmérőjű kritikus rög tömeg a szétesés határhelyzetében:

$$m_{kr} = \frac{\Delta t \cdot D_e}{v} \left[v - k \cdot \frac{D_e \cdot \pi}{4} \left(\frac{z}{D_e} \right) \right] \quad [22]$$

Ütközésen alapuló rögaprítás esetében a rögöt megtámasztó talajkörnyezet deformációja nyilván kisebb, mint a nyírásnál, mert a megtámasztásban segít a rög tehetetlensége. Így a [22] egyenletben szereplő k tényezőnek kisebb hatása van a folyamatra, esetenként el is hagyható.

A D_e egyenértékű átmérőjű rög a v_{kr} kritikus szerszámsebességnél nagy valószínűséggel két darabra esik szét, középponti ütközésnél szimmetrikusan. Az ehhez szükséges energia a [2] egyenlet felhasználásával:

$$E_t = \frac{D_e^2 \cdot \pi}{4} \cdot v' + k \cdot \frac{z_m^2}{4} \cdot D_e \cdot \pi \quad [23]$$

Az aprózódást azonban bizonytalanná teszi, ha az ütközés nem középponti. A gyakorlatban az aszimmetrikus ütközés a gyakoribb és minél nagyobb az aszimmetria, annál inkább romlanak a törés feltételei, a rög könnyebben kitér a szerszám elől.

Rontja a törés esélyeit az is, ha a szerszám nem függőleges felülettel (mint a példaként vett boronafog esetében), hanem hátrahajló szerszámmal (rezgőborona, kultivátorkapa) találkozik. Ez esetben a talaj támasztó hatása csökken és a felszíni rögök, amelyek

általában alacsony nedvességtartalmúak, az ütközési energiát helyváltoztatásra (mozgási energia) fordítják.

2. VIZSGÁLATI ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Szántóföldi rögzősségi vizsgálatok

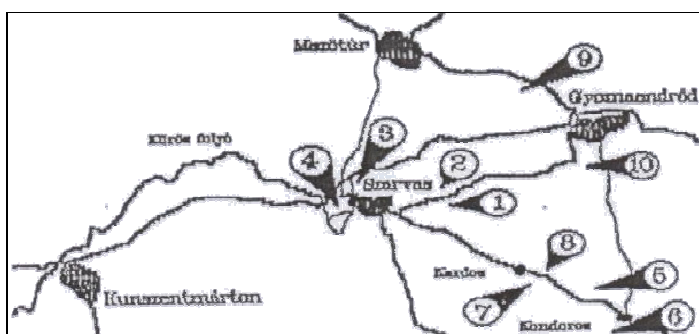
A magággal szemben támasztott követelmények között első helyen szerepel a finom, aprómorzsás talajszelvény a vetés mélységéig, amely a vetés minőségét döntően befolyásolja. Száraz, kötött talajokon a rögzképződés nehezen kerülhető el.

Mint ismeretes, a rögzképződést kiváltó okok igen sokrétűek. Ezen okok közül a legfontosabbak: a talaj szerkezete, kötöttsége, műveléskori nedvességtartalma és az alkalmazott talajművelő eszközök, így vizsgálatainkat e befolyásoló tényezők köré csoportosítottuk.

A vizsgálatok közvetlen célja a jellemző rögméret (jellemző rögméret, D_j) és rögfrakció eloszlás meghatározása volt a Szarvas környéki térségre jellemző agyagos vályog (Arany-féle kötöttségi szám $K_A = 43-50$) és agyag ($K_A = 51-60$) fizikai féleségű talajokon különböző talajművelési eljárások után. A fenti jellemzők ismeretében nyomon követhető a folyamat és az adatok birtokában később prognosztizálható egy tervezett magágykészítési technológia várható eredménye.

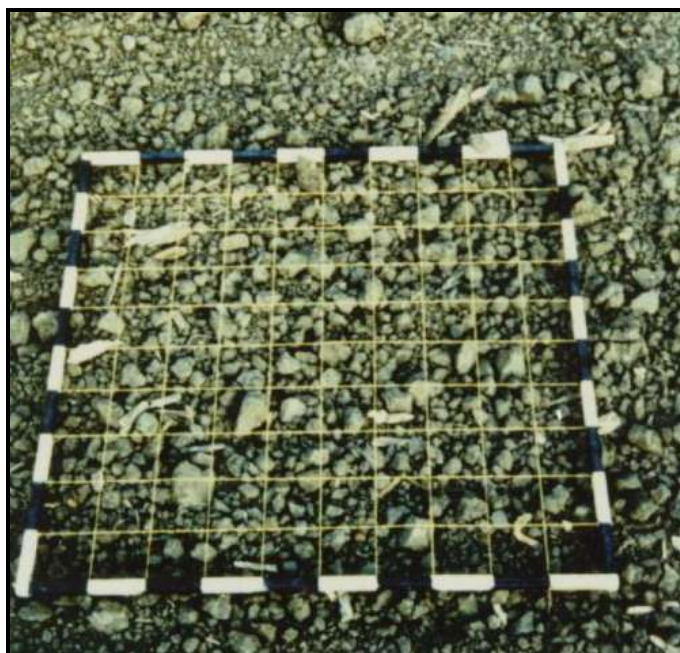
Vizsgálatainkat elsősorban az indokolta, hogy hasonló felmérés a legproblémásabb kötött talajokra száraz viszonyok között ismereteink szerint nem készült.

A **28. ábrán** megjelölt térségben 10 vizsgálati helyen végeztünk felmérést az 1990-es évek közepén.



28. ábra A vizsgálat helyszínei

A kiválasztott táblákon a műveleteket követően mérőhelyenként 10-10 mintát vettünk a talaj felső, 10 cm-es rétegéből és véletlenszerűen kiválasztott helyeken fényképfelvételt készítettünk a talajfelszínről 1 m²-es, dm beosztású felvevőkeret felhasználásával (**29. ábra**).



29. ábra Fényképfelvétel a felvevőkerettel

A felnagyított fényképfelvételek alapján pedig elvégeztem a felszíni rögrakció-analízist. (A vizsgálatoknál feltételeztem, hogy a talajfelszíni rögrakció-megoszlás jó közelítéssel reprezentálja a magágykészítés szempontjából fontos kb. 10 cm-es réteg rögrakció-eloszlását.) A vizsgálati eredményeket a 24. táblázata tartalmazza.

24. sz. táblázat

Talajfelszíni rögrakciók különböző műveletek után

Művelés	Rögfrakciók megoszlása (tömegszázalék)											D _j
	5-15	16-25	26-35	36-45	46-55	56-65	66-75	76-85	86-90	95-105	105-115	
Szántás K _A =42	0,2	1,5	1,2	1,4	1,6	2,3	4,7	6,5	13,5	21,8	46,2	112
Tárcsázás (búzatarló) K _A =53	0,25	1,25	3,5	5,1	7,0	6,2	4,6	11,8	29,5	30,8	-	80,6
Kombinátor K _A = 43 (2 menet)	3,5	17,2	20,5	14,6	17,9	4,5	3,9	6,8	5,4	5,7	-	36,3
Kombinátor (3 menet)	1,2	7,5	17,3	17,4	17,6	5,1	5,4	8,0	11,6	9,5	-	54,9

A jellemző rögraktmérő meghatározásához a következő összefüggést alkalmaztam:

$$D_j = \frac{\sum_{i=1}^n (n_i \cdot D_i)}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad [\text{mm}] \quad [24]$$

ahol: n_i - az i -edik rögfrakció tömegszázaléka

D_i – az i -edik rögfrakció átmérőjének osztályközepe.

3.2. Rögtrési vizsgálatok

A rögtrési vizsgálatok célja az alapművelés utáni állapotra jellemző rögök tréserőigényének meghatározása volt a művelésre szóbajöhető nedvesség-intervallumban. A mérések során a ténylegesen szükséges tréserő, illetve trései energia értékeit határoztam meg, amelyekből következtetni lehet a ma használatos elmunkáló eszközök aprítási energiájára. Ez utóbbi energia nyilván nagyobb, ugyanis az elmunkáló eszközök – működési elvükből adódóan – kisebb-nagyobb talajdeformációval dolgoznak, ami energiaelnyeléssel jár. E két energia ismeretében lehetőséget láttam az elmunkáló eszközök hatékonyságának számszerű jellemzésére.

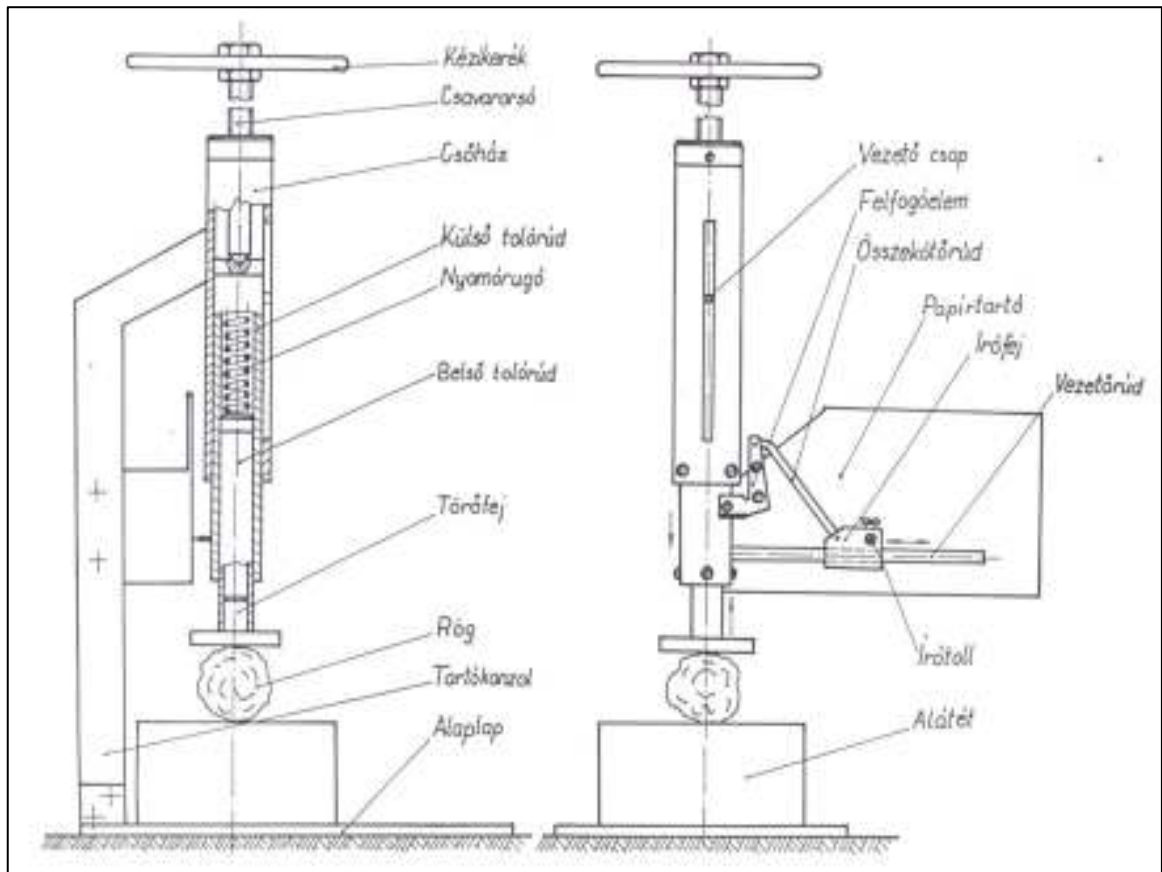
A vizsgálatok előtt a 28. ábrán megjelölt helyekről rögmintákat gyűjtöttem a talaj 0-20 cm-es művelt rétegéből (mérőhelyenként 20 minta). A vizsgált rögátmérő 15-65 mm között változott, ügyeltem arra is, hogy a rögminták minél változatosabb nedvességtartományt reprezentáljanak. A mintagyűjtés után ismert módszerekkel meghatároztam a rögminták kötöttségét és nedvességtartalmát.

A energetikai méréseket az erre a célra készített rögtréző készülékkel végeztem két módszerrel:

- a rögök merev alátámasztásával, illetve
- a természetes rögaprítás körülményeit szimulálva, talajba ágyazott rögökkel.

A rögtréző készülék (30. ábra) regisztrálja a tréserő változását, a deformáció függvényében, azaz lerajzolja a trései diagramot, amely a rögaprítás teljes energiaigényének meghatározását teszi lehetővé.

A rögök szétesési folyamata egy kismértékben rugalmas pórusos test viselkedésének felel meg. Mivel a rög szétesése az ellene ható, szemcsék közötti kohézió függvénye, ezért a trései folyamatot, a kohéziót befolyásoló tényezők, elsősorban a kötöttség, a nedvességtartalom, valamint a rögátmérő ismeretében célszerű vizsgálni.



30. ábra Rögtörő készülék szerkezete

3.3. A kényszeraprítás elvén működő kísérleti eszköz energetikai vizsgálata

3.3.1. A kísérleti eszköz szerkezete és működése

A kényszeraprítás elvén működő kísérleti eszközt a 3.3. fejezetekben leírt elméleti összefüggések és megfontolások figyelembevételével készítettem el (31. ábra).

Az 1.sz. mellékletben közölt méretarányos összeállítási rajz tartalmazza a legfontosabb befoglaló és csatlakozó méreteket és a berendezés egyes szerkezeti elemeit, melyek oldható kötéssel csatlakoznak egymáshoz.

A kísérleti eszköz alapvetően két fő egységből áll:

- az adagoló szerkezetből és
- az aprító szerkezetből.



31. ábra A kísérleti eszköz szerkezete

Az adagoló szerkezet végtelenített szállítószalag, melyet egy háromfázisú aszinkronmotor hajt lassító áttétellel, kettős ékszíjhajtással. A szállítószalag az adagolóvályú alatt helyezkedik el, erre kerülnek az előzőleg előkészített talajminták (32. ábra). A talaj oldalirányú elmozdulását a vályú oldalfala akadályozza meg, az egyenletes talajáramot a szállítószalag sebessége biztosítja. A szalag feszességét két állítócsavarral, a hajtóhenger elmozdításával lehet szabályozni.



32. ábra Az adagolószerkezet mérés előtti állapotban

Műszaki adatok:

- Hajtómotor fordulatszáma: $n_m = 940 \text{ 1/min}$

- Hajtómotor teljesítménye: $P_m = 1,1 \text{ kW}$
- Ékszíjtárcsa átmérők: $d_1 = 65 \text{ mm}$
 $d_2 = 180 \text{ mm}$
 $d_3 = 85 \text{ mm}$
 $d_4 = 95 \text{ mm}$
- Ékszíjhajtás áttétele: $i = \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{d_4}{d_3} = \frac{180}{65} \cdot \frac{95}{85} = 3$
- Hajtóhenger átmérője: $d_{sz} = 87 \text{ mm}$
- Hajtóhenger fordulatszáma: $n_{sz} = \frac{n_m}{i} = \frac{940}{3} = 313 \text{ 1/min} = 5,2 \text{ 1/s}$
- Szállítószalag sebessége: $v_{sz} = d_{sz} \cdot \pi \cdot n_{sz} = 0,087 \cdot \pi \cdot 5,2 \cong 1,4 \text{ m/s}$
- A szállítószalag hasznos hossza: $l = 1,4 \text{ m}$
- Adagolóvályú szélessége: $b = 200 \text{ mm}$

Az aprító szerkezet a törőrácsból, az aprítódobból és a meghajtó egységből épül fel (**33. ábra**). Az aprítódob két végén csapágyazott, fogazott henger, melynek hajtását egy háromfázisú repulziós motor biztosítja. A villanymotor fordulatszámát szénkefeeltolással változtatni lehet, így az aprítódob kerületi sebessége viszonylag tág határok között szabályozható az anyagáramnak megfelelően. A motor és az aprítódob közötti lassító áttételt csiga- és lánchajtás biztosítja. A hajtóegység és az aprítódob közé rugalmas tengelykapcsoló és egy 500 Nm, méréshatárú nyomatékmérő van beépítve. A fordulatszám mérését, a villanymotor tengelyéhez csatlakozó tachodinamo végzi, mely a fordulatszámmal arányos feszültségjelet állít elő.

A törőrács az aprítódob alatt helyezkedik el, szöghelyzetét és egyben a bemeneti nyílás nagyságát csavarorsós mechanizmussal lehet állítani. Az aprítódob fogazott palástfelülete és a törőrács együttesen alkotják az aprítócsatornát, mely a bemenet felől szűkül a kimenet felé. A törőrács perforált, ezért az aprítócsatornába kerülő talajminták apró frakciói a rács elején áthullanak. Így csak a nagyobb rögök kerülnek az aprítócsatornába, ahol tovább aprózódnak, majd áthullanak a rács nyílásain és egy gyűjtőládába kerülnek.



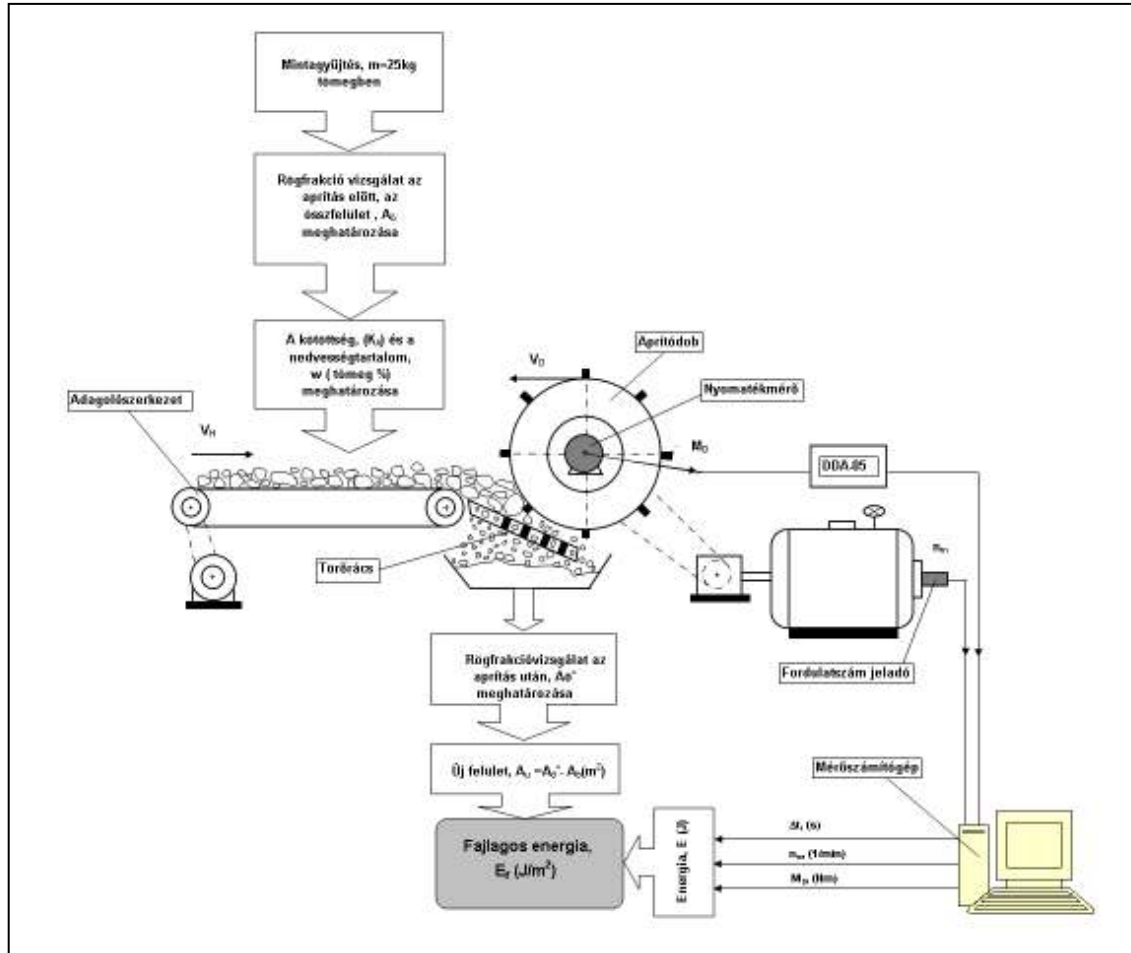
33. ábra Az aprítószerkezet részei

Műszaki adatok:

- Aprítódob átmérője: $D = 0,32 \text{ m}$
- Aprítódob kerületi sebessége:
 $\lambda = 1,2$ sebességviszonnyal: $v_D = \lambda \cdot v_{sz} = 1,2 \cdot 1,4 = 1,68 \text{ m/s}$
- Aprítódob fordulatszáma: $n_D = \frac{v_D}{D \cdot \pi} = \frac{1,68}{0,32 \cdot \pi} = 1,7 \text{ 1/s} = 102 \text{ 1/min}$
- Hajtás áttétele: $i = i_{lanc} \times i_{csiga} = 0,5 \cdot 28 = 14$
- Hajtómotor beállított fordulatszáma: $n_m = n_D \cdot i = 102 \cdot 14 = 1428 \text{ 1/min}$
- Aprítódob fogsám: $k = 16$
- Fogmagasság: $z = 20 \text{ mm}$
- Aprítócsatorna bemeneti nyílás: $h_1 = 120 \text{ mm}$
- Aprítócsatorna kimeneti nyílás: $h_2 = 25 \text{ mm}$
- Rácsszög: $\alpha = 15^\circ$
- Törőrács szélessége a bemenetnél: $b_1 = 230 \text{ mm}$
- Törőrács szélessége a kimenetnél: $b_2 = 200 \text{ mm}$
- Rácsnyílás: $a = 15 \text{ mm}$

2.3.2. Vizsgálatok menete, módszere

A vizsgálatok menetét és a mérőrendszer elvi felépítését a **34. ábra** alapján követhetjük végig.



34. ábra A mérőrendszer elvi felépítése

Mintagyűjtés

Az energetikai vizsgálatokhoz szükséges talajmintákat szarvasi és békésszentandrási gazdaságok területén gyűjtöttük 2003. év nyárvégi és őszi időszakában. A mintavétel minden esetben a talaj felszíni 10 cm-es művelt rétegéből történt, mérőhelyenként 25 kg-os tömegben.

Elsősorban kiszáradt, erősen rögzös felszínű területeken végeztük a mintagyűjtést, és a mintákat a további vizsgálatokig fedett helyen tároltuk.

Arany-féle kötöttség meghatározása

Az irodalmi adatok és a korábbi vizsgálatok szerint a rögaprítás erősen kötöttségfüggő. Ezért talajmintánként meghatároztam a minták kötöttségét az ismert módszerrel.

Az azonos vagy egymáshoz közeleső kötöttségű mintákat csoportosítottam, létrehozva öt kötöttségosztályt. Minden kötöttségosztályba hat azonos, illetve hasonló kötöttségű minta került, melyeknek kiszámítottam az átlagértékét (**25. táblázat**).

25. táblázat

A talajminták csoportosítása kötöttség szerint

Minták sorszáma	Kötöttségosztályok				
	I. $K_A = 35 - 38$	II. $K_A = 40 - 44$	III. $K_A = 45 - 47$	IV. $K_A = 48 - 50$	V. $K_A = 51 - 55$
1.	35	40	45	49	55
2.	36	41	47	50	51
3.	36	44	47	48	52
4.	37	43	45	48	51
5.	35	42	46	49	53
6.	38	42	46	50	51
Átlag	$K_A = 36$	$K_A = 42$	$K_A = 46$	$K_A = 49$	$K_A = 52$

Rögfrakció-vizsgálat az aprítás előtt

A rögfrakció-vizsgálatot megelőzően a talajminták tömegét egységesen 20 kg-ra csökkentettem, majd elvégeztem a rögfrakció-vizsgálatokat.

A rögfrakciók szétválasztásához rostasorozatot, a frakciók tömegének méréséhez mérleget használtam (**35. ábra**).

A rostasorozatot 6 elemből állítottam össze, létrehozva 7 egyenértékű átmérőosztályt ($d_1 > 10$, $d_2 > 6$, $d_3 > 4$, $d_4 > 2$, $d_5 > 1$, $d_6 > 0,5$ és $d_7 < 0,5$ cm).

Talajmintánként lemértem az egyes átmérőosztályhoz tartozó tömegértékeket és az adatokat táblázatban rögzítettem.



35. ábra A rögfrakció vizsgálatok eszközei

Kiszámítottam a minták eredeti (aprítás előtti) összfelületét az alábbiak szerint:

- A frakciónkénti rögök száma:

$$n_i = \frac{m_i}{\rho \cdot \frac{d_i^3 \cdot \pi}{6}} \quad [\text{db}] \quad [25]$$

ahol: m_i - a frakciónkénti tömeg (gr)

d_i – a jellemző frakcióátmérő (a rostasorozat alapján meghatározható)

ρ - a talaj sűrűsége (gr/cm^3)

- Az n_i darabszámú frakció összfelülete:

$$A_i = n_i \cdot d_i^2 \cdot \pi \quad [\text{cm}^2] \quad [26]$$

- A behelyettesítés után:

$$A_i = \frac{6 \cdot m_i}{\rho \cdot d_i} \quad [\text{cm}^2] \quad [27]$$

- A minták aprítás előtti összfelülete:

$$A_{\delta} = \sum_{i=1}^j A_i \quad [\text{cm}^2] \quad [28]$$

j – a frakciók száma

- Ha a d_i értékeit – melyek a rostasorozat méretei alapján rendre $d_1 = 12$ cm, $d_2 = 8$ cm, $d_3 = 5$ cm, $d_4 = 3$ cm, $d_5 = 1,5$ cm, $d_6 = 0,75$ cm, $d_7 = 0,25$ cm nagyságúak – és a $\rho = 2,5$ gr/cm³ sűrűségértéket a fenti egyenletekbe helyettesítjük, a következő összefüggést kapjuk:

$$A_{\delta} = 0,2 \cdot m_1 + 0,3 \cdot m_2 + 0,48 \cdot m_3 + 0,8 \cdot m_4 + 1,6 \cdot m_5 + 0,32 \cdot m_6 + 9,6 \cdot m_7 \quad [\text{cm}^2] \quad [29]$$

Ezzel az egyenlettel – a frakciónkénti tömegek behelyettesítésével – közvetlenül az aprítás előtti összfelület határozható meg.

A talajminták nedvességtartalmának beállítása

A vizsgálatok idején (2004. július) a minták nedvességtartalma a légszáraz ($w=5$ tömeg %) állapotnak felelt meg, amely a kötöttség meghatározásához is szükséges volt.

A különböző nedvességtartalmakat a talajminták nedvesítésével állítottam be víz permetszerű hozzáadásával. Kötöttségosztályonként 6 talajminta nedvességtartalmát növeltem úgy, hogy a légszáraz állapotú mintákra egyre növekvő vízadagokat permeteztem. A nedvesítés előtt a talajmintákat szétterítettem, hogy az átnedvesedés egyenletes legyen, majd az így előkészített talajmintákat nylon zsákokban, lezárva tároltam. A vízfelvétel és az egyenletes eloszlás több napi tárolás során biztosítható.

A **26. táblázat** a talajminták nedvességtartalmát mutatja kötöttségosztályonként.

A talajminták nedvességtartalma kötöttségosztályonként

Minták sorszám	Nedvességtartalom (tömeg %)				
	I. $K_A = 36$	II. $K_A = 42$	III. $K_A = 46$	IV. $K_A = 49$	V. $K_A = 52$
1.	5	5	5	5	5
2.	10	10	10	10	10
3.	13	13	13	13	13
4.	16	16	16	16	16
5.	19	19	19	19	19
6.	22	22	22	22	22

A talajminták aprítása

Az előkészített talajminták aprítását és az energetikai méréseket a 2.3.1. fejezetben bemutatott kísérleti eszközzel végeztük.

A mérések előtt hitelesítettük a nyomatékmérőt és a hozzá kapcsolódó DDA-06 típusú nyúlásmérő műszert, beállítottuk az aprítódob fordulatszámát és egy ellenőrző mérést végeztünk.

Minden talajmintát megfeleztünk, így két részletben ($m=10$ kg-os tömegben) történt az aprítás. A két mérés eredményeit a kiértékelés során összegeztem mintánként.

Az aprítási kísérletek menete:

- A talajminták elhelyezése az adagolószalagra.
- Aprítószerszerkezet indítása, fordulatszám ellenőrzése.
- Adagolószerkezet és a mérőegység indítása.
- Aprítás és mérés (**36. és 37. ábra**)
- Adagolószerkezet és a mérőegység leállítása.
- Aprítószerszerkezet leállítása.
- Gyűjtőláda ürítése zsákokba.



36. ábra A kísérleti eszköz munka közben



37. ábra A mérőpult elemei

A mérések során a nyomatékmérő és a tachodinamo feszültségjelei egy csatlakozó panelen keresztül a mérőszámítógép PCL-1417 típusú adatgyűjtő kártyájára kerültek. Erről leolvasható az aprítási folyamat alatt mért pillanatnyi nyomaték- és fordulatszám érték. A mérőkártya adathalmaza 3,5"-os hajlékony lemezre lett mentve, az adatok további feldolgozását, értékelését IBM Pentium 4 típusú számítógéppel végeztem.

Talajmintánként a két mérés eredményeit összeillesztettem. A nyomaték és fordulatszám értékek átlagát képeztem, valamint a nyomaték-idő diagramról leolvastam az aprítási idő (Δt) értékeit.

Az adatok alapján a következő számításokat végeztem:

- Az aprításhoz szükséges teljesítmény a dobtengelyen

$$P = \overline{M} \cdot \overline{\omega} = \overline{M} \cdot 2\pi \cdot \overline{n} \quad [\text{W}] \quad [30]$$

ahol: $\overline{M}$ - az aprítódob nyomaték átlaga (Nm)

$\overline{n}$ - az aprítódob fordulatszám átlaga (1/s)

$$\overline{n} = \frac{\overline{n}_m}{60 \cdot i} \quad [1/\text{s}] \quad [31]$$

$\overline{n}_m$ - a hajtómotor fordulatszámátlag (1/min)

$i = 14$ - a hajtás áttétele

- Az aprításhoz szükséges energia

$$E = P \cdot \Delta t \quad [\text{J}] \quad [32]$$

ahol: Δt - az aprítás ideje (s)

- Az aprítás fajlagos energiaigénye

$$E_f = \frac{E}{A_u} \quad \left[\frac{\text{J}}{\text{m}^2} \right] \quad [33]$$

ahol: A_u - az aprításkor keletkezett új felület (m^2)

Aprítás utáni rögfrakció vizsgálat

Az aprítási kísérletek után az összegyűjtött talajmintákat a rostasorozattal frakcionáltuk, megmértük az egyes frakciók tömegét (m_i'). Az adatok alapján a már ismertetett módszerrel meghatároztam a talajminták aprítás utáni összfelületét.

$$A_{\delta}' = 0,2 \cdot m_1' + 0,3 \cdot m_2' + 0,48 \cdot m_3' + 0,8 \cdot m_4' + 1,6 \cdot m_5' + 0,32 \cdot m_6' + 9,6 \cdot m_7' \quad [\text{cm}^2] \quad [34]$$

Az aprítás utáni és előtti összfelület különbsége az új felület értékét adja:

$$A_u = A_{\delta}' - A_{\delta} \quad [\text{cm}^2] \quad [35]$$

3. A VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

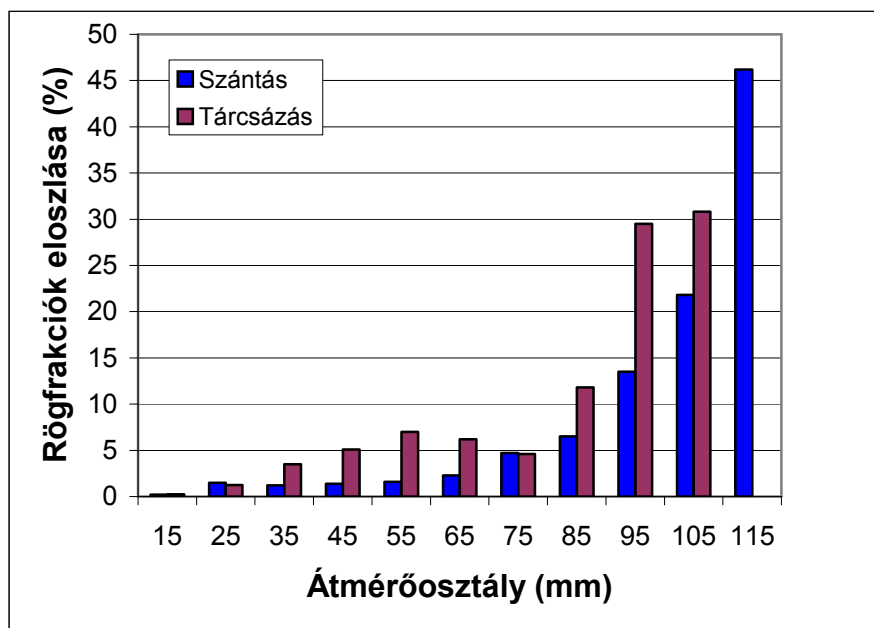
3.1. Szántóföldi vizsgálatok eredményei

A vizsgálatok idejét megelőző krónikus csapadékhiány és a vele párosult aszály következtében olyan mértékű talajkiszáradás volt tapasztalható, hogy a művelt rétegben nem volt lényeges nedvességtartalom eltérés.

A művelt réteg határán (25-28 cm) 10-12, a talajfelszínen 5-8 tömeg % nedvességtartalom volt mérhető, ezért a talajnedvesség – mint befolyásoló paraméter – az egyes műveletek hatását illetően figyelmen kívül hagyható. A **38. és 39. ábrán** négy műveletet követő talajfelszíni rögrakció-eloszlás vizsgálatának eredményét mutatom be, amely kiragadott ugyan, de jól jellemzi a térségi viszonyokat.

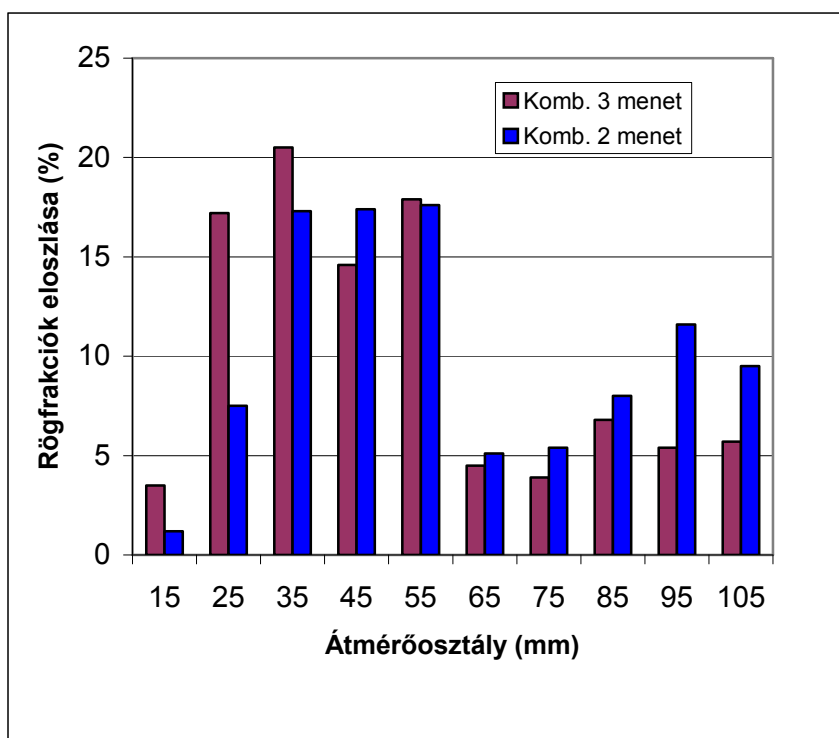
A szántás talajfelszíni rögrakció struktúrája (**38. ábra**) még kötött agyagtalajokon ($K_A=50-52$) is viszonylag kedvező eredményt mutatott ($D_j=110-120$ mm). Ez azzal magyarázható, hogy a talaj kiszáradása közben fellépő térfogatcsökkenés a talajréteg erőteljes berepedésével jár, így az eke porhanyító munkája – a nagyszámú mikrorepedés következtében – érvényesülni tud.

A szántást követő elmunkálás nehézségei a későbbiekben mutatkoztak. Nehéz tárcsásboronával történő elmunkálás után a jellemző rögméret 81 mm volt. A tárcsalevelek csak a nagyobb, 100 mm átmérő feletti rögök aprítását végezték. Az alacsony nedvességtartalom miatt az aprózódás minimális mértékű volt.



38. ábra Felszíni rögrakció-eloszlás szántás és tárcsázás után

Nehéz kombinátorral végzett magágykészítés második és harmadik menete utáni rögfrakcióeloszlást a **39. ábra** szemlélteti. A jellemző rög méret második menet után 55 mm, a harmadik menet után 37 mm körül alakult. A rögök zöme a 25-55 mm méretosztályokba esett, a két menet között érdemleges eltérés csak a nagyobb méretosztályokban volt tapasztalható.



39. ábra Felszíni rögfrakció-eloszlás nehéz kombinátorral végzett magágykészítés után

A harmadik menet után visszamaradó magágy rögfrakció eloszlása az adott körülmények között jellemző a kötött talajokra. A vizsgálati eredményekből megállapítható, hogy a hagyományos eszközökkel a menetszám növelésével sem érhető el kedvezőbb minőségű magágy. A felszíni réteg durva összetétele a vetés minőségét, a kelést és a növény kezdeti fejlődését hátrányosan befolyásolja (**40. ábra**).



40. ábra **Kötött talaj ($K_A = 53$) rögössége magágykészítés után (Szarvas)**

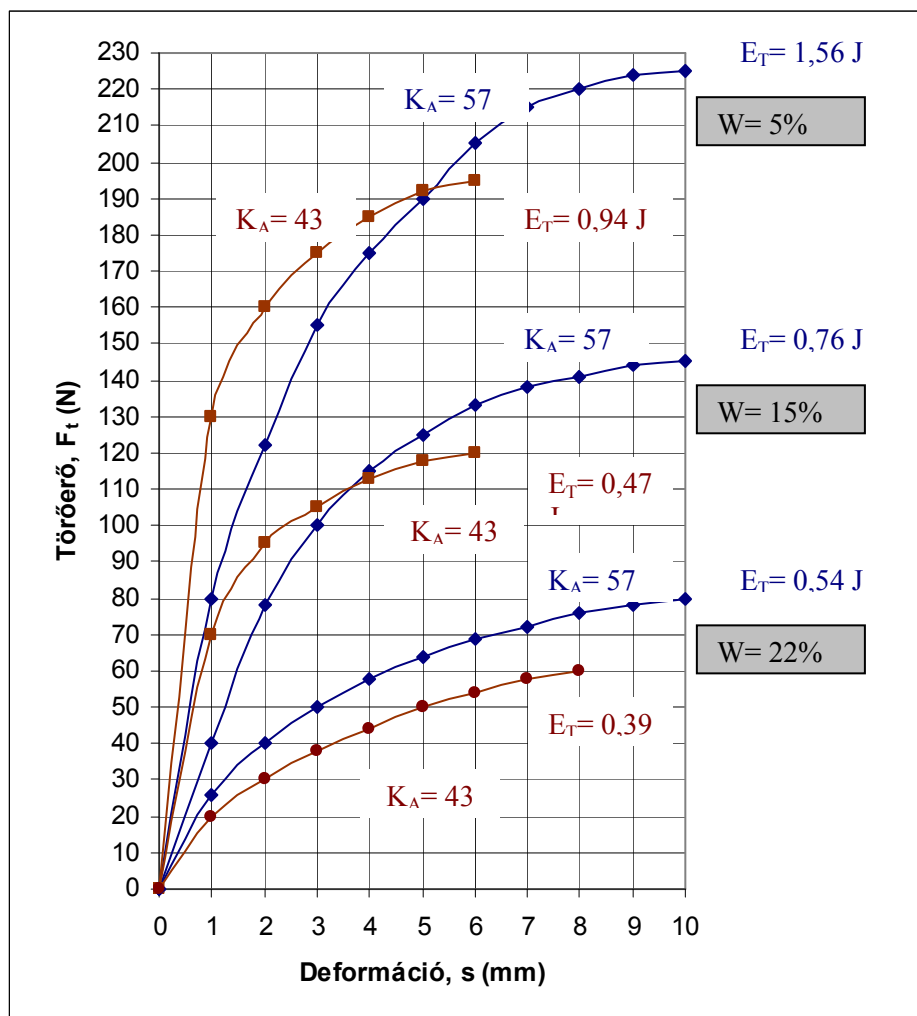
3.2. Rögtörési kísérletek eredményei

A rögtörési kísérleteket először merev alátámasztással végeztem. A 41. ábra egy középkötött ($K_A = 43$) és egy kötött ($K_A = 57$) talajból származó rögök törési diagramjait szemlélteti különböző nedvességtartalmaknál.

Az ábrából jól látszik, hogy a kötöttebb rögök nagyobb törőerő hatására roppannak szét és a deformációs szakasz is hosszabb, mint a kisebb kötöttségű rögök törésénél. Ennek megfelelően a diagram alatti területből származó energiaigény is nagyobb lesz minden nedvességtartalomnál.

A törési diagramokról az is megállapítható, hogy növekvő nedvességtartalomnál javulnak a törés feltételei.

A $W = 22\%$ nedvességtartalomnál a töréshez szükséges energiaigény 2,5-3-szor kisebb, mint a száraz, $W = 5\%$ nedvességtartalmú rögök törésénél.



41. ábra Különböző kötöttségű és nedvességtartalmú rögök törési diagramja

Vizsgáltam azt is, hogy különböző átmérőjű rögök törésének energiaigénye hogyan változik. A merev alátámasztással elvégzett törési kísérletek azt mutatják, hogy az átmérő növekedésével erőteljesen nő az energiaigény mindkét vizsgált nedvességtartalomnál (42. ábra).

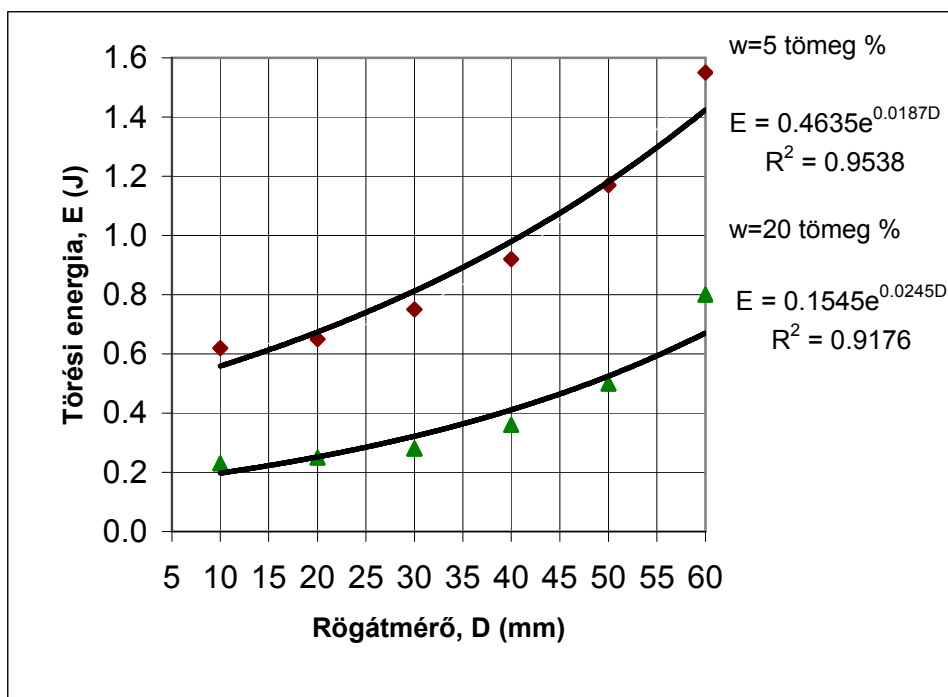
A két változó közötti összefüggés – a regresszioanalízist elvégezve – exponenciális függvénnyel írható le, azaz:

$$E = a \cdot e^{c \cdot D} \quad [36]$$

ahol: E – a törési energia (J)

D – a rögátmérő (mm)

A determinációs együttható (R^2) értéke mindkét vizsgált nedvességtartalomnál nagyobb, mint 0,9, ami igen szoros összefüggést mutat a vizsgált paraméterek között.



42. ábra A törési energia változása a rögátmérő függvényében

A $D_j=50$ mm átmérőjű rögökre – a magágy készítést követően ez volt a legjellemzőbb méret – meghatároztam az energiaigény–nedvességtartalom függvényeket (43. ábra). A regresszióanalízis eredményeként a vizsgált paraméterek között a legszorosabb illeszkedés hatvány függvénnyel írható le minden vizsgált kötöttségnél.

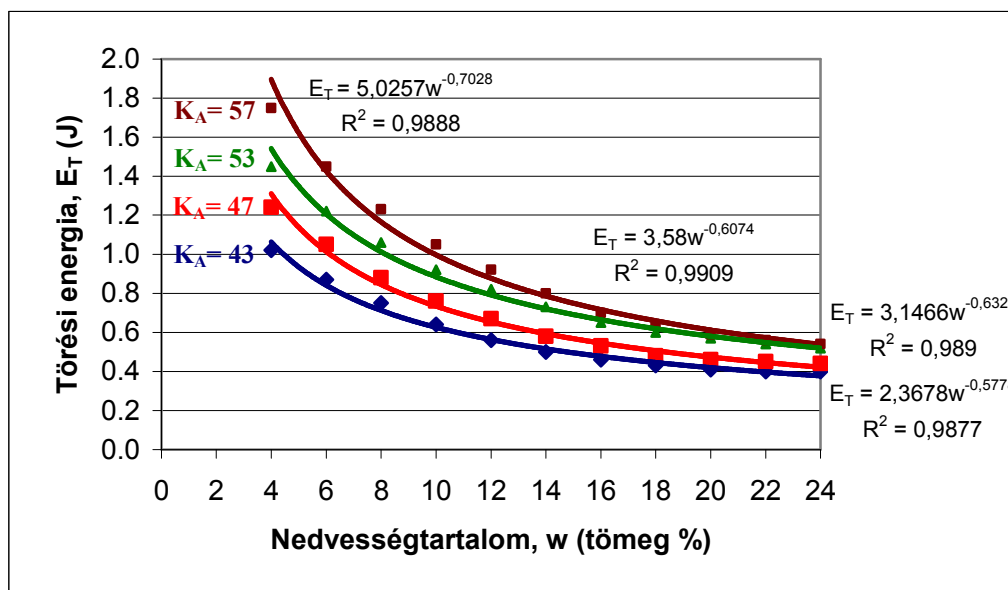
Az egyenlet alakja:

$$E = a \cdot w^{-b} \quad [37]$$

ahol: E – a törési energia (J)

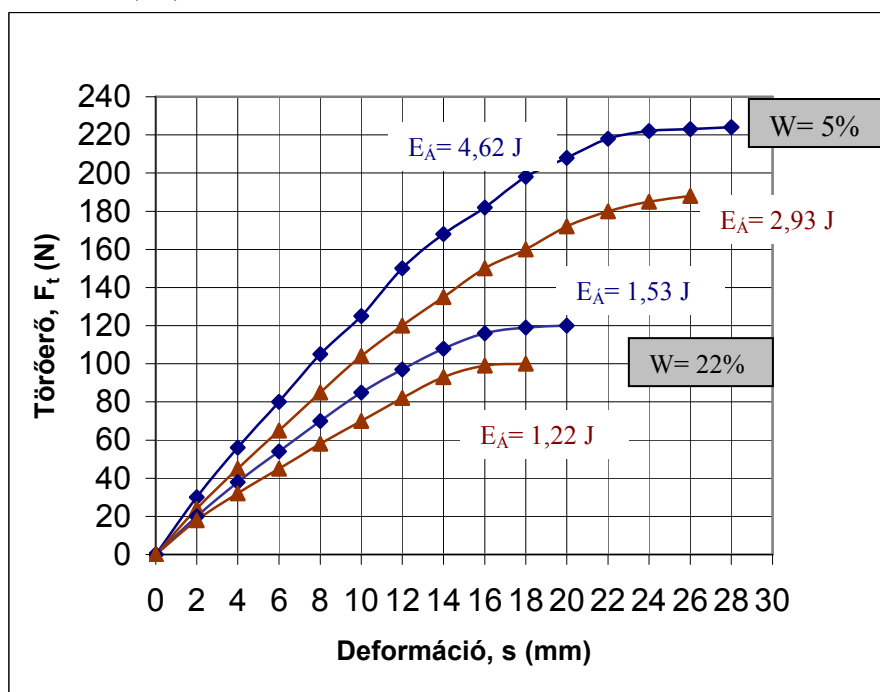
w – a nedvességtartalom (tömeg %).

Az egyes kötöttségekhez tartozó determinációs együttható (R^2) értéke 0,98-nál nagyobb, ami igen szoros összefüggést jelent a vizsgált paraméterek között.



43. ábra. A törési energia változása a nedvességtartalom függvényében

Ha a rögtörési kísérleteket talajba ágyazott rögökkel végezzük, akkor a megtámasztáshoz szükséges deformációs zóna kialakulása elnyújtja a törési diagramot. Így a rög töréséhez szükséges energia ($E_{\dot{A}}$) – a kötöttségtől és a nedvességtartalomtól függően – 2,5-3-szor nagyobb lesz, mint a merev alátámasztással mért energiaérték. A 44. ábrán példaként $w = 5$ és 22 % tömeg % nedvességtartalmú, kötött ($K_A=57$) és közép-kötött ($K_A= 43$) rögök törési diagramjait mutatom be a hozzájuk tartozó törési energia értékekkel ($E_{\dot{A}}$).

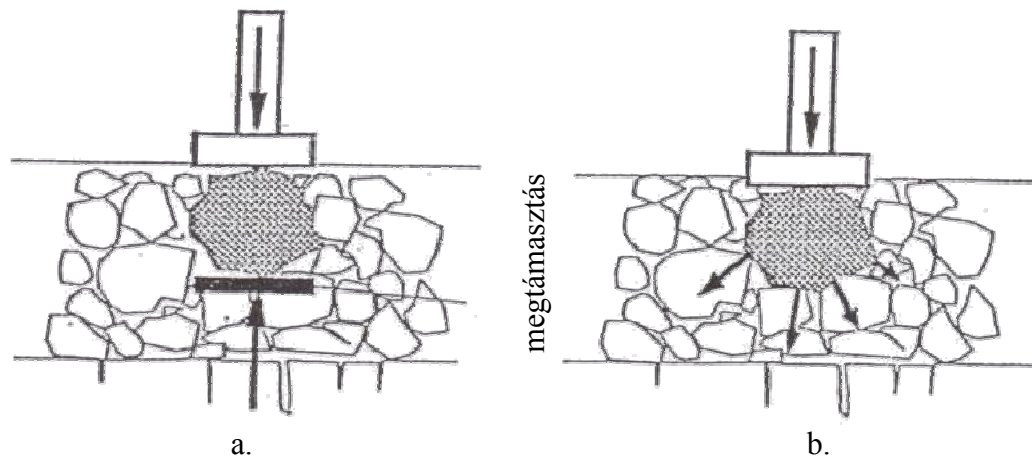


44. ábra A talajba ágyazott rögök törési diagramja

3.3. A kényszeraprítás elvének módszertani eredményei

A hagyományos művelőszerszámoknál az aprítóerő nagysága és hatótávolsága korlátozott attól függően, hogy milyen elven működő eszközről van szó. Az aprítóerő általában a szerszámterheléssel vagy (aktív művelőtestű eszközöknél) a mozgítás sebességével fokozható, azonban mindkét esetben ésszerű korlátok vannak. A hatótávolság általában a munka (művelési) mélység által behatárolt tényező. A szükséges minimális erő kifejtéssel történő biztonságos aprítást úgy érhetjük el, hogy a rögöt (művelt aggregátumos réteget) nem engedjük kijutni az aprítóerő hatástávolságából, mindaddig, amíg az aprózódás be nem következik.

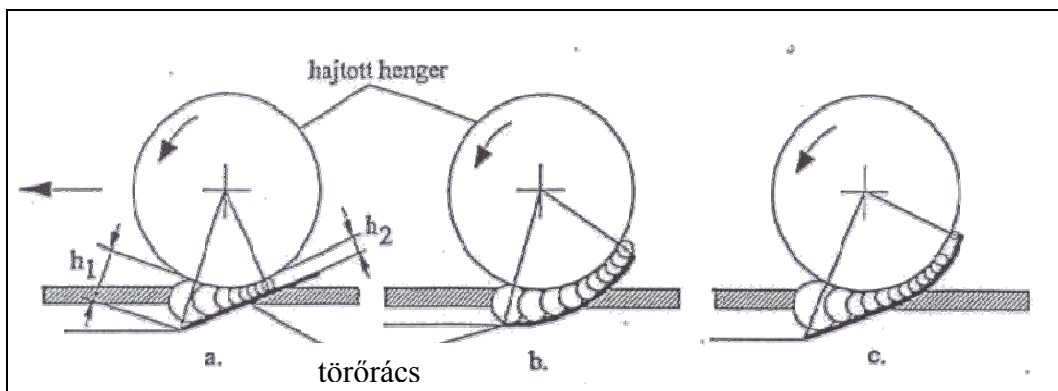
A **45. ábra** szemlélteti a rög törés két olyan módszerét, amikor a törőerő felületi nyomásból alakul ki. Ha a törőerő ellenében merev megtámasztást alkalmazunk, a fent említett célkitűzés elérhető, azaz elmarad a rög alatti réteg (rendszerint felesleges) deformációja és ha elég nagy a törőerő, az aprózódás feltétlenül bekövetkezik.



**45. ábra A rögtörés elvi vázlata a rög alátámasztásával (a)
és a talajba ágyazással (b)**

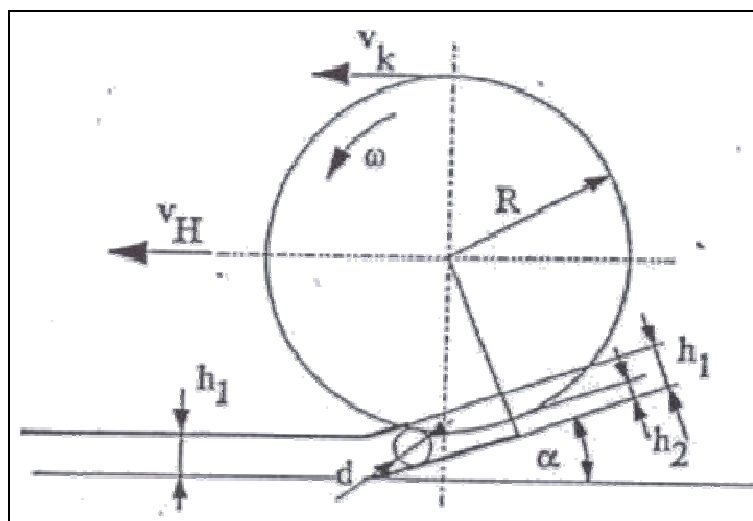
Az eljárás egyszerűen folyamatossá tehető és elvileg számos módon kivitelezhető. A legegyszerűbb esetben az aktív (a törőerőt biztosító) elem egy henger, a passzív (támasztó) elem pedig egy áttört felületű rács, amelyet a kívánt munkamélységben a henger alatt járattunk.

A folyamatos kényszeraprítás lehetséges megoldásait a **46. ábrán** láthatjuk. Síkrács alkalmazásával (**46/a ábra**) az aprítócsatorna viszonylag rövid, az ívelt (b) vagy a kombinált (c) kosárváltozatok elnyújtott aprítótere áramlástechnikailag ugyan kedvezőbb, azonban az emelési munka itt nagyobb. Az egyszerűbb kivitel miatt a síkrács alkalmazása mellett döntöttem.



46. ábra Kételemes aprítószerkezet lehetséges változatai

A folyamatos kényszeraprítás kételemes megoldása a szűkülő rés elvén alapszik, amelyet egy forgó, hajtott elem (henger) és egy áttört felületű támasztó elem (síkrács) segítségével hozunk létre (47. ábra).



47. ábra Kételemes sík törőrácsos modell

A művelt talajrétegről feltételezzük, hogy:

- különálló aggregátumokból áll,
- a rögök nedvességtartalma alacsony (az Attenberg-féle konzisztencia határok figyelembevételével száraznak minősíthető), a zsugorodási határ alatti, a plasztikus viselkedés kizárt,
- az aggregátumközi tér szervesanyag mentes,
- a rögök anyaga homogén, alakjuk jól közelíti a gömbformát.

A hengert (az eredeti) talajfelszínen járattva a kosárél által meghatározott vastagságú talajszelvény a résbe kerül. A réteg résbejutását a v_H haladási sebességből származó torlónyomás (p_t) biztosítja, a haladását a résben a henger forgómozgása segíti, ha $v_k > v_H$ feltétel teljesül.

3.3.1. A rög erőviszonyai szűkülő résben

Ha a résbe egy $h_1 > d > h_2$ átmérőjű rög kerül, akkor a torlónyomásból adódó tolóerő (F_t) hatására a támasztási pontokban normálerők (N_1 , N_2) ébreknek (48. ábra). A henger és a rög érintkezési pontjában

$$S_1 = N \cdot \mu_1 \quad [38]$$

súrlódóerő ébred, ahol μ_1 a henger és a rög közötti súrlódási tényező. Ennek hatására a rög a kosár felületén gördülni igyekszik, a gördülési ellenállás:

$$E_g = f \cdot N_2 \quad [39]$$

ahol f a gördülési ellenállás tényezője.

A rögre ható forgatónyomaték:

$$M' = \frac{d}{2} \cdot (S_1 - E_g) = \frac{d}{2} (N_1 \cdot \mu_1 - N_2 \cdot f) \quad [40]$$

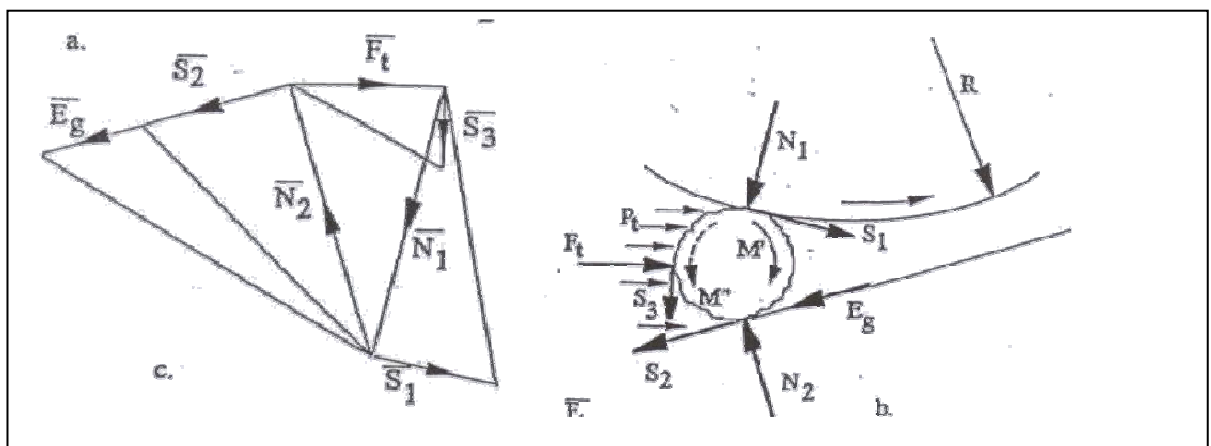
A forgást akadályozza az $s_3 = F_t \cdot \mu_2$ súrlódóerő nyomatéka

$$M'' = \frac{d}{2} \cdot F_t \cdot \mu_2 \quad [41]$$

Így az eredő forgatónyomaték:

$$M = M' - M'' = \frac{d}{2} (N_1 \cdot \mu_1 - N_2 \cdot f - F_t \cdot \mu_2) \quad [42]$$

ahol: μ_2 a rög és a mögöttes talaj közötti súrlódási tényező.



48. ábra A rög erőviszonyai

Mivel $\frac{d}{2} \ll R$, $N_1 \cong N_2$, azaz a vektorábra alapján:

$$N_1 \cong N_2 = \frac{F_t}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}, \text{ amellyel} \quad [43]$$

$$M = \frac{d}{2} F_t \left(\frac{\mu_1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{f}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \mu_2 \right) \quad [44]$$

Az eredő nyomaték 0, ha:

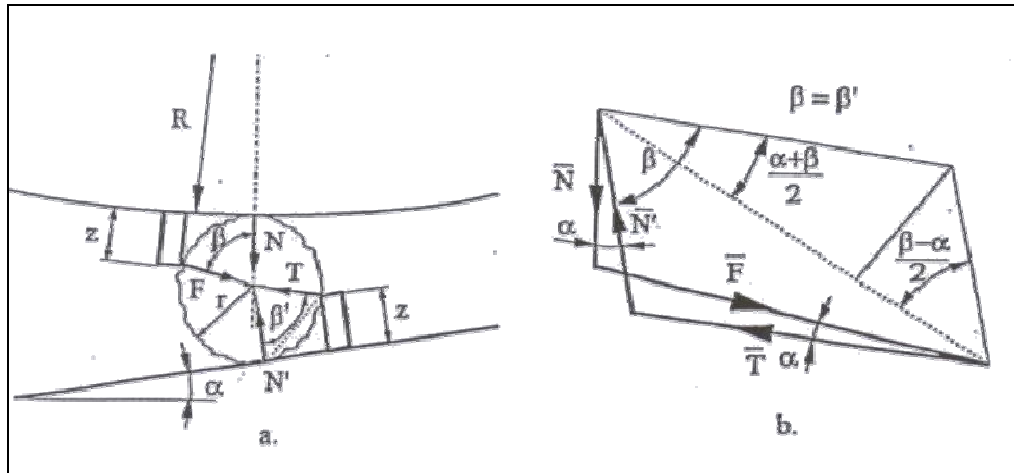
$$\mu_1 = f + \mu_2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2},$$

ami könnyen bekövetkezhet, mivel $\mu_2 \ll \mu_1$, így a rendszer önzáróvá válik.

Mivel a (p_t) torlónyomás a haladási sebesség által erősen behatárolt, a rög haladását (és ezzel aprózódását) a résben más módon kell kikényszeríteni. Pl. a dob (esetleg a kosár) bordázásával vagy fogazásával.

3.3.2. Erőviszonyok kényszertovábbítás esetén

Amennyiben a dobot és a támasztófelületet a **49.a. ábra** szerinti fogazattal látjuk el és feltételezzük, hogy a beékelődött rög közel gömb alakú, vizsgálhatjuk a rögre ható erőket. Az erőviszonyok ismerete elsősorban az aprítási folyamat irányíthatósága miatt fontos, a rés- és a fogazatgeometria ugyanis döntően meghatározza az aprítás minőségét, az aprítás utáni rögfrakciók arányát.



49. ábra **Fogak közé ékelődött rög erőviszonyai**

Ha a fogmagasság (z) azonos a két felületen és mivel $R \gg r$, vehetjük, hogy $\beta \cong \beta'$. A

49.b. ábrából belátható, hogy az erővektorok által bezárt háromszögek hasonlóak, az

egyensúly feltétele, hogy $\frac{T}{N} = \frac{F}{N'}$ legyen, ahol az arányosságot kifejező konstans

$$C = \frac{\sin \frac{\beta - \alpha}{2}}{\sin \frac{\beta + \alpha}{2}}. \quad [45]$$

A vektorábra alapján

$$\sin \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{z}{d}} \quad [46]$$

C értéke kifejezhető az erő- és aprítási viszonyokat befolyásoló konstrukciós tényezők

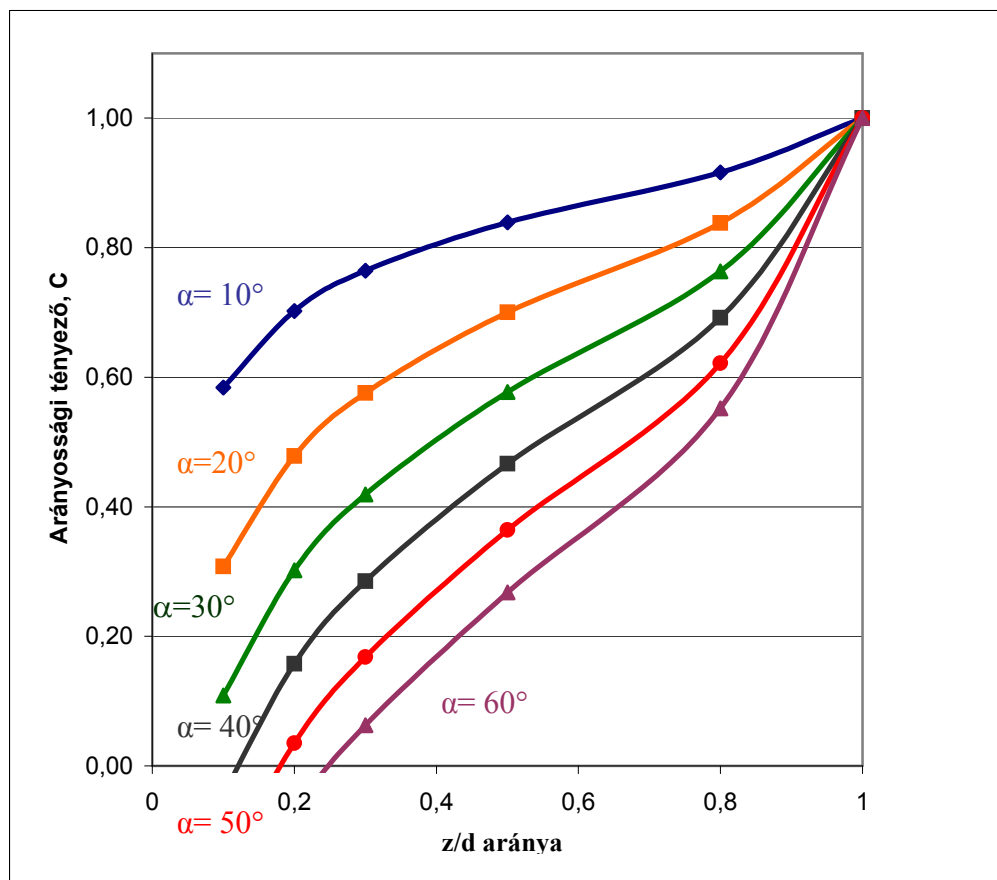
$\left(\frac{z}{d}\right), \alpha$ függvényeként. A trigonometria tételek alkalmazásával:

$$C = \frac{\sqrt{\frac{z}{d}} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} - \sqrt{1 - \frac{z}{d}} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{\sqrt{\frac{z}{d}} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} + \sqrt{1 - \frac{z}{d}} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \quad [47]$$

A **49. ábrán** vázolt esetben valószínűsíthető, hogy a rög az F - T erők által meghatározott síkok mentén válik két részre. Az aprítás szempontjából az lenne kedvező, ha a rög egyidejűleg több azonos méretű darabra esne szét. Ennek feltétele esetünkben az, hogy az aktív F erővel szemben azonos nagyságú N, N', T támasztóerők lépjenek fel. Ez akkor következik be, ha a C arányossági tényező értéke 1.

A fenti egyenlet alapján megszerkesztett $C = f\left(\frac{z}{d}, \alpha\right)$ függvényeket a **50.a. és b. ábrák** alapján elemezhetjük.

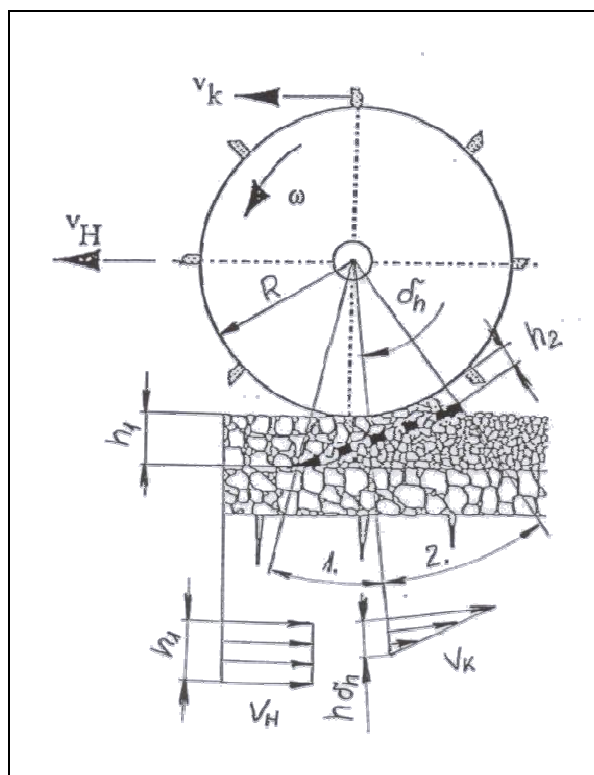
Az ábrából kiderül, hogy az azonos darabokra történő szétesést a növekvő $\frac{z}{d}$ arány, valamint a kis α szög segíti. Határesetek: $\alpha=0$ vízszintes törőrácsot, $z/d=0$ sima felületű (fogazatlan) hengert, $z/d=1$ a foggal teljesen átjárt aprítórést jelent az aprítás helyén, ami természetesen csak keresztirányban eltolt dob-törőrács fogazattal képzelhető el. Ez esetben viszont már térbeli modellel állunk szemben.



50.a. ábra A z/d arány hatása a rögaprózódásra

3.3.3. Áramlási- és sebességviszonyok

A h_1 magasságú résen v_H sebességgel belépő anyagnak feltételezéseink szerint először tömörödnie kell. A $v_K > v_H$ kerületi sebességgel forgó dob a vele érintkező anyagrészeket gyorsítja, a rács közelében viszont az anyag sebessége csökken (51. ábra).



1. Tömörítési zóna
2. Átesési zóna

51. ábra Sebességviszonyok szűkülő részben

A tömörítési zóna addig tart, amíg a rácsnál az anyag sebessége nullára csökken. Ez ugyanis az átesés feltétele. Tehát vehetjük úgy, hogy ebben a zónában nincs átesés, érvényes a kontinuitási törvény. A zóna végén a sebességeloszlás lineáris, az átlag(közép)sebesség

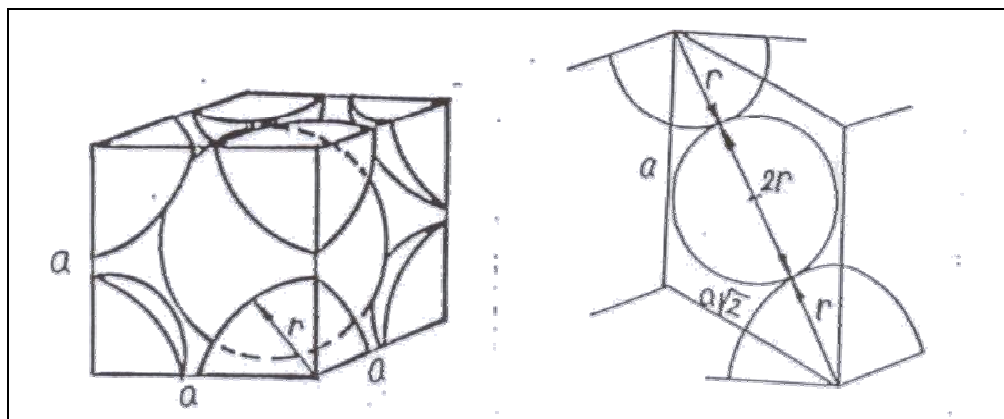
$$v_a = \frac{v_K}{2} . \quad [48]$$

A $\rho \cdot h_1 \cdot v_H = \rho_{\delta_h} \cdot h_{\delta_h} \cdot \frac{v_K}{2}$ kontinuitási egyenletből a sűrűség a tömörítési szakasz végén:

$$\rho_{\delta_h} = 2 \cdot \rho \cdot \frac{v_H}{v_K} \cdot \frac{h_1}{h_{\delta_h}} \quad [49]$$

A tömörödés lényegében az aprózódással következhet be, amelynek eredménye az anyag pórustérfogatának csökkenése.

A pórustérfogat meghatározásához az atomelméletből ismert térközepes rácsszerkezetet vettem alapul, feltételezve, hogy a h_1 résen belépő talaj azonos átmérőjű, gömb alakú rögökből áll (52. ábra).



52. ábra. Vázlat a pórustérfogat számításához

A 52. ábra alapján a pórustérfogat:

$$P = \frac{V - V_t}{V} \cdot 100 = \left(1 - \frac{V_t}{V}\right) \cdot 100 \quad [\%] \quad [50]$$

ahol $V = a^3$ – kocka térfogata

$V_t = \frac{8r^3 \cdot \pi}{3}$ a kockában elhelyezkedő talaj térfogata, és mivel

$$a = \frac{4}{\sqrt{3}} r, \text{ a behelyettesítés után}$$

$$P = \left(1 - \frac{\sqrt{3} \cdot \pi}{8}\right) \cdot 100 = 32\% \text{ adódik.} \quad [51]$$

Így a ρ_{δ_h} határsűrűség maximum $1,32 \rho$ lehet, ami megfelel a légmentes talajsűrűségnek. Ezzel a tömörítési zóna határán a résméret a behelyettesítés után

$$h_{\delta_h} = 1,5 \cdot h_1 \cdot \frac{v_H}{v_K}. \quad [52]$$

Az egyenlet szerint a tömörítéshez (illetve a működéshez) elvileg a $v_K \geq 1,5v_H$ kerületi sebesség szükséges. Az egyenletből az is világosan kitűnik, hogy a v_K növelésével a tömörítési/aprítási szakasz rövidül, így a kosár nagyobb ívén történhet meg az átesés.

A tömörítési/aprítási határig úgy vehetjük, hogy az átesés gyakorlatilag 0. A határpontig elvileg olyan mértékű aprózódásnak kell bekövetkezni, hogy ezt követően az átesés folyamatos, azaz mindig lennie kell a kosárfelülethez közel olyan rögrakciónak, amely a perforáción áteshet.

A v_a középsebességgel mozgó anyagáram a rés h_δ keresztmetszetében a határponton túl:

$$Q_r = \frac{v_K}{2} \cdot \rho_{\delta_h} \cdot h_\delta \quad [53]$$

Az eddig bekövetkezett átesés:

$$Q_a = \rho \cdot v_H \cdot h_1 - \frac{v_K}{2} \cdot \rho_{\delta_h} \cdot h_\delta \quad [54]$$

Helyettesítésekkel és egyszerűsítésekkel az áteső anyagáram:

$$Q_a = \rho \cdot v_H \cdot h_1 \left(1 - \frac{h_\delta}{h_{\delta_h}} \right) \quad [55]$$

A talaj sűrűségéről feltételeztük, hogy a résben a határpontot követően konstans ($\rho_{\delta_h} = \text{állandó}$). A valóságban nyilvánvalóan a sűrűség a rés mentén változik. A $\rho = f(\delta)$ sűrűségfüggvény felírásához induljunk ki abból, hogy a sűrűség helyi értéke fordítottan arányos a résmérettel és függ a kosár jellemzőitől. A kosár rácsellenállására írhatjuk, hogy

$$\eta = k \cdot \beta. \quad [56]$$

Ahol $k = \frac{A_e}{A_t}$, az eleven (A_e) és a teljes felület (A_t) aránya, a β tényezővel pedig a perforációs jellemzőket (méret, alak, stb.) vesszük figyelembe. (Mindkét tényező értéke maximum 1 lehet.)

Ezekkel a megfontolásokkal a sűrűségfüggvény a határpont után:

$$\rho_\delta = \rho_{\delta_h} \cdot \frac{h_{\delta_h}}{h_\delta} \cdot (1 - \eta) \quad [57]$$

h_{δ_h} értékét behelyettesítve a sűrűségfüggvény a kosár mentén:

$$\rho_\delta = 2 \cdot \rho \cdot \frac{v_H}{v_K} \cdot \frac{h_1}{h_\delta} \cdot (1 - \eta) \quad [58]$$

A sűrűségváltozás miatt a résben növekszik a nyomás és természetesen hat a gravitáció is. A sűrűségváltozás miatti nyomásnövekedés a h_δ tetszőleges keresztmetszetben:

$$\Delta p_{\delta} = \frac{1}{2} \Delta \rho \cdot v_a^2, \text{ ahol} \quad [59]$$

$$\Delta \rho = \rho_{\delta} - \rho = \rho \left(2 \frac{v_H}{v_K} \cdot \frac{h_1}{h_{\delta}} (1 - \eta) - 1 \right)$$

A gravitációból adódó sűrűségváltozástól most tekintsünk el. Ekkor azt mondhatjuk, hogy az anyag résben való haladásának feltétele:

$$p_t \geq \Delta p_{\delta}, \text{ azaz}$$

$$\frac{1}{2} \rho \cdot v_H^2 \geq \frac{1}{2} \rho \cdot \frac{v_K^2}{4} \left(2 \frac{v_H}{v_K} \cdot \frac{h_1}{h_{\delta}} (1 - \eta) - 1 \right) \quad [60]$$

h_1/h_{δ} -ra rendezve megkapjuk azt a résviszonyt, amely mellett az anyagmozgás (természetesen az igen leegyszerűsített feltételek mellett) folyamatos

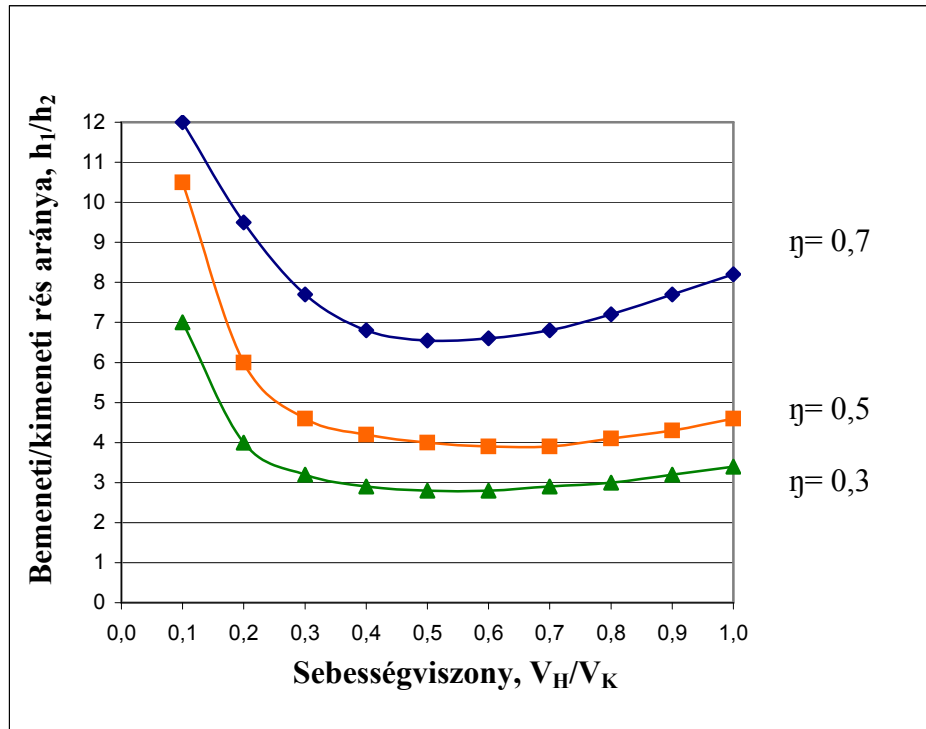
$$\frac{h_1}{h_2} \leq \frac{2c^2 + 0,5}{c(1 - \eta)} \quad [61]$$

ahol $c = \frac{v_H}{v_K}$ a sebességviszony, $c \leq 1$.

h_2 = a legkisebb megengedett résméret, azaz a kimenet.

Ha a rácsjellemzőket állandónak vesszük, megrajzolhatjuk a résfüggvényt (**53. ábra**).

Az ábrából leolvasható az a meglepő eredmény, hogy azonos feltételek mellett növelve a dob kerületi sebességét, a megengedhető szűkítési arány először csökken, majd a $c=0,5$ -ös arányt elérve, intenzíven növekszik. Hogy a rögök aprítása a porképződés megakadályozása miatt kíméletes legyen, nyilván c értékét nem szabad kicsire választani.



53. ábra. A bemeneti/kimeneti rés aránya különböző sebességviszonyoknál és rácsellenállás-értékeknél

3.3.4. Az aprítás energiaigénye

Az aprítás energiaigényét az 1.6.3. fejezetben már említett – a gabonafélék őrlésénél kidolgozott összefüggések figyelembevételével célszerű meghatározni.

BÖLÖNI I. et al. (1973) szerint a gabonaszemek kalapácsos darálóval történő aprításánál a teljesítményigény arányos az időegység alatt keletkező új felülettel. A teljesítményigényre kapott összefüggés:

$$P = v' \cdot \frac{dA}{dt} \quad [62]$$

ahol: v' – a fajlagos energiaigény (J/cm^2), amely méréssel meghatározható,

$\frac{dA}{dt}$ – az időegység alatt keletkező új felület

Esetünkben időegység alatt a henger egységnyi hossza mentén feldolgozott d_{jl} jellemző átmérőjű rögök száma ($h_1 > d_{jl}$ feltétellel):

$$n_1 = \frac{v_H \cdot h_1 \cdot P}{\frac{1}{6} d_{jl}^3}, \text{ ahol } P \text{ a pórustérfogat} \quad [63]$$

Ha az aprítás után a jellemző rögméret d_{j2} (és $d_{j2} < h_2$), a kapott új rögszám:

$$n_2 = \frac{v_H \cdot h_1 \cdot P}{\frac{1}{6} \cdot d_{j2}^3} \quad [64]$$

Az időegység alatt keletkező új felület:

$$\frac{dA}{dt} = A_2 - A_1 = \pi(n_2 d_{j2}^2 - n_1 d_{j1}^2) \quad [65]$$

Helyettesítésekkel:

$$\frac{dA}{dt} = 6 \cdot v_H \cdot h_1 \cdot P \left(\frac{1}{d_{j2}} - \frac{1}{d_{j1}} \right) \quad [66]$$

A teljesítményigény számításához fentiekén kívül ismernünk kell a fajlagos energiaigényt, amely a különböző talajokra, ill. a különböző jellemzőjű rögökre nem ismeretes. Kísérleti munkám egyik fő célját ebben jelöltem meg.

3.4. A rögfrakció vizsgálatok eredményei

A vizsgálatok eredményeit a 27., 28. és a 29. összegző táblázatban foglaltam össze. Az aprítás előtti és utáni talajállapotot jellemző rögméretek és a frakciónkénti tömegek alapján meghatároztam mintánként az aprózódás mértékét és az aprítás során létrejövő új felületet. E két jellemző a talajállapot minősítésére és az eszköz rögaprító munkájának értékelésére egyaránt alkalmas.

Az aprítás során létrejövő új felület a fajlagos energia meghatározásához is szükséges alapadat.

A 29. táblázat alapján megállapítható, hogy a kötöttségtől és a nedvességtartalomtól függően az aprózódás 2,5 - 4-szeres, sőt néhány esetben a négyszeres értéket is meghaladja. Különösen azoknál a talajmintáknál tapasztalható jelentős aprózódás, amelyeknél az aprítás előtt a 8 cm-nél nagyobb méretű rögök voltak túlsúlyban (IV/1. és IV/6. minta).

27. táblázat

Az aprítás előtti rögrakció vizsgálat eredményei

Minta sorszáma	Átmérő osztályok (cm) Frakciónkénti tömeg (kg)							Aprítás előtti összfelület A_0 (cm ²)
	$d_1 > 10$ m_1	$d_2 > 6$ m_2	$d_3 > 4$ m_3	$d_4 > 2$ m_4	$d_5 > 1$ m_5	$d_6 > 0,5$ m_6	$d_7 < 0,5$ m_7	
I/1	2,65	3	4,1	4	3	2	1,25	29798
I/2	1,9	3,75	2,75	5,7	3,9	1	1	26425
I/3	2,05	5,05	2,9	4	2,55	1,55	1,9	33797
I/4	4,5	3,6	3	3,75	3,4	1,1	0,65	21620
I/5	5,15	3,23	3,37	3,08	1,95	1,44	1,78	30897
I/6	0,8	2,5	3,6	4,9	3,1	3,5	1,5	37118
II/1	3,5	3,8	3,2	3,65	1,9	3,2	1,8	36856
II/2	2,8	0,9	0,95	2,3	6,5	5	1,5	43926
II/3	2,9	2,7	4,35	5,7	2,3	1,4	0,65	22438
II/4	3,2	2,3	1,7	2,15	3,1	4,5	3,05	52506
II/5	1,15	1,22	4,6	6,8	2,3	1,4	2,53	40692
II/6	0	0	5,9	6,6	2,5	1,6	3,4	49872
III/1	3,6	5,05	3,9	3	1,5	1,9	1,05	25067
III/2	3,35	1,35	3,1	3,4	3,8	3	2	40163
III/3	0,7	1,6	2,8	5	6,1	3,1	0,7	32364
III/4	4	4,1	4,15	3,4	2,75	0,7	0,9	22022
III/5	0,82	3,53	3,4	4,8	3,05	1,65	2,75	43271
III/6	5,7	2,45	2,65	3,4	2,5	2,5	0,8	25547
IV/1	4	5,05	3,8	3,7	1,2	1,5	0,75	21019
IV/2	3	3	3,8	4,05	2,85	2	1,3	30004
IV/3	3,85	4,3	3,85	3,85	2,15	1	1	23228
IV/4	4	3,3	3,3	2,6	3,2	2	1,6	32334
IV/5	1,6	1,9	1,5	3,4	5,3	4,6	1,7	43850
IV/6	3,7	5,9	3,9	3,45	2,35	0,35	0,35	15382
V/1	4	4,2	5,05	3,25	1,6	0,45	0,45	15404
V/2	2	4	1,5	4,2	4,2	2,1	2	38320
V/3	3,85	4,2	3,6	3,3	2,1	2	0,95	25278
V/4	1,3	3,05	3,85	3,8	3,45	3,95	0,6	29983
V/5	4	4,5	3,2	3,7	2,3	2	1,3	29206
V/6	3,15	3,4	5	3	2,1	2	1,4	29650

28. táblázat

Az aprítás utáni rögfrakció vizsgálat eredményei

Minta sorszama	Átmérő osztályok (cm) Frakciónkénti tömeg (kg)							Aprítás utáni összfelület A_0' (cm ²)
	$d_1' > 10$ m_1'	$d_2' > 6$ m_2'	$d_3' > 4$ m_3'	$d_4' > 2$ m_4'	$d_5' > 1$ m_5'	$d_6' > 0,5$ m_6'	$d_7' < 0,5$ m_7'	
I/1	0	1,15	0,8	2,35	5,45	3,2	7,05	89249
I/2	0	0,6	0,75	2,2	5,9	3,6	6,95	89980
I/3	0	0,45	1,1	1,7	2,95	4,55	7,25	90903
I/4	0	2,65	1,85	2,75	3,6	2,1	7,05	84043
I/5	0	0,4	0,55	1,8	3,4	5,1	8,75	107584
I/6	0	0	0,7	1,5	3,3	3,75	10,75	122016
II/1	0	0,45	1,05	3,45	4	3,9	7,15	90919
II/2	0	0	0,2	0,85	4,9	5,8	8,25	106376
II/3	0	1,2	1,85	1,75	3,6	5,3	6,3	85848
II/4	0	0,4	0,1	1,4	2,95	5,8	9,35	114328
II/5	0	0	0,95	3,05	4,1	3,3	8,6	102576
II/6	0	0	0,75	2,25	3,45	3,6	9,95	114720
III/1	0	1,1	2,15	3,2	3,6	1,95	8	92722
III/2	0	1,3	1,45	2,3	4,7	5,1	5,25	77166
III/3	0	0	0,6	2,25	4,6	7,1	5,45	84488
III/4	0	2,6	2,3	2,05	3,6	2,75	6,7	82404
III/5	0	0,7	1,65	3,1	3,9	3,4	7,25	90202
III/6	0	0,5	1,3	2,3	4,05	4,55	7,3	93734
IV/1	0	2,2	1,65	3	3,3	2,3	7,55	88972
IV/2	0	1,45	1,35	3,55	4	4,2	5,45	76083
IV/3	0	1,2	1,3	4,55	3,95	2,9	6,1	78784
IV/4	0	0	1,6	2,65	4,15	6,3	5,3	80568
IV/5	0	0,3	0,8	0,7	2,9	6,1	9,2	113514
IV/6	0	1,15	2,6	3,65	2,65	3,5	6,45	81873
V/1	0	2	1,6	4,15	5	2,9	4,35	63728
V/2	0	0,65	0,4	1,8	7,6	4	5,55	80067
V/3	0	0,9	1,6	2,7	3,3	5,5	6	83678
V/4	0	0,9	0,85	2,05	3,9	5,55	6,75	91118
V/5	0	0,5	2,1	3,6	3,2	3,7	6,9	87238
V/6	0	0,6	2,45	3,65	3,7	4,95	4,75	71636

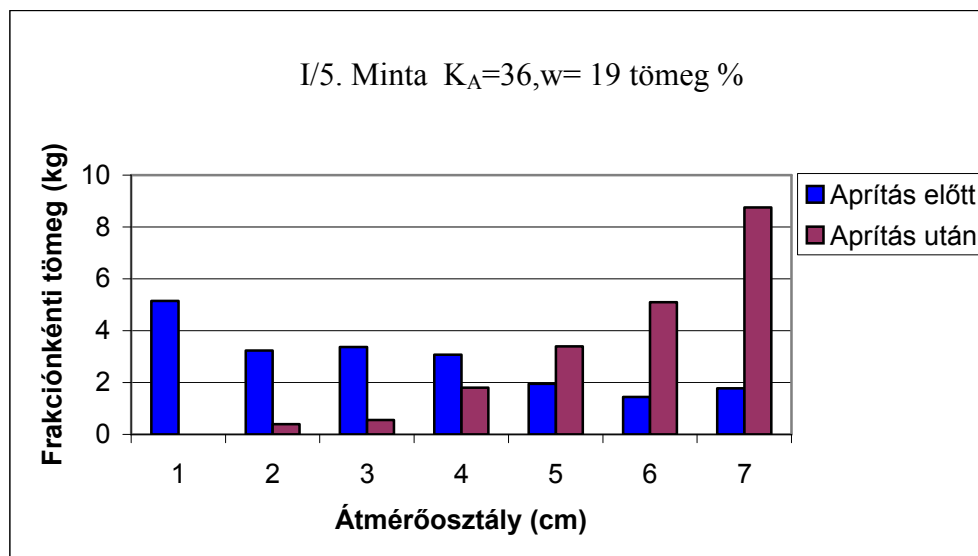
29. táblázat

A rögrakció vizsgálatok összesített eredményei

Minták száma	Kötöttség- átlag	Nedvesség- tartalom	Aprítás előtti összfelület A_0 (cm ²)	Aprítás utáni összfelület A_0' (cm ²)	Új felület A_u (cm ²)	Aprózódás A_0'/A_0 (-)
	K_A (-)	w (tömeg %)				
I/1	36	5	29798	89249	5,94	2,99
I/2		10	26425	89980	6,35	3,40
I/3		13	33797	90903	5,71	2,68
I/4		16	21620	84043	6,24	3,88
I/5		19	30897	107584	7,66	3,48
I/6		22	37118	122016	8,48	3,28
II/1	42	5	36856	90919	5,4	2,46
II/2		10	43926	106376	6,24	2,42
II/3		13	22438	85848	6,34	3,82
II/4		16	52506	114328	6,18	2,17
II/5		19	40692	102576	6,18	2,52
II/6		22	49872	114720	6,48	2,3
III/1	46	5	25067	92722	6,76	3,69
III/2		10	40163	77166	3,70	1,92
III/3		13	32364	84488	5,21	2,60
III/4		16	22022	82404	6,03	3,74
III/5		19	43271	90202	4,69	2,08
III/6		22	25547	93734	6,81	3,66
IV/1	48	5	21019	88972	6,79	4,23
IV/2		10	30004	76083	4,60	2,53
IV/3		13	23228	78784	5,56	3,39
IV/4		16	32334	80568	4,82	2,49
IV/5		19	43850	113514	6,96	2,58
IV/6		22	15382	81873	6,65	5,30
V/1	52	5	15404	63728	4,83	4,13
V/2		10	38320	80067	4,17	2,08
V/3		13	25278	83678	5,84	3,3
V/4		16	29983	91118	6,11	3,03
V/5		19	29206	87238	5,8	2,98
V/6		22	29650	71636	4,19	2,41

A **28. táblázatban** a 10 cm-nél nagyobb frakcióknál az értékek rendre nullák, tehát az aprítás után 10 cm-nél nagyobb rögök nem maradtak, sőt a 4 cm-nél nagyobb frakciók mennyisége is láthatóan lecsökkent minden talajmintánál.

A felületnövekedéssel (aprózódással) az egyes frakciók aránya jelentősen megváltozott. Az aprítás előtt a 4 cm-nél nagyobb frakciók voltak túlsúlyban minden talajmintánál, az aprítás után ez az arány a 2 cm-nél kisebb frakciók irányába tolódott el (**54. ábra**).



54. ábra Rögfrakciók eloszlásának változása az aprítás során

Mindezek azt bizonyítják, hogy a kényszeraprítás elve és a kényszeraprítás elvén működő kísérleti eszköz funkcionálisan megfelel az elvárásoknak. A mérések során beállított konstrukciós jellemzőkkel elért aprózódás minden talajmintánál elfogadható értékű. Az aprózódást a talajállapot (kötöttség, nedvességtartalom, rögstruktúra) ugyan befolyásolja, de az aprózódás mértéke - a kísérleti eszköz beállítási jellemzőinek megváltoztatásával – tovább növelhető, vagy csökkenthető az igényeknek megfelelően. Az aprítási folyamat így szabályozhatóvá és irányíthatóvá válik, ami a növények magágy igényének megfelelő talajállapot létrehozását teszi lehetővé.

3.5. Energetikai vizsgálatok eredményei

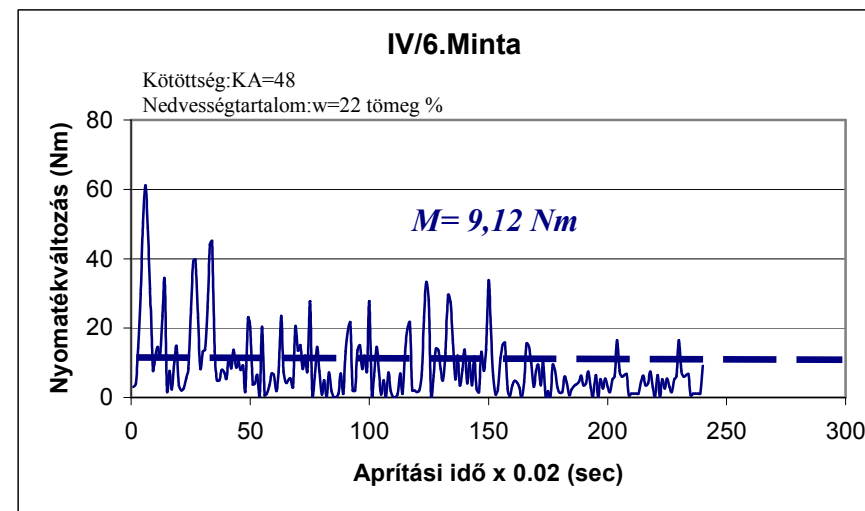
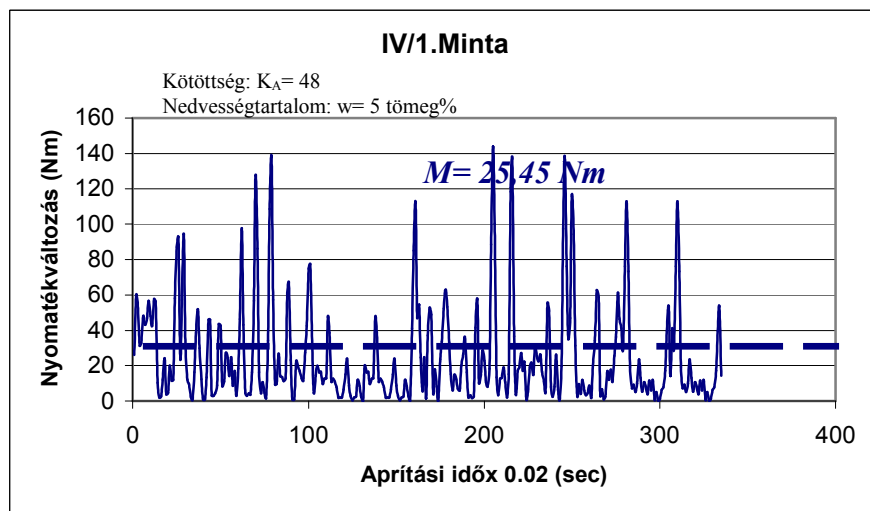
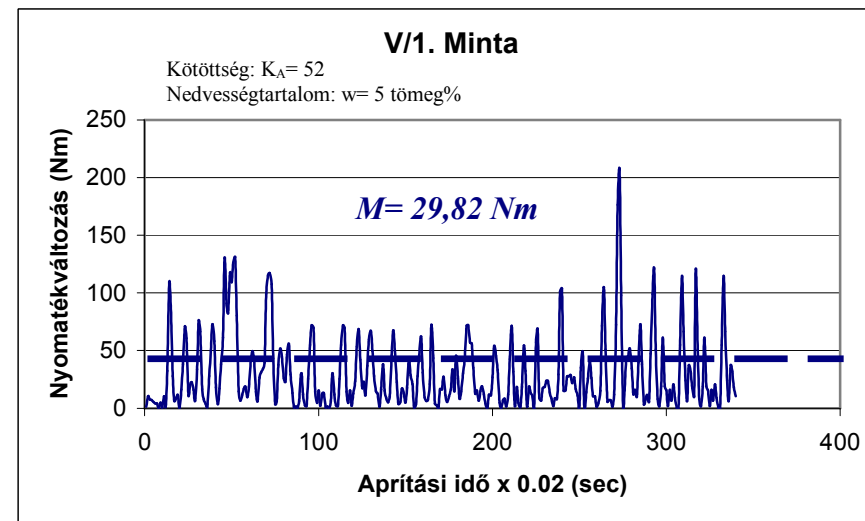
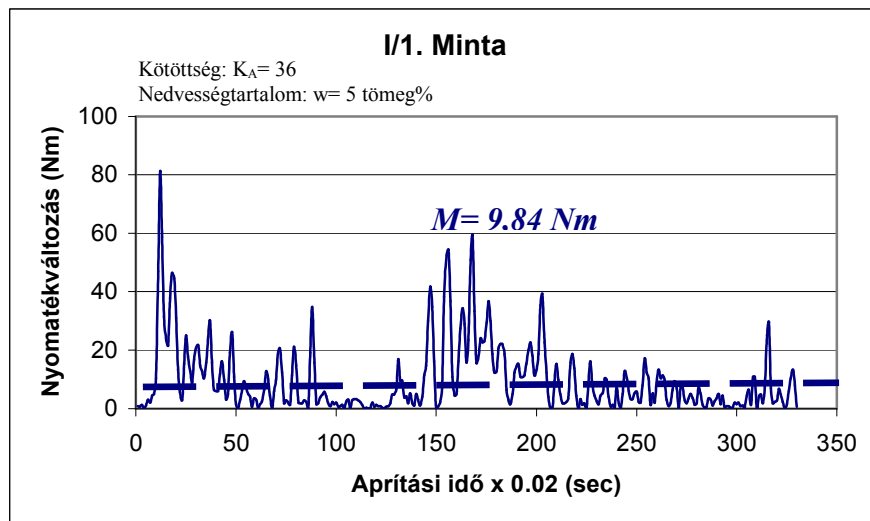
A talajminták aprítása után a nyomatékidő diagramokat értékeltem számítógép segítségével. A feldolgozás eredményeit a **30. táblázatban** foglaltam össze.

30. táblázat

Az energetikai vizsgálatok eredményei

Minták száma	Kötöttség- átlag $K_A (-)$	Nedvesség- tartalom w (tömeg %)	Nyomaték- átlag $\bar{M}$ (Nm)	Fordulat- számátlag $\bar{n}_m$ (1/min)	Aprítási idő Δt (s)	Aprítási energia E (J)
I/1	36	5	9.84	1406.45	6.62	684.95
I/2		10	17.26	1386.85	4	715.83
I/3		13	8.43	1417.02	4.16	371.52
I/4		16	9.06	1411.93	3.2	306.04
I/5		19	10.4	1413.21	2.78	305.47
I/6		22	6.39	1415.42	4.64	313.75
II/1	42	5	12.67	1404.76	7.08	942.09
II/2		10	16.57	1405.31	5.92	1030.62
II/3		13	10.63	1403.01	5.24	584.26
II/4		16	8.35	1414.97	5.46	482.29
II/5		19	12.23	1406.98	3.16	406.52
II/6		22	7.39	1417.87	4	313.34
III/1	46	5	23.99	1401.8	5.26	1322.46
III/2		10	13.58	1407.26	4.32	617.22
III/3		13	11.89	1410.6	4.6	576.80
III/4		16	15.54	1404.78	4.04	659.36
III/5		19	11.09	1410.07	2.58	301.63
III/6		22	10.4	1413.11	3.4	373.57
IV/1	48	5	25.45	1389.42	6.7	1771.24
IV/2		10	12.94	1408.16	7.14	972.67
IV/3		13	14.04	1403.86	5.06	745.63
IV/4		16	12.75	1411.05	4.08	548.77
IV/5		19	13.47	1414.86	4.18	595.58
IV/6		22	9.12	1420.16	4.78	462.85
V/1	52	5	29.82	1379.76	6.8	2091.71
V/2		10	14.38	1410.06	7.4	1121.78
V/3		13	19.52	1402.17	5.18	1059.96
V/4		16	12.53	1416.78	6.94	921.07
V/5		19	9.92	1420.71	5.16	543.68
V/6		22	8.95	1423.78	3.72	354.40

A **55. ábrán** bemutatott diagramok az aprítási folyamat során lejátszódó nyomatékváltozást mutatják az idő függvényében, 50 Hz jelfrekvenciával.



55. ábra Különböző kötöttségű és nedvességtartalmú talajminták nyomaték-idő diagramjai

Az itt bemutatott diagramokon jól látható, hogy azonos nedvességtartalom mellett a kötöttebb (rögösebb) talajminta ($K_A = 52$) aprítása során nagy nyomatékcsúcsok alakulnak ki, így a nyomatékátlag is nagyobb, mint a kisebb kötöttségű mintánál ($K_A = 36$). Azonos kötöttségű mintáknál a kisebb nedvességtartalmú ($w=5$ tömeg %) esetén tapasztalható nagyobb nyomaték, így természetesen ennél a mintánál nagyobb az aprításhoz szükséges energia is.

A vizsgálatok során meghatároztam minden talajmintára az aprítás fajlagos igényét (E_f) is, ami az egységnyi új felület létrehozásához szükséges energiát jelenti (**31. táblázat**).

A fajlagos energia változását a kötöttség és a nedvességtartalom függvényében vizsgáltam. Az irodalmi adatok ugyanis azt bizonyították, hogy a rögösödést, ill. a talajelmunkáló eszközök rögaprító hatását e két paraméter nagymértékben befolyásolja.

31. táblázat

Az energetikai vizsgálatok összesített eredményei

Minta sorszáma	Kötöttség-átlag $K_A(-)$	Nedvesség-tartalom W (%)	Új felület $A_u (m^2)$	Energia E (J)	Fajlagos energia $E_f(J/m^2)$
I/1	36	5	5,94	684,94	115,31
I/2		10	6,35	715,83	112,73
I/3		13	5,71	371,52	65,06
I/4		16	6,24	306,04	49,04
I/5		19	7,66	305,47	39,88
I/6		22	8,48	313,75	37,00
II/1	42	5	5,4	942,09	174,46
II/2		10	6,24	1030,62	165,16
II/3		13	6,34	584,26	92,15
II/4		16	6,18	482,29	78,04
II/5		19	6,18	406,52	65,78
II/6		22	6,48	313,34	48,36
III/1	46	5	6,76	1322,46	195,63
III/2		10	3,70	617,22	166,82
III/3		13	5,21	576,80	110,71
III/4		16	6,03	659,36	109,35
III/5		19	4,69	301,63	64,31
III/6		22	6,81	373,57	54,86
IV/1	48	5	6,79	1771,24	260,86
IV/2		10	4,60	972,67	211,45
IV/3		13	5,56	745,63	134,11
IV/4		16	4,82	548,77	113,85
IV/5		19	6,96	595,58	85,57
IV/6		22	6,65	462,85	69,60
V/1	52	5	4,83	2091,71	433,07
V/2		10	4,17	1121,78	269,01
V/3		13	5,84	1059,96	181,50
V/4		16	6,11	921,07	150,75
V/5		19	5,8	543,68	93,74
V/6		22	4,19	354,40	84,58

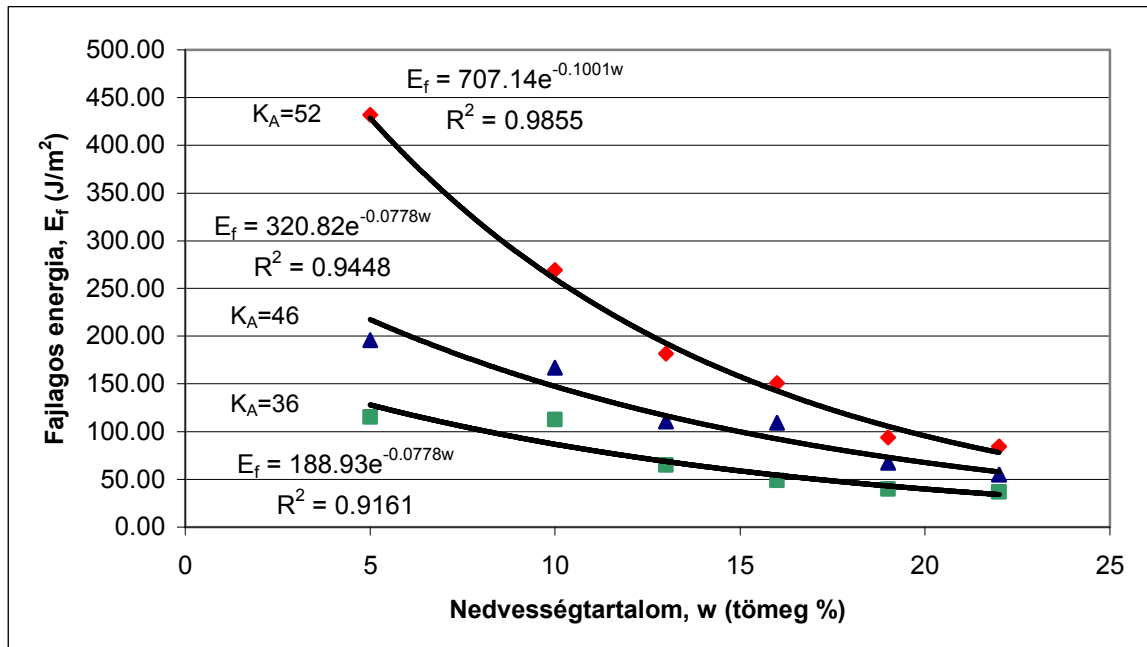
3.5.1. A fajlagos energia és a nedvességtartalom közötti összefüggés vizsgálata

Az energetikai mérések eredményeinek értékelése során a fajlagos energia és a nedvességtartalom között igen szoros, pozitív összefüggést találtam. A két változó regressziós kapcsolata exponenciális függvénnyel írható le. A **determinációs** együttható (R^2) értéke 0,91 és 0,99 közé esett a talaj kötöttségétől függően. Legszerosabb az összefüggés a $K_A = 52$ kötöttségű mintánál ($R^2 = 0,9855$), ahol 5 tömeg

% nedvességtartalom-csökkenés megközelítőleg 100 J/m^2 fajlagos energia növekedést okoz.

Ugyanilyen nedvességtartalom-csökkenés $K_A = 46$ kötöttségnél $\approx 50 \text{ J/m}^2$, a legkisebb vizsgált talajkötöttségnél ($K_A = 36$) csupán 30 J/m^2 fajlagos energianövekedést okoz.

A diagramok jól mutatják, hogy a nedvességtartalom növekedésével minden talajmintánál javulnak az aprózódás feltételei, így az aprítás fajlagos energiaigénye is kedvezőbben alakul (56. ábra).



56. ábra A fajlagos energia változása a nedvességtartalom függvényébe különböző kötöttségeknél

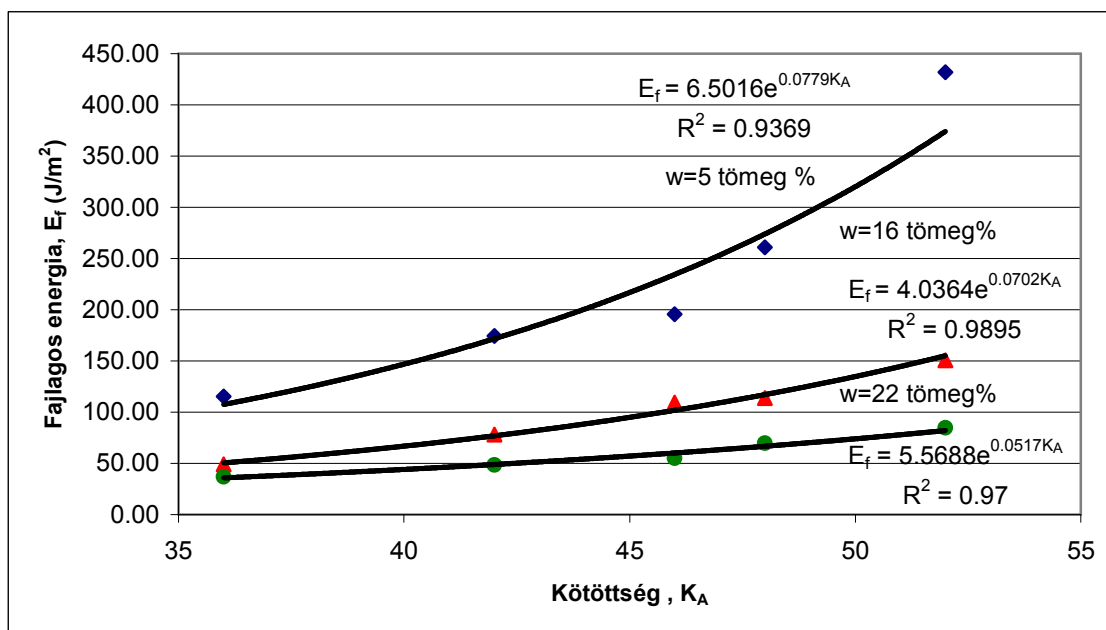
3.5.2. A fajlagos energia és a kötöttség közötti összefüggés vizsgálata

A vizsgálati eredmények alapján ebben az esetben is igen szoros pozitív összefüggést találtam a két változó között. A regressziós egyenlet szintén exponenciális, a determinációs együttható (R^2) értéke 0,93 és 0,99 közé esett a talajminták nedvességtartalmától függően.

Legszorosabb illeszkedés a $w=16$ tömeg % nedvességtartalom mellett tapasztalható, itt a determinációs együttható értéke megközelítőleg 1, ami lineáris kapcsolatot feltételez a vizsgált paraméterek között.

A lineáris regressziót alkalmazva a determinációs együttható $R^2 = 0,9814$, ami alátámasztja a fenti feltételezést.

A diagramok alapján az is megállapítható, hogy a kötöttség növekedésével minden nedvességtartalomnál nő a fajlagos energiaigény, a növekedés üteme a legkisebb nedvességtartalmú ($w=5$ tömeg %) mintánál a legintenzívebb (57. ábra).

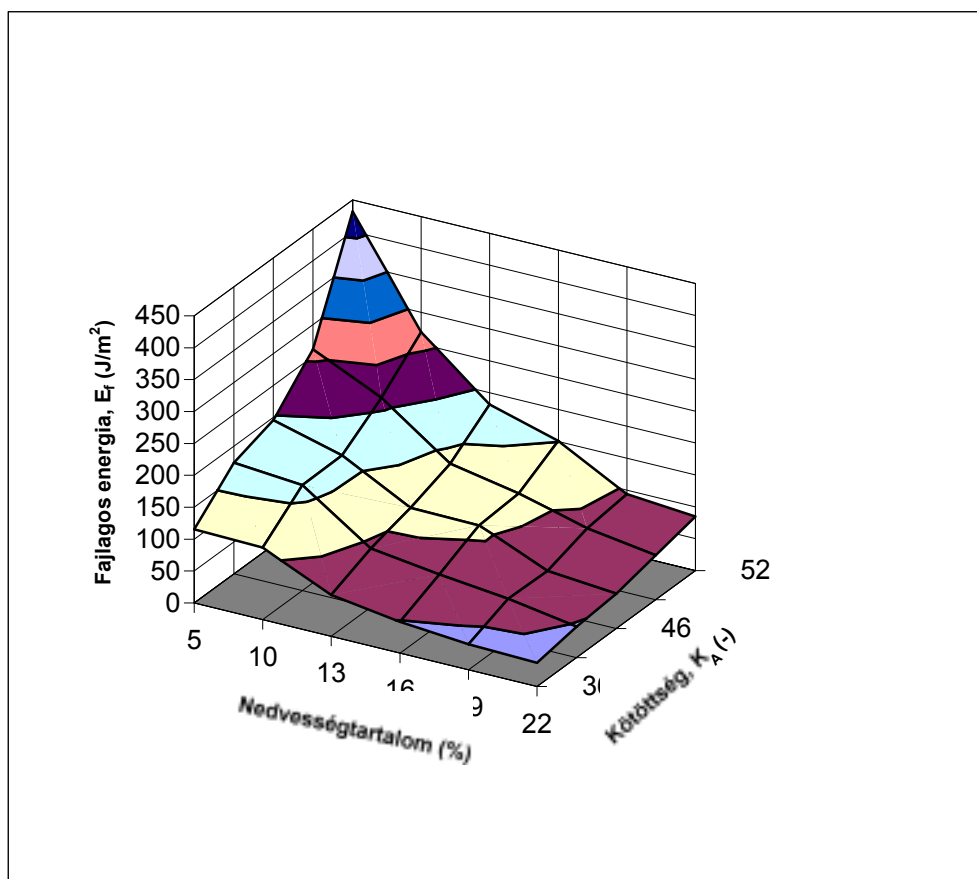


57. ábra A fajlagos energia változása a kötöttség függvényében különböző nedvességtartalmaknál

3.5.3. A fajlagos energia, a kötöttség és a nedvességtartalom együttes értékelése

Az előző fejezetekben megállapítást nyert, hogy a fajlagos energiát a talaj kötöttsége és nedvességtartalma egyaránt erősen befolyásolja. A két független változó együttes hatását az 58. ábrán bemutatott térbeli diagram szemlélteti, amelyről leolvashatók különböző talajkötöttségeknél és nedvességtartalmaknál a fajlagos energia aktuális értékei.

Az együttes hatás vizsgálatára többszörös lineáris regressziót végeztem, melynek eredményeként a következő két független változós lineáris egyenlet írható fel:



58. ábra A fajlagos energia változása a kötöttség és a nedvességtartalom függvényében

$$E_f = 7,76871 \cdot K_A - 10,90907 \cdot w - 65,67066 \quad [67]$$

ahol: E_f – a rögaprítás fajlagos energiaigénye (J/m^2)

K_A – a talaj Arany-féle kötöttsége

W – a talaj nedvességtartalma (tömeg %)

A többszörös determinációs együttható értéke:

$$R^2 = 0,802154$$

A többszörös korrelációs együttható, a $R = \sqrt{R^2}$ összefüggés alapján $R = 0,8956$, ami azt fejezi ki, hogy a fajlagos energia szoros összefüggésben van a két független változó (a kötöttség és a nedvességtartalom) együttes hatásával.

A szignifikancia vizsgálatához elkészítettem a regresszióanalízis varianciatáblázatát (32. táblázat).

32. táblázat

A többszörös regresszióanalízis varianciatáblázata

Tényező	SQ	FG	MQ	F
Összes	208733,21	29,00	-	-
Regresszió	167436,22	2,00	83718,11	54,73
Eltérés	41296,99	27,00	1529,52	-

A felírt összefüggés, és egyben a többszörös korrelációs együttható statisztikai próbáját a $R = 0$ nullhipotézissel szemben a regresszióanalízis F-próbája adja. Esetünkben az $F = 54,73$ értéke nagyobb, mint a táblázati $F_{0,1\%} = 9,02$ érték.

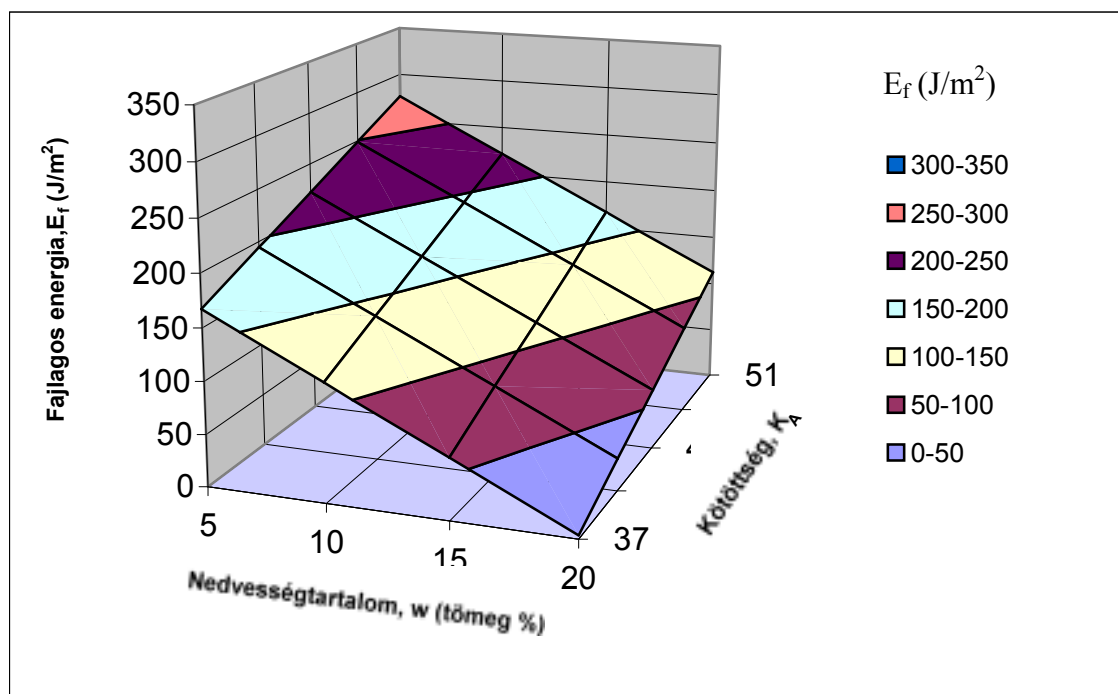
Tehát az összefüggés $P = 0,1\%$ -os szinten szignifikáns.

A két független változó relatív hatását a regressziós együtthatók standardizálásával határoztam meg. A két standardizált regressziós együttható hányadosa (előjel nélkül és a nagyobb érték osztva a kisebbel) mutatja a két paraméter relatív hatását.

Ez a hányados a számításokat elvégezve 1,45 értékű, ami azt jelenti, hogy a nedvességtartalom változásának hatása közel 1,5-szer nagyobb, mint a kötöttségé.

A regressziós egyenlet a fajlagos energia és a kötöttség, valamint a fajlagos energia és a nedvességtartalom között lineáris összefüggést feltételez, azzal a feltétellel, hogy a két független változó hatása összeadódik és nem befolyásolják egymást.

Ha a függő változó (fajlagos energia) és a két független változó összetartozó értékeit térbeli koordináta-rendszerben ábrázoljuk, akkor egy sík felületet kapunk a vizsgált tartományon belül (59. ábra).



59. ábra Két független változós lineáris hatásfelület a $K_A = 37-51$ kötöttség- és a $w = 5-20$ tömeg % nedvességtartalom-tartományokban

A regressziós egyenletből kiszámított fajlagos energia értékek közül csak a nullánál nagyobbak értelmezhetők, tehát meg kell keresni azt a maximális nedvességtartalmat és minimális kötöttséget, ahol a fajlagos energia még pozitív.

A függvény vizsgálatot elvégezve ez a feltétel:

$$w_{\max} = 21 \text{ tömeg \% és a}$$

$$K_{A \min} = 37 \text{ összetartozó értékeinél teljesül.}$$

Az ettől eltérő eredeti tartományon kívül eső értékek behelyettesítését (extrapolálás) lehetőleg kerülni kell (SVÁB, 1981).

4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az irodalmi adatok és a korábbi vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a talajok rögzödése a választott talajművelési eljárástól függetlenül bárhol bekövetkezhet, ahol a szélsőséges talaj- és időjárási viszonyok hatása külön-külön, vagy együttesen érvényesül. Ezt a káros hatást tovább fokozhatja a gazdálkodó, a talajállapothoz nem igazodó, helytelenül megválasztott talajművelési eljárás, illetve technika alkalmazásával.

A rögzödés a talajelőkészítés során bármely műveletnél (tarlóhántás, alpművelés, magágykészítés) bekövetkezhet, ha nem vesszük figyelembe a talaj pillanatnyi fizikai állapotát. A legfontosabb és a művelés szempontjából elsődleges befolyásoló tényező a talaj nedvességtartalma. Minden talajművelési eljárásra meghatározható az az optimális talajnedvesség-tartomány, ahol a művelés a legjobb minőségben elvégezhető. Az elmunkálás szempontjából optimális nedvességtartomány intervallumát elsősorban a talaj kötöttsége, azaz az agyagtartalma határozza meg.

A választott agrotechnikának tehát igazodnia kell a talaj nedvességtartalmához és kötöttségéhez, ellenkező esetben számolni kell a művelési hibákkal. A művelési hibák jelentős része a talaj káros tömörödésével, illetve a talaj elkenésével, gyúrásával jár. Az így létrehozott talajállapot a rögzödéshez kedvező feltételeket teremt. A károsan tömörödött, kiszáradt, vagy túl nedves talajokon az alpművelés során olyan rögzstruktúra alakulhat ki, melynek elmunkálása a rendelkezésre álló elmunkáló eszközökkel csak több menetben, nagy energiabefektetéssel végezhető el.

A szántáselmunkáló és magágykészítő eszközök feladata az alpművelés során kialakult aggregátumos felszíni réteg lazítása, aprítása és a felszín alatti réteg tömörítése a termesztett növény magágyigényének megfelelően. Az egyes elmunkáló gépek általában abban különböznek egymástól, hogy milyen szerszámmal, vagy szerszámkombinációval felelnek meg a felsorolt funkcióknak, illetve milyen fizikai főhatások érvényesülnek az elmunkálás során.

A hagyományos eszközökkel a rögaprózódást három fizikai főhatással (nyírással, nyomással, ütközéssel), illetve ezek kombinációival érhetjük el.

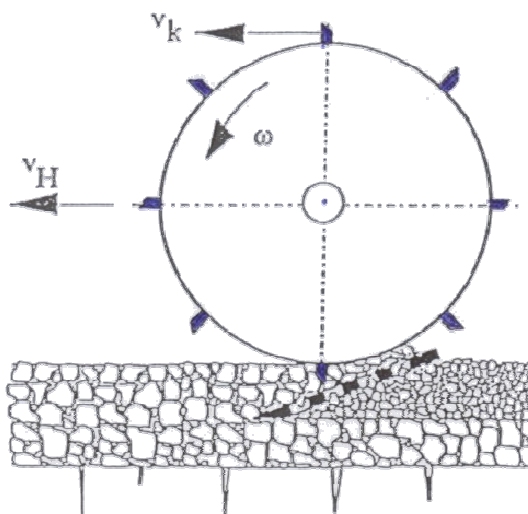
A művelőeszköz és a rögek fizikai kölcsönhatásait vizsgálva, megállapítható, hogy a rögaprító hatás (különösen kötött talajokon) a talajnedvesség csökkenésével rohamosan romlik, az aprításhoz jelentős járulékos energia szükséges, ami a rendszerint felesleges talajtömörödésre (deformációra) és helyváltoztatásra fordítódik.

A kényszeraprítás elve egy lehetőség a járulékos energia számottevő csökkentésére és az aprózódás feltételeinek javítására. A vizsgálati eredmények azt bizonyították, hogy a kényszeraprítás elvén működő kísérleti eszköz megfelel az elvárásoknak.

A módszer és az eszköz abban áll, hogy az eddig alkalmazott elmunkálóeszközökkel ellentétben a művelés mélységében jól szabályozható, irányított rög/morzsa-struktúrát képes létrehozni.

Reményeink szerint a kényszeraprítás alkalmazásával egy menetben garantált minőségű ún. „precíziós” magágy készíthető a termesztett növény igényeinek megfelelően.

Az elmunkáló-vetőágy készítő eszköz egy javasolt szerkezeti vázlatát, működési elvét az 60. ábrán mutatom be.



60. ábra A kényszeraprítás elvén működő eszköz működési vázlatja

A működési vázlat szerint a törőhenger (aprítódob) a talajfelszínen gördül és a törőrács által megemelt és az aprító csatornába vezetett talajréteget átmozsolja a törőrács résein, illetve addig aprítja, amíg az aprózódott talajrészecskék a végén elhagyják az aprítócsatornát.

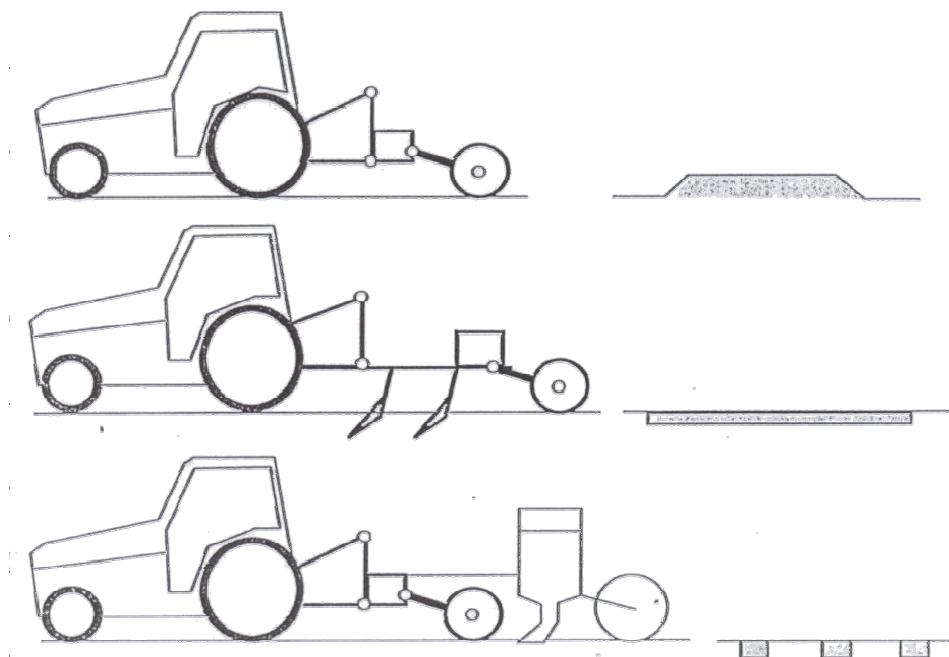
Az aprítódob és a törőrács kiviteli alakja, az összeépítés módja és a hajtáselemek megválasztása igen változatos lehet, a további esetleges fejlesztőmunka során kialakíthatók a legelőnyösebb megoldások.

Az egyenletes anyagáram szempontjából fontos követelmény, hogy az aprítódob fordulatszáma a haladási sebességhez igazodjék úgy, hogy a kerületi sebesség és a haladási sebesség viszonya nagyobb legyen 1-nél.

Az előzőekben bemutatott talajművelő eszköz elméletileg bizonyos korlátokkal és átalakításokkal alkalmas lehet a következő talajművelési feladatok elvégzésére:

- Önálló magágykészítő eszközként, kis munkaszélességben (max. 2-2,5 m) szántóföldi használatra, precíziós vetőágyat igénylő esetekben (pl. szántóföldi zöldségtermesztés).
- Alapművelő eszközhöz (pl. nehézkultivátorhoz) kapcsolva jó kultúrállapotú talajon egymenetes magágykészítésre.
- Szemenkéntvető géphez kapcsolva kis munkaszélességben. Ebben az esetben az alapművelést követően elmaradhat a teljes területre kiterjedő magágykészítés. A vetőágy csak a növény sorokban készül el precíziós kivitelben, a sorközök felülete durván megmunkált (de lezárt) maradhat. Ezzel a gépkapcsolással jelentős művelési költség takarítható meg és elkerülhető talajok túlművelése. Az egyes variációkat az

61. ábra szemlélteti.



61. ábra A művelőeszköz javasolt felhasználási területei

Az alkalmazások köre természetesen ennél bővebb is lehet, mint ahogy igen változatosak lehetnek az aprítóeszköz egyes elemeinek kiviteli alakjai és méretei. Ezeket a paramétereket a talaj állapotának (kötöttség, nedvességtartalom, stb.), a gépkapcsolási céloknak és a termesztett növény magágyigényének megfelelően kell a tervezés során meghatározni.

A kutatómunka eredményeként kapott rögaprítás-energetikai adatok mindenesetre segítik a kényszeraprítás elvének esetleges gyakorlati alkalmazását, amely bizonyos esetekben a hagyományos elmunkáló-magágykészítő eszközöknek alternatívája lehet.

5. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A kutatómunka első lépéseként meghatároztam különböző nedvességtartalmú és kötöttségű talajrögök törési energiáját az őszi magágykészítést követő talajállapotot jól reprezentáló 50 mm jellemző átmérőjű rögökre. A regresszióanalízis eredményeként a törési energia és a nedvességtartalom között igen szoros pozitív összefüggést találtam minden vizsgált kötöttségnél. A két változó regressziós kapcsolata hatványfüggvénnyel írható le a következő alakban:

$$E = a \cdot w^{-b} \quad R^2 > 0,91$$

ahol: E - a törési energia (J)

w – a talaj nedvességtartalma (tömeg %)

A determinációs együttható (R^2) értéke minden talajkötöttségnél nagyobb, mint 0,91, ami igen szoros illeszkedést mutat a vizsgált paraméterek között.

2. Részletesen elemeztem a kényszeraprítás elvét egy olyan eszközre, ahol a rögaprítást egy forgó aktív elem (törőhenger) és egy passzív támasztó elem (törőrács) végzi.

A vizsgálatok során a következő elméleti összefüggéseket és javaslatokat dolgoztam ki:

- A rögaprózódást és az egyenletes anyagáramot az aprító dob és a törőrács fogazásával (kényszertovábbítással) célszerű kikényszeríteni.
- Az aprítócsatorna (rés- és fogazatgeometria) kialakítása döntően befolyásolja az aprítás minőségét, az aprítás utáni rögfrakciók eloszlását.
- Az erő- és aprítási viszonyokat meghatározó konstrukciós tényezők között a következő összefüggést írtam fel:

$$C = \frac{\sqrt{\frac{z}{d}} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} - \sqrt{1 - \frac{z}{d}} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{\sqrt{\frac{z}{d}} \cos \frac{\alpha}{2} + \sqrt{1 - \frac{z}{d}} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}$$

ahol: C - arányossági tényező (C=1-nél az aprózódás egyenletessége a legkedvezőbb)

z/d – a fogmagasság és a rögátmérő aránya

α - a törőrács szöge

- A sebességviszony (v_D/v_H) értékét az anyagáram és a rögaprózódás igényeinek megfelelően kell megválasztani, úgy, hogy az aprítás kíméletes legyen, ne okozzon jelentős porosodást. A javasolt sebességviszony érték: $v_D/v_H \approx 1,2$.

3. Az elméleti összefüggések és a tervezési alapadatok ismeretében olyan kísérleti berendezést készítettem, amely alkalmas különböző kötöttségű és nedvességtartalmú, rögös szerkezetű talajok aprítási energiájának meghatározására talajmintaként $m = 10$ kg-os tömegben. A kényszeraprítás elvét megvalósító kísérleti eszköz és a beépített mérés technika az aprítási folyamat tiszta energiaigényének pontos meghatározását teszi lehetővé.
4. Vizsgálatokat végeztem különböző kötöttségű és nedvességtartalmú talajminták aprítási energiájának és az aprítás fajlagos energiaigényének meghatározására. A fajlagos energia az aprítás során az egységnyi új felület létrehozásához szükséges tiszta energiát jelenti, azaz:

$$E_f = \frac{E}{A_u} \left(\frac{J}{m^2} \right)$$

ahol: A_u – az aprítás során létrehozott új felület, melyet a rögfrakció vizsgálatokból határoztam meg.

5. A vizsgálati eredmények alapján regresszióanalízist végeztem a vizsgált paraméterek közötti összefüggés meghatározására. A fajlagos energia-nedvességtartalom függvény exponenciális egyenlettel közelíthető minden vizsgált kötöttségnél.

Az egyenlet alakja:

$$E_f = a \cdot c^{-c \cdot w} \quad R^2 > 0,91$$

A fajlagos energia és a talaj kötöttsége között hasonlóan szoros pozitív összefüggést találtam. A regresszió egyenlet ebben az esetben is exponenciális függvénnyel írható le:

$$E_f = a \cdot e^{c \cdot K_A} \quad R^2 > 0,93$$

A determinációs együttható (R^2) értéke mindkét esetben nagyobb, mint 0,9, ami a fajlagos energiaigény és a vizsgált talajfizikai jellemzők közötti összefüggés szorosságát igazolja.

6. A talaj kötöttségének és nedvességtartalmának együttes hatását a fajlagos aprítási energiaigényre többszörös lineáris regresszióvizsgálattal bizonyítottam. A két független változós lineáris egyenlet a következőképpen írható fel:

$$E_f = 7,77 \cdot K_A - 10,9 w - 65,67$$

ahol: E_f – a rögaprítás fajlagos energiaigénye ($-J/m^2$)

K_A – a talaj kötöttsége

w – a talaj nedvességtartalma (tömeg %)

A többszörös korrelációs együttható értéke $R = 0,89$, ami $P = 0,1$ %-os szinten szignifikáns kapcsolatot jelent a vizsgált kötöttség- és nedvességtartalom tartományban.

Megállapítottam, hogy a regressziós állandók aránya $\left(\frac{10,9}{7,77} \approx 1,5\right)$ szerint a nedvességtartalomnak 1,5-szer nagyobb a hatása a fajlagos energiaigényre, mint a kötöttségnek.

ÖSSZEFOGLALÁS

Értekezésem témája a művelés hatásának vizsgálata a rögzépződésre és a rögaprítás energetikai összefüggéseinek meghatározása a kényszeraprítás módszerével.

A kutatómunka legfontosabb célkitűzései:

- A talajművelés nemzetközi és hazai irodalmának feldolgozásával a kutatási téma aktualitásának igazolása, különös tekintettel az energiatakarékos, talajkímélő művelési eljárásokra és eszközökre.
- A hagyományos talajművelő eszközök rögaprító hatásának értékelése, összehasonlítása az aprózódást létrehozó fizikai főhatások alapján.
- Az alapművelést és az elmunkálást végző talajművelő eszközök rögsítő hatásának összehasonlítása a hivatkozott irodalmi adatok és az elvégzett szántóföldi rögfrakció-vizsgálatok eredményei alapján elsősorban kötött, száraz talajok figyelembevételével.
- A rögtörés vizsgálati módszerének kidolgozása, és a törési energia meghatározása különböző nedvességtartalmú, kötöttségű és átmérőjű talajrögökre.
- A kényszeraprítás elvének elemzése, az elméleti összefüggések és a tervezési alapadagok meghatározása.
- A folyamatos kényszeraprítás elvén működő kísérleti eszköz elkészítése, ill. a rögaprítás fajlagos energiaigényének egzakt meghatározásához szükséges mérési módszer kidolgozása és a mérőrendszer kiépítése.
- A rögaprítás fajlagos energiaigényének meghatározása különböző kötöttségű és nedvességtartalmú talajmintákra, valamint az aprítás minőségének és kísérleti eszköz funkcionális alkalmasságának vizsgálata.
- A mérési eredmények értékelése a matematikai statisztika módszereivel, a vizsgált paraméterek közötti összefüggések meghatározására.

Az irodalomfeldolgozás legfontosabb megállapításai:

A hagyományos talajművelő eszközök munkája során a talajállapottól függően különböző rögsztruktúra alakulhat ki a művelt talajrétegben.

A rögsödés szempontjából a legkritikusabb művelet az alapművelés, mint a legmélyebb és legintenzívebb talajmozgást okozó beavatkozás.

Az alapművelésre minden olyan eszköz alkalmatlannak minősül, amely a száraz, tömör vagy túl nedves talaj művelésekor az elmunkálás menetszámát növeli.

A rögzépződést, illetve a rögaprító hatást – több más fontos talajfizikai paraméter mellett – döntően a talaj kötöttsége és nedvességtartalma befolyásolja.

A vizsgálatok szerint a legtöbb talajművelő (elmunkáló) eszköznel az aprításkor – a fizikai főhatás mellett – jelentős járulékos energiát igénylő hatások (pl. tömörödés, deformáció, elmozdulás, stb.) lépnek fel. Emiatt – különösen száraz, kötött talajoknál – az aprózódás minősége nem felel meg a követelményeknek.

A járulékos energia számottevő csökkentésére a működési elvből adódóan alig van lehetőség, a kedvező magágyminőség, esetleg a menetszám növelésével érhető el.

A megoldást tehát olyan új eszközökben és módszerekben kell keresni, amelyek az energiaigény csökkenése mellett a rögaprítás biztonságát és eredményességét egyaránt növelik.

A kutatómunka előzményei

Az irodalmi adatok igazolására szántóföldi vizsgálatokat végeztem száraz, kötött talajokon a talajfelszíni rögrakció-vizsgálat módszerével különböző művelési eljárások után. A vizsgálatok idején a talajfelszínen 5-8 tömeg % talajnedvesség volt mérhető.

A szántással végzett alpművelés rögrakció struktúrája még kötött agyagtalajon ($K_A = 50-52$) viszonylag kedvező eredményt mutatott ($D_j = 110-120$ mm).

Az elmunkálást tárcsával végezve minimális aprózódást tapasztaltam ($D_j = 81$ mm). Jelentős javulás csak a nehéz kombinátorral végzett magágykészítés 2. és 3. menete után következett be ($D_j = 25-55$ mm).

A vizsgálati eredmények azt bizonyították, hogy hagyományos eszközökkel a menetszám növelésével sem érhető el jó minőségű magágy. A felszíni durva réteg a vetés és a kelés minőségét és a növény kezdeti fejlődését hátrányosan befolyásolja.

A szántóföldi vizsgálatok után rög törési kísérleteket végeztem a törőerő, illetve a törési energia meghatározására különböző kötöttségű, nedvességtartalmú és átmérőjű rögminták esetében.

Az energetikai méréseket rögenergográffal végeztem két módszerrel, a rögök szilárd megtámasztásával és (a természetes körülményeket szimulálva) talajba ágyazott rögökkel.

A törési diagramokból megállapítható, hogy mindkét módszer esetén a kötöttség csökkenésével és a nedvességtartalom növekedésével javulnak a törés feltételei, így a törési energia értéke is csökken.

Talajba ágyazott rögök törésénél a megtámasztáshoz szükséges deformációs zóna elnyújtja a törési diagramot, így a rög töréséhez szükséges energia (E_A) 2,5-3-szor nagyobb lesz, mint az alátámasztott rögöknél mért energiaérték (E_T).

A törési energia–rögátmérő és a törési energia–nedvességtartalom között felírt regressziós egyenletek és a determinációs együttható értékei ($R^2 > 0,9$) alapján megállapítottam, hogy a vizsgált paraméterek között igen szoros az összefüggés.

A kutatómunka elméleti megalapozása:

A rög törési kísérletekből látható, hogy ha a törőerő ellenében merev megtámasztást alkalmazunk a rögaprózódás – elég nagy törőerő esetén – feltétlenül bekövetkezik. Ez az elv folyamatossá tehető, ha a törőerőt biztosító elem egy hajtott törőhenger, a támasztó elem pedig egy sík törőrács, melyet a kívánt munkamélységben a törőhenger alatt járattunk.

Ez a kételemes kényszeraprítás elvén működő eszköz alkalmas – az előírt feltételek mellett – a rögaprítás járulékos energiaigényének csökkentésére és az aprózódás minőségének javítására. Vizsgálataim során meghatároztam a kényszeraprítás elméleti összefüggéseit és a kísérleti eszköz tervezési alapadatait, műszaki paramétereit.

Megállapítottam, hogy az eszköz működése szempontjából a legfontosabb befolyásoló tényezők az aprítódob és a törőrács felületének kialakítása, a rés- és fogazatgeometria, valamint sebességviszonyok helyes megválasztása.

A fenti megfontolások alapján elkészítettem a kísérleti berendezést, amely alapvetően két fő egységből, az adagoló és az aprító szerkezetből épül fel.

A vizsgálatok szerint a kísérleti eszköz, a beépített mérés technikai elemekkel (nyomatékmérő, fordulatszám jeladó) alkalmas különböző kötöttségű és nedvességtartalmú talajminták tiszta aprítási energiaigényének (E) meghatározására, $m = 10$ kg-os tömegben talajmintánként.

Az aprítás előtt és után elvégzett rögrakció vizsgálatokból az aprítási folyamat során létrejövő új felület (A_u) számítható, ami a fajlagos energia (E_f) meghatározásához szükséges minden talajmintánál.

A vizsgálatok eredményei:

A talajállapot minősítésére és a kísérleti eszköz rögraprító munkájának értékelésére a rögrakció-vizsgálatok eredményeit használtam fel.

Megállapítottam, hogy a talajminták kötöttségétől és nedvességtartalmától függően az aprózódás mértéke 2,5-4-szeres, ami az egyes frakciók arányának megváltozásával magyarázható. Az aprítás előtt a 4 cm-nél nagyobb frakciók voltak túlsúlyban minden mintánál, az aprítás után ez az arány a 2 cm-nél kisebb frakciók irányába tolódott el.

Az energetikai méréseket a nyomatékidő diagramok alapján értékeltem. Meghatároztam az aprítási energia értékeit talajmintánként és az egységnyi új felület létrehozásához szükséges fajlagos energia értékeit (E_f).

Vizsgáltam, hogy a kötöttség és a nedvességtartalom hogyan befolyásolja a fajlagos energiát. A regresszióvizsgálatokat elvégezve a vizsgált paraméterek között szoros összefüggést találtam.

A fajlagos energia-kötöttség és a fajlagos energia-nedvességtartalom függvények exponenciális egyenlettel közelíthetők. A determinációs együtthatók (R^2) értéke mindkét esetben nagyobb 0,9-nél, ami igen szoros illeszkedést mutat.

A talaj kötöttségének és nedvességtartalmának együttes hatását többszörös lineáris regresszióval vizsgáltam és felírtam a regressziós egyenletet:

$$E_f = 7,7687 K_A - 10,90907 w - 65,67066$$

A többszörös determinációs együttható értéke ($R^2=0,802154$), ami szoros összefüggést feltételez a vizsgált paraméterek között.

A felírt összefüggés és a többszörös korrelációs együttható statisztikai próbáját elvégezve (F-próbával) megállapítható, hogy az összefüggés $P=0,1$ %-os szinten szignifikáns.

Az egyenlet szerint a nedvességtartalom hatása a fajlagos energiára nagyobb (közel 1,5-szeres), mint a kötöttségé, tehát az eszköz alkalmazhatóságát a vizsgált tartományokban elsősorban a talajnedvesség tartalma határozza meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- Antos G. 2001. Korszerű mezőgazdasági gumibroncsok. I., II. Mezőgazdasági Technika, 42. Vállalkozók Tanácsadója, 115., 116.
- Barta L. 1980. Nehéz kultivátorok. In: A nagy teljesítményű traktorok talajművelő gépei (szerk. Fülöp G.), Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 114-139.
- Bánházi J.-Fülöp G. 1975. A minimális talajművelés gépei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Bánházi J.-Fülöp G. 1982. Energiatakarékos talajművelési módszerek. Mezőgazd. Kiadó, Budapest
- Bernacki, H. 1975. Nova technika uprawy roli wydanie III. Państwowe wydawnictwo rolnicze i leśn. Warszawa. 1-175 p.
- Birkás M. 1987. A talajművelés minőségét befolyásoló agronómiai tényezők értékelése. Kandidátusi értekezés, Gödöllő
- Birkás M.-Szemők A. 1999. Talajállapothibák és orvoslásuk. Gyakorlati Agroforum, Különszám a talajművelésről, 10. 7. 19-22.
- Birkás M. 2000. A talajművelés múltjáról, hasznáról és fejlődéséről az új évezred küszöbén. Gyakorlati agroforum, Millenniumi Különszám, 23-25.
- Birkás M. 2000. A talajtömörödés helyzete Magyarországon. Következményei és enyhítésének lehetőségei. MTA Doktori Értekezés, Gödöllő
- Birkás M. 2001. A talajhasználat. A talajhasználati módok értékelése. In: Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban (szerk. Birkás M.) Akaprint Kiadó, Budapest, 99-120.
- Birkás M. 2001. Kímélő talajművelés nehézkultivátorral. Gyakorlati Agroforum, 12.9. 6-9, 13.
- Birkás M.-Csík L. 2001. Minőségbiztosítás a talajművelésben. In: Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban (szerk. Birkás M.) Akaprint Kiadó, Budapest, 231-288.
- Birkás M.-Csík L. 2001. A hagyományos és a csökkentett talajművelési rendszerek folyamatszemplétű elemzése. Mezőgazdasági Technika, 42.4. 27-29.
- Birkás M.-Csík L. 2001. Kísérlet a talajtömörödés kockázatának előzetes becslésére. Mezőgazdasági Technika, 42.6. 2-4.

- Blaskó L. 2001. A Tiszántúl kötött talajainak javítása, tekintettel a változó agroökológiai és ökonómiai körülményekre. Habilitációs Tézisek, Karcag
- Eichhorn, H-Weise, G. 1992. Bodenbearbeitungs – kombinationen. Landtechnik. 1992. 7/8 sz.327-330 p.
- Grábner E. 1956. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Gyárfás J. 1925. Sikeres gazdálkodás szárazságban Magyar dry-farming. (2. átdolg. És bővített kiadás)
- Gyuricza Cs. 1999. A kedvező talajállapot biológiai feltételei. A földigiliszták. Gyakorlati Agrofórum, Különszám a talajművelésről, 10.7. 8-10.
- Gyuricza Cs. 2000. Az értékőrző és hagyományos talajművelés egyes fizikai és biológiai hatásainak értékelése. Doktori (PhD) értekezés, Gödöllő, p. 148
- Gyuricza Cs. 2001. A fenntartó talajművelés talajfizikai és biológiai alapjai. In: Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban (szerk. Birkás M.) Akaprint Kiadó, Budapest, 71-98.
- Hakansson, I. et al. 1988. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. Soil Till. Res., 11. 239-282.
- Jóri J.I. 1977. Talajművelő gépek teljesítménynövelési irányai. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Jóri J.I. 1980. Hajtott boronák, könnyű talajmarók. In. A nagy teljesítményű traktorok talajművelő gépei (szerk. Fülöp G.), Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 205-215.
- Jóri J.I. 1992. Ágy- vagy váltvaforgató eke? Mezőgazdasági Technika, 33.11. 2-4.
- Jóri J.I. 1993. Váltvaforgató ekék. Mezőgazdasági Technika, Vállalkozók Tanácsadója 28.
- Jóri J.I. 1997. Ágyekék. Mezőgazdasági Technika Vállalkozók Tanácsadója, 74.
- Jóri J.I. 1997. Talajkímélő jároszerkezetek a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Technika, 38.4.6-7., 20-21.
- Jóri J.I. 1999. A talajlazítás módszerei és eszközei. Gyakorlati Agrofórum, 10. 7/2. 2-6.
- Kapocsi I. 1981. Az energiatakarékos talajművelés géprendszere. Agroinform. M.F.E. 114.
- Kapocsi I. et al. 1984. Forgatás nélküli talajművelés alföldi talajokon. Magyar Mezőgazdaság, 36.36.6.
- Kapocsi I.-Andrási I.-Bene S. 1987. Energiatakarékos talajművelés. Magyar Mezőgazdaság, 42.32.6.

- Kapocsi I.-Andrási I. 1987. A talajművelő eszközök energetikai értékelése. Magyar Mezőgazdaság, 42. 36. 8-9.
- Kemenes E. 1972. Földművelés, Talajerőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Kézdi Á. 1961. Talajmechanikai praktikum. Tankönyvkiadó, Budapest, 145.
- Manninger G.A. 1936. A nyári szántásnélküli munka előnyei. Pátria Nyomda, Budapest
- Nagy J. 1996. A műtrágyázás és a talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. Növénytermelés, 45.3. 297-305.
- Nyiri L. 1993. A talaj szerkezete és befolyásolásának lehetőségei. In: Földműveléstan (szerk. Nyiri L.) Mezőgazda Kiadó, Budapest, 66-69.
- Nyiri L. 1997. A rendszeresen művelt réteg alatt tömődött, levegőtlen, rossz vízáteresztő talajok mélylazítása. In: Az aszálykárok mérséklése (szerk. Nyiri L.) Mezőgazda Kiadó, Budapest, 74-81.
- Oldeman, L.R.,-Hakeling, R.T.A.,-Sombroek, W.G. 1990. World Map of the status of human-induced soil degradation. (GLASOD). ISRIC-UNEP. Wageningen. 27.
- Ouwerkerk, C.-Soane, B.D. 1993. Enviromental consequences of soil compaction. ISTRO Workshop on „The effects of soil compaction on physical, chemical and biological factors in the environment”, Melitopol Inst. Agric. Mech., Melitopol. Ukraine, Vol. 2. 95-102.
- Pigeon, J.D.-Soane, B.D. 1977. Effects of tillage and direct drilling on soil properties during the growing season in a long-term barley mono-culture system. J. agric. Sci. 88. 432-442.
- Rátonyi T. 1999. A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. Doktori (PhD) értekezés, Debrecen.
- Sembery P. 1989. Energiatakarékosság a mezőgazdaságban. Műszaki Könyvkiadó-Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 89-97.
- Sinóros-Szabó B. 1992. Talajfizikai és művelésenergetikai kölcsönhatások. MTA Doktori Értekezés, Nyíregyháza
- Sinóros-Szabó B. 1996. Talajtömődöttség termőhelyi vizsgálata. Környezet- és tájgazdálkodási füzetek. II/1. 41-46.
- Sitkei Gy. 1967. A mezőgazdasági gépek talajmechanikai problémái. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Sitkei Gy.-Fehér I. 1979. A rögaprítás törvényszerűségei magágykészítéskor. Jarművek, Mezőgazdasági gépek, 11.sz. 407-411.p.
- Sípos G. 1962. Földműveléstan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 416-432.

- Sípos G. 1972. Földműveléstan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 211-212.
- Soane, B.D.-Van Ouwerkerk, C. 1994. Soil compaction problems in world agriculture.
In: Soil compaction in crop production (Ed. Soane, B.D.-Van Ouwerkerk, C),
Elsevier Sci, 1-21.
- Soane, B.D.-Van Ouwerkerk, C. 1988. Soil compaction: A global threat to sustainable
land use. Advances in GeoEcology, 31. 517-525.
- Stefanovits P. 1992. Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Stefanovits P.-Filep Gy.-Füleky Gy. 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Stroppel A. 1975. Technik der Stroheinarbeitung in den Boden. Landtechnik. 6. sz. 272-
276 p.
- Stroppel A. – Reich R. (1983. Rotierende Werkzeuge zur Saatbettbereitung.
Landtechnik 2.sz. 53-54 p.
- Sváb J. 1981. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest,
305.
- Soane, B.D.-van Ouwerkerk, D. 1994. Soil compaction in world agriculture. In Soil
compaction in crop production. Szerk. Soane, S.D. és van Ouwerkerk, C., Elsevier
Science, Amsterdam, 1-20.
- Szabolcs I.- Várallyay Gy. 1978. A talajok termékenységét gátló tényezők
Magyarországon. Agrokémia és Talajtan, 27. 1-2. 181-202.
- Timoshenko, s.-Goodier, J. 1951. Theory of Elasticity. New York
- Young, H.M. 1982. No-tillage farming. No-Till Farmer, Inc. Brookfield, Wisc.
- Várallyay Gy. 1996. Magyarország talajainak érzékenysége a szerkezetromlásra és
tömörödéssre. Környezet és Tájgazdálkodási Füzetek, '96/1. Pszicholingva Kiadó,
Szada, 15-30.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Tanulmány, cikk:

- Patay, I.-Virág, S. 1994. Szántáselmunkáló-magágykészítő eszközök rögaprító hatásának vizsgálata. Jarművek, Építőipari és Mezőgazdasági Gépek. 41. 2. 61-66.
- Virág, S. 1995. A rögaprítás energiaigényének vizsgálata kötött talajokon. Jarművek, Építőipari és Mezőgazdasági Gépek. 42. 9. 332-335.
- Patay, I.-Virág, S. 1997. Kényszeraprító talajelmunkáló eszköz modellvizsgálata. Jarművek, Építőipari és Mezőgazdasági Gépek. 44. 1. 12-15.
- Virág, S. 1998. A rögaprítás energiaigényének vizsgálata kötött talajokon. Mezőgazdasági Technika. 39. 1. 2-3.
- Virág, S. 2001. Rögaprító hatás növelése kényszeraprítással. Tudományos Közlemények. TSF Szarvas. Tom.1.No.2. 273-279.
- Virág, S. 2005. A rögaprítás fajlagos energiaigényének meghatározása kényszeraprítással. Mezőgazdasági Technika. 46. 4. 2-4.

Előadás, poszter:

- Virág, S. 1994. Rögaprítás energiaigényének vizsgálata. Tiszántúli Mg. Tudományos Napok. Hódmezővásárhely. 1995.ápr.21-22. Poszter. 6 p.
- Virág, S. 1995. Kényszeraprítás elmélete. I. Mezőgazdasági PhD Konferencia. Debrecen. 1995. jún. 27-28. Előadás.
- Virág, S. 1997. Rögaprítás növelése kényszeraprítással. Tiszántúli Mg. Tudományos Napok. Karcag. 1997. jún. 12-13. Poszter. 6 p.
- Virág, S. 1997. Őszi magágykészítés talajmechanikai problémái. I. Alföldi Tájgazdálkodási Tudományos Napok. Mezőtúr. 1997. okt. 29-30. Poszter. 6 p.
- Virág, S. 1998. The increasing of clod breahing effect by compulsory breahing system. International Machinery Faire '98 Nitra. 1998. jún. 26. Poszter. 4 p.
- Virág, S. 1999. A kényszeraprítás elméleti kérdései. MTA AMB 23. Kut. és Fejl. Tanácskozás. Gödöllő. 1999. jan. 19-20. Kiadvány (szerk. Tóth L.) 1. kötet, pp. 270-274.
- Virág, S. 2000. Az őszi magágykészítés minőségének vizsgálata. MTA AMB Kut. és Fejl. Tanácskozás. Gödöllő. 2000. jan. 18-19. Poszter. 5 p.
- Virág, S. 2000. A kényszeraprítás elve és megvalósítása. Magyar Tudomány Napja. TSF Szarvas. 2001. nov. 10. Előadás és poszter. 4 p.

Virág, S. 2001. Kényszeraprítás alkalmazása elmunkálógépeken. Magyar Tudomány Napja. TSF Szarvas. 2001. nov. 5. Előadás és poszter. 8 p.

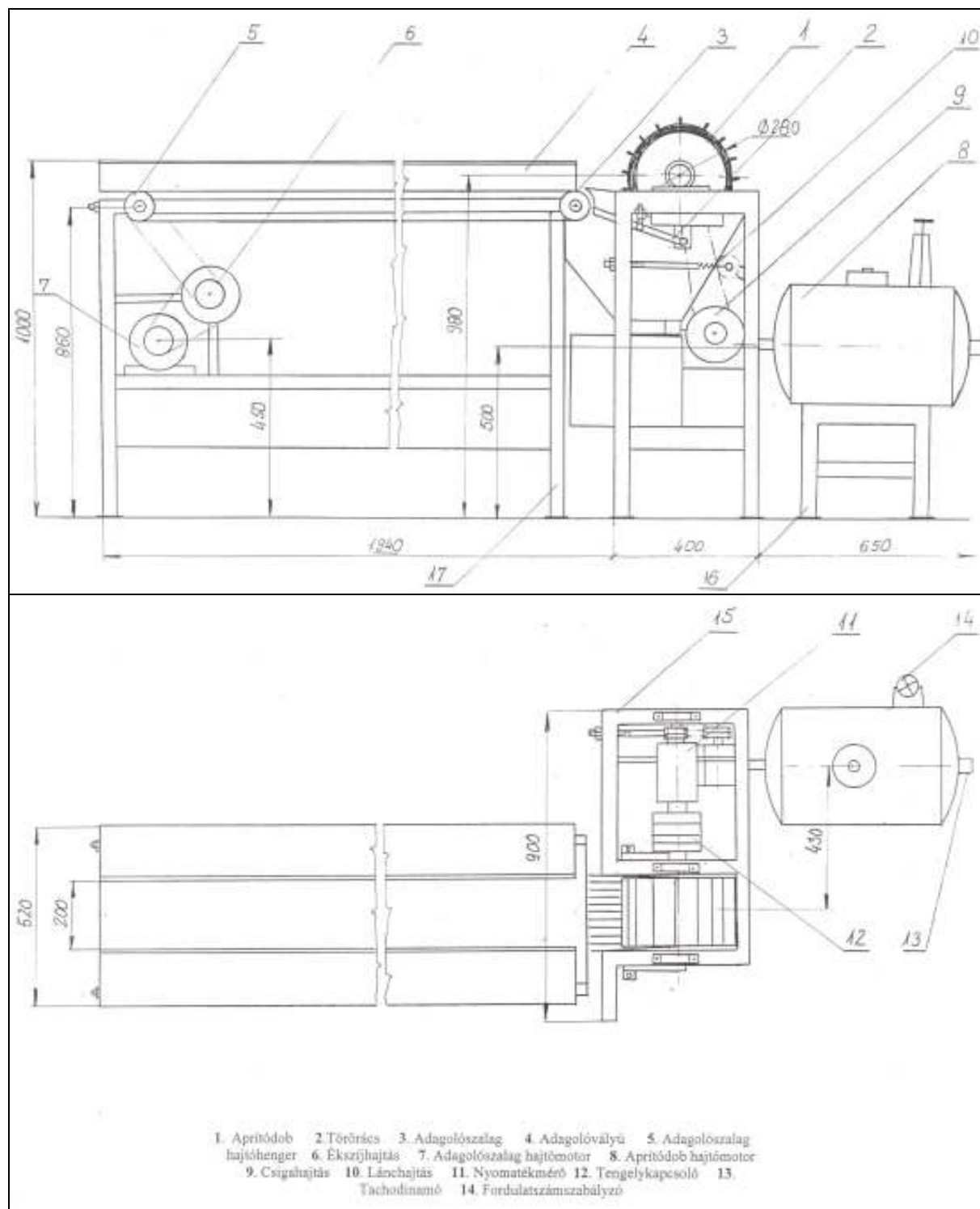
MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

1. Kísérleti eszköz szerkezeti rajza
2. Rögfrakció vizsgálatok eszközei, eredményei
3. Energetikai vizsgálatok eredményei
4. Statisztikai értékelés módszere

MELLÉKLETEK

1. sz. melléklet

Kísérleti eszköz szerkezeti rajza



2. sz melléklet

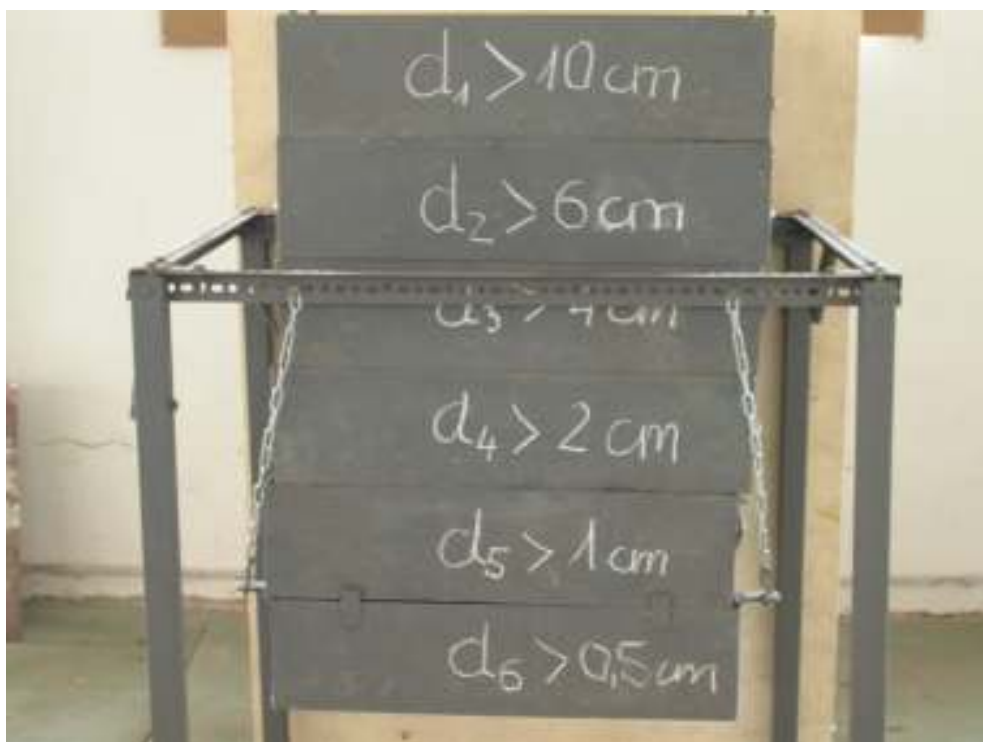
Rögfrakció vizsgálatok



IV/1. minta az aprítás előtt



IV/1. minta az aprítás után



Rostasorozat a mozgó állvánnyal



Rostasorozat legkisebb méretű elemei

Rögfrakció eloszlási diagramok

Átmérő osztályok:

1 - > 10 cm

2 - > 6

3 - > 4

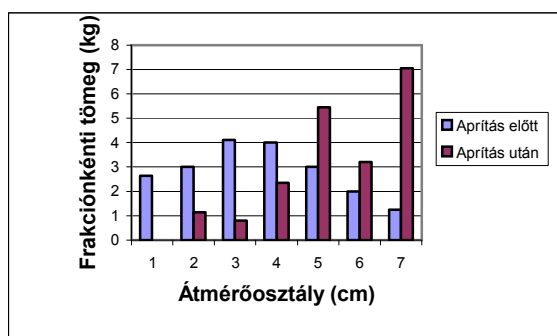
4 - > 2

5 - > 1

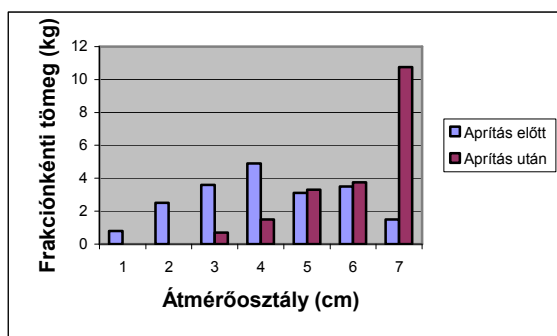
6 - > 0,5

7 - < 0,5

I/1. minta

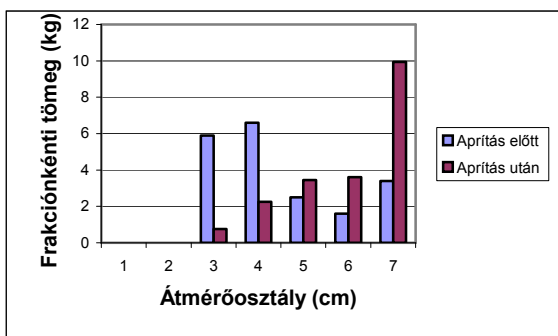
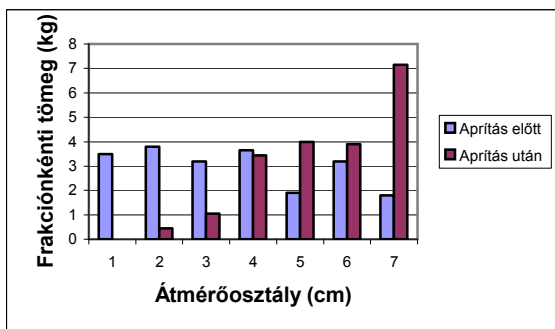


I/6. minta



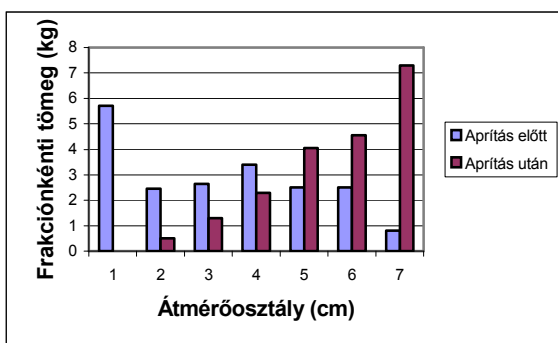
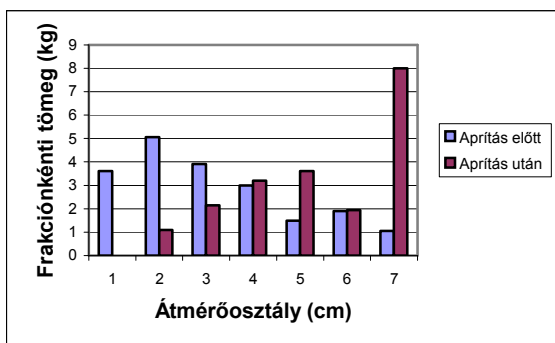
II/1. minta

II/6. minta



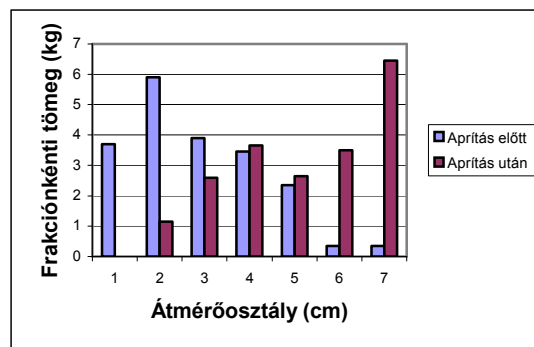
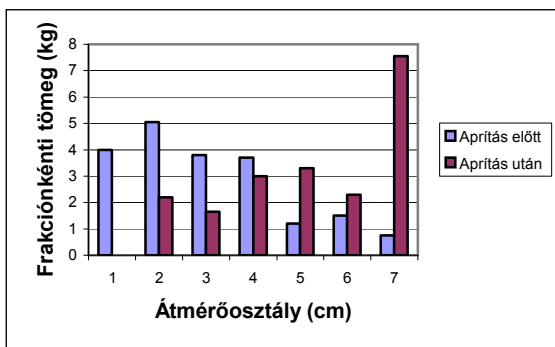
III/1. minta

III/6. minta

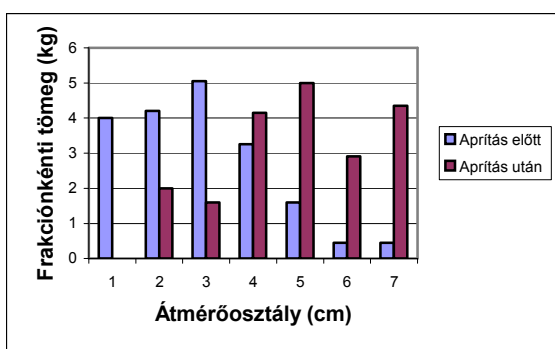


IV/1. minta

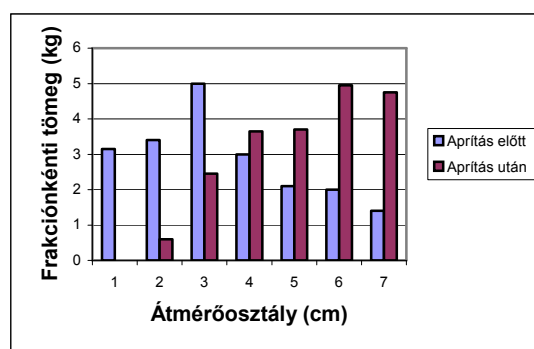
IV/6. minta



V/1. minta



V/6. minta



3. melléklet

Energetikai vizsgálatok



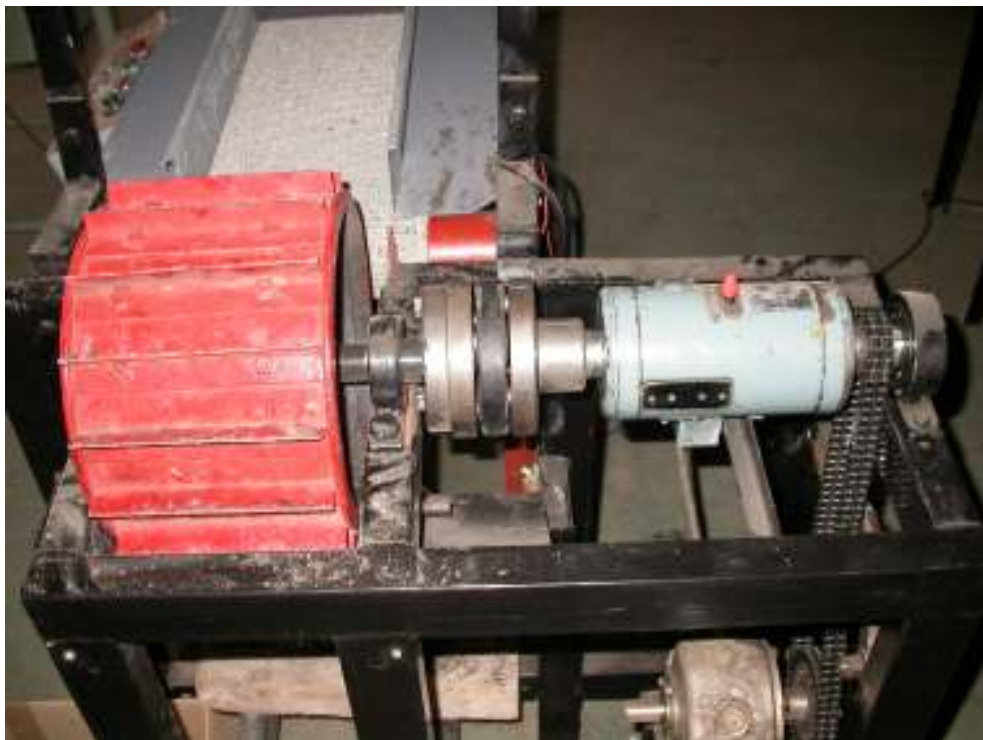
A talajminta elhelyezése az adagolószalagon



A kísérleti eszköz aprítás közben

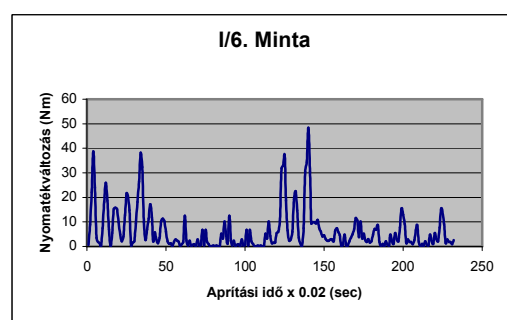
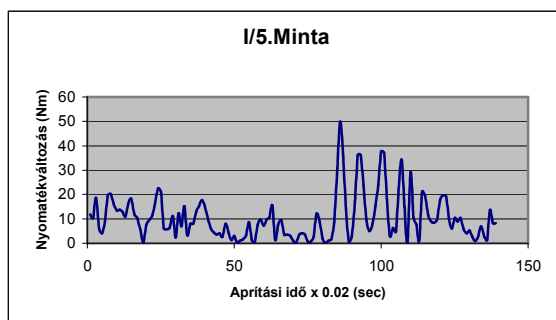
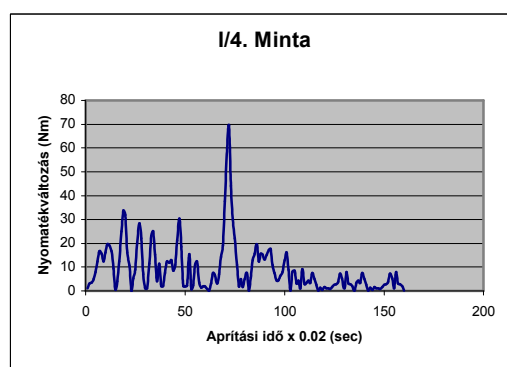
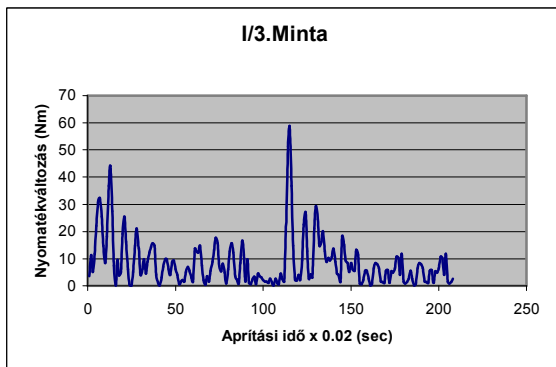
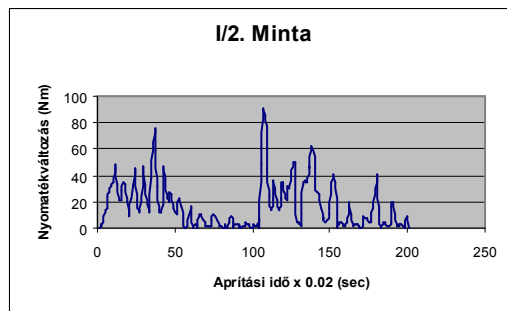
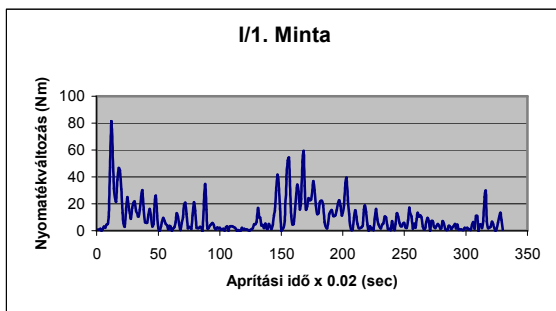


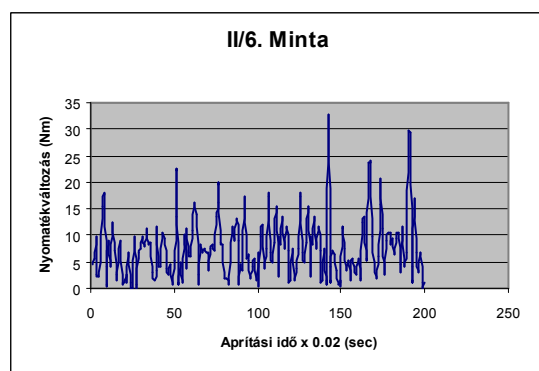
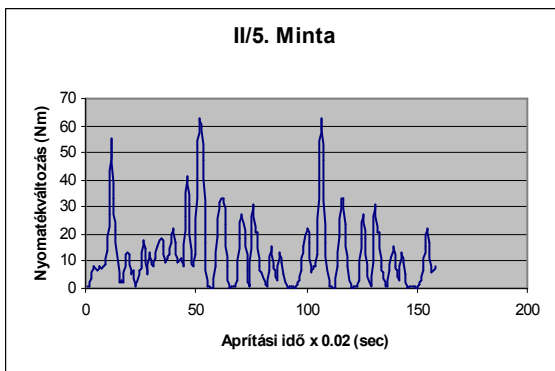
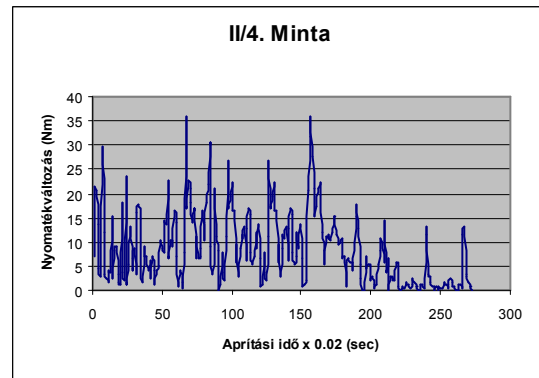
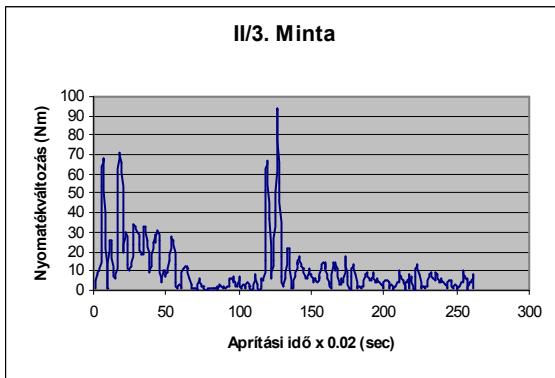
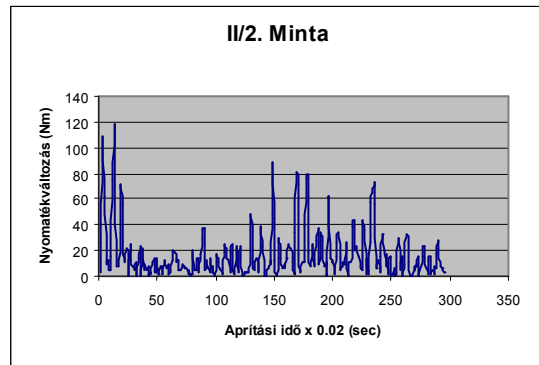
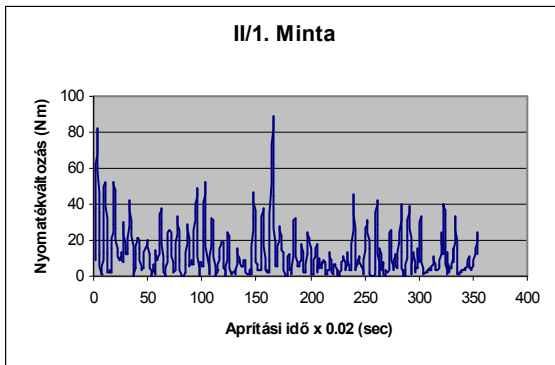
A mérőpult a kezelővel



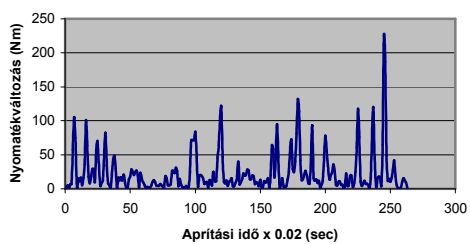
A nyomatékmérő és az aprítószerkezet kapcsolata

Nyomaték-idő diagramok talajmintánként

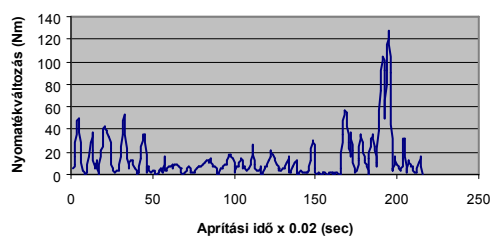




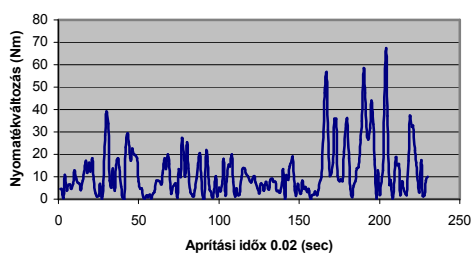
III/1. Minta



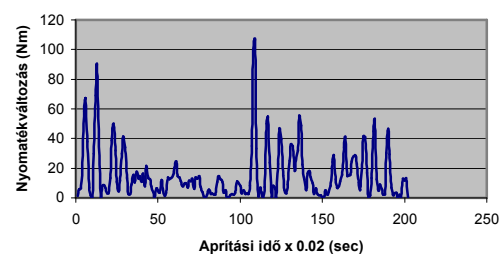
III/2. Minta



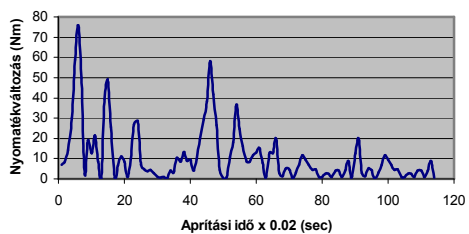
III/3. Minta



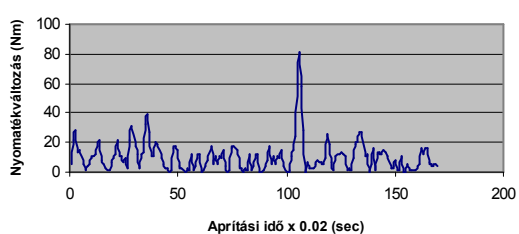
III/4. Minta

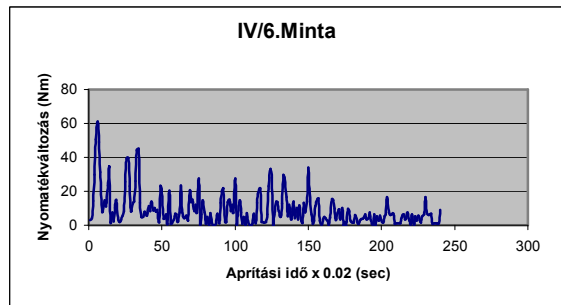
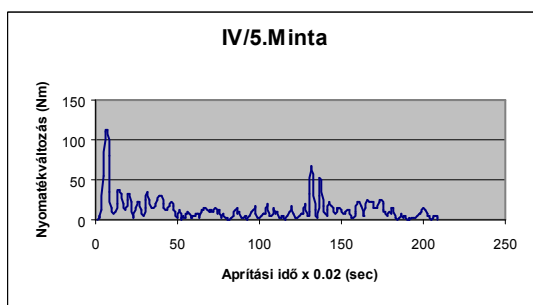
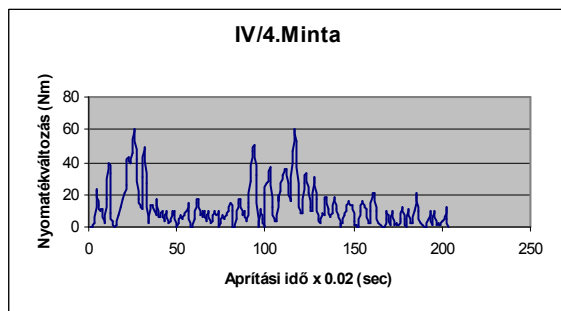
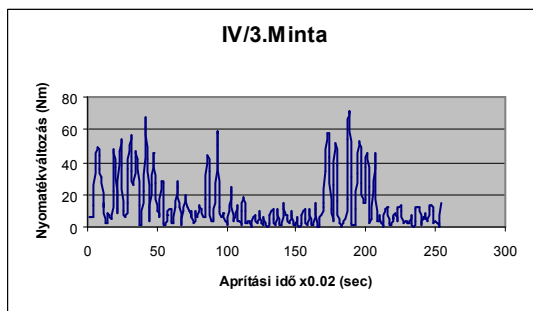
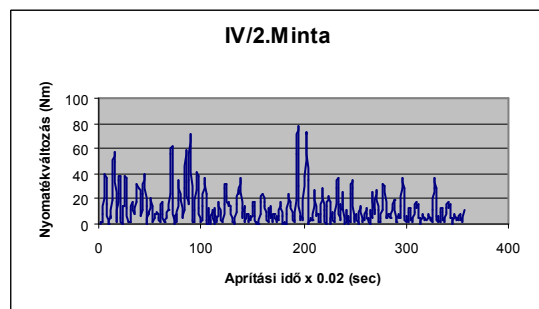
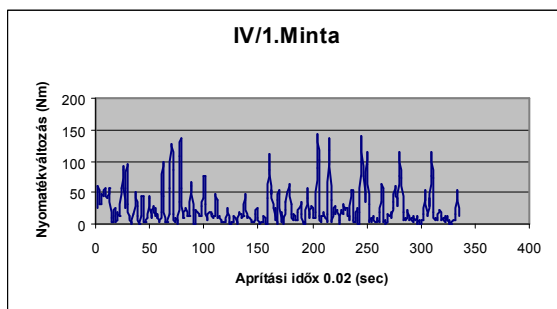


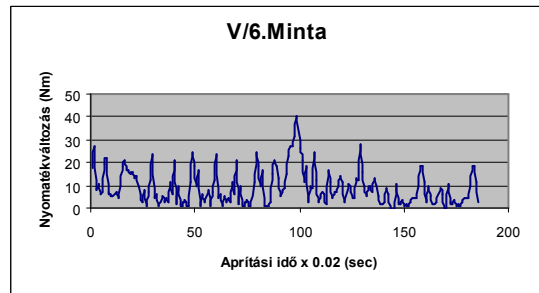
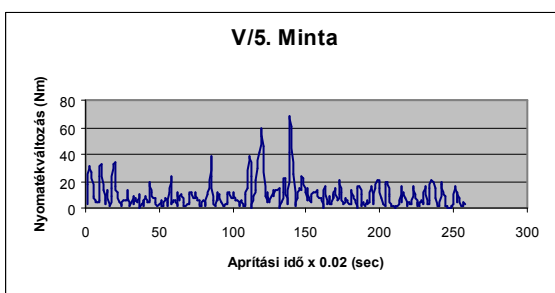
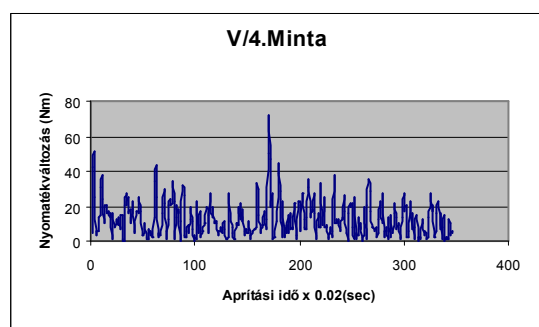
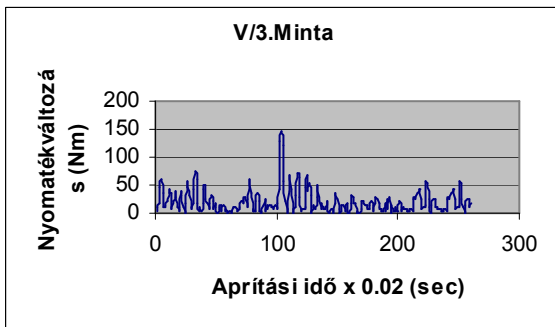
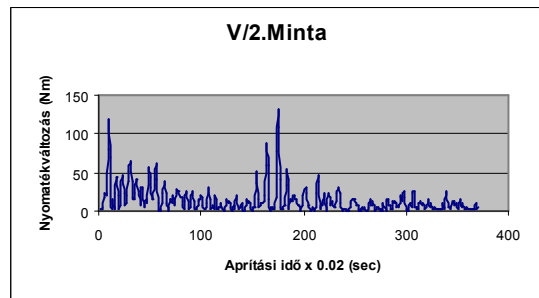
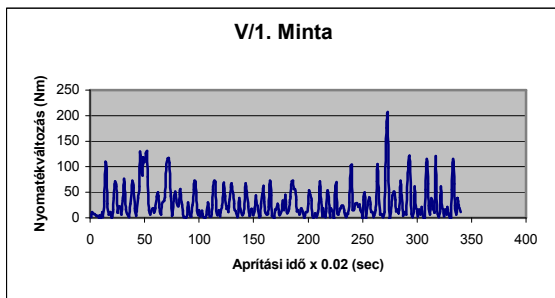
III/5. Minta



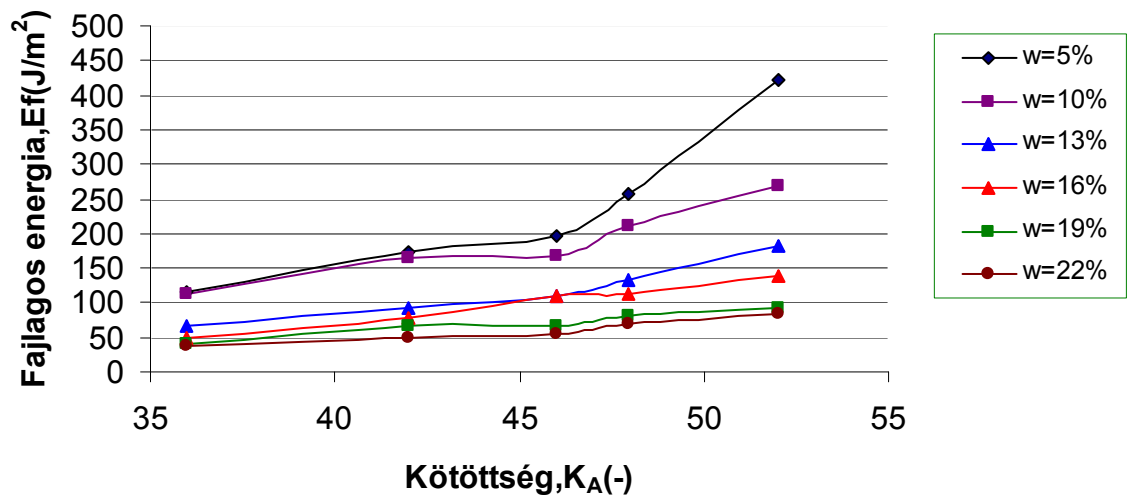
III/6. Minta



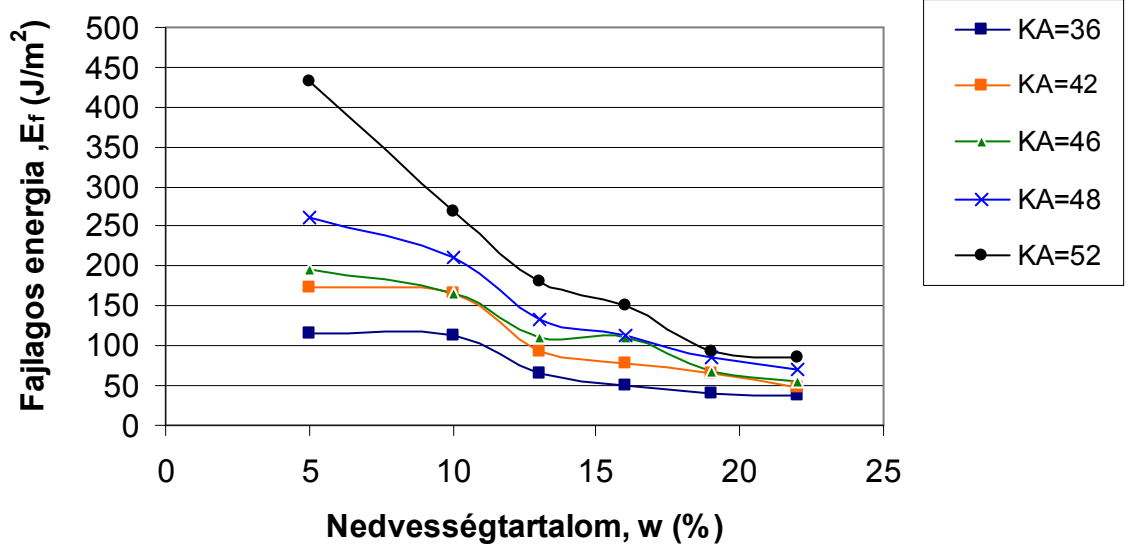




Fajlagos energia változása a kötöttség függvényében különböző nedvességtartalmaknál



Fajlagos energia változása a nedvességtartalom függvényében különböző kötöttségeknél



4. sz. melléklet

A statisztikai értékelés módszere

(Sváb J.: Biometria módszerek a kutatásban)

		nedvesség									
korottség		5	10	13	16	19	22				
36	115.3111	112.7293	65.064056	49.044138	39.87828	36.99889					
42	174.4611	165.1628	92.154473	78.040175	65.77992	48.35554					
46	195.8301	166.8155	110.70983	109.34621	87.3131	54.85566					
48	260.8595	211.4497	134.10562	113.85342	85.57137	69.60152					
52	432	269.0125	181.50047	150.74819	93.73875	84.58146					

x1	x2	y	x1 ²	x2 ²	y ²	x1*x2	x1*y	x2*y	Becsült y	eltérés	
1	36	5	115.31115	1296	25	13297	180	4151	577	159.5	-44.1
2	42	5	174.4611	1764	25	30437	210	7327	872	206.1	-31.6
3	46	5	195.83011	2116	25	38271	230	8999	978	237.1	-41.5
4	48	5	260.85954	2304	25	68048	240	12521	1304	252.7	-8.2
5	52	5	432	2704	25	186824	260	22464	2180	283.8	148.2
6	36	10	112.72932	1296	100	12708	360	4058	1127	104.9	7.8
7	42	10	165.16276	1764	100	27279	420	6937	1652	151.5	-13.6
8	46	10	166.81554	2116	100	27827	460	7674	1688	162.6	-15.8
9	48	10	211.44967	2304	100	44711	480	10150	2114	199.1	13.3
10	52	10	269.01253	2704	100	72368	520	13989	2690	229.2	39.8
11	36	13	65.064056	1296	169	4233	468	2342	846	72.2	-7.1
12	42	13	92.154473	1764	169	8492	546	3870	1198	118.8	-26.6
13	46	13	110.70983	2116	169	12257	598	5093	1439	149.9	-39.2
14	48	13	134.10562	2304	169	17984	624	6437	1743	165.4	-31.3
15	52	13	181.50047	2704	169	32842	676	9438	2360	196.5	-15.0
16	36	16	49.044138	1296	256	2405	576	1766	785	39.5	9.6
17	42	16	78.040175	1764	256	8090	672	3278	1249	86.1	-8.0
18	46	16	106.34621	2116	256	11957	736	5030	1750	117.1	-7.8
19	48	16	113.85342	2304	256	12963	768	5465	1822	132.7	-18.6
20	52	16	150.74819	2704	256	22725	832	7839	2412	163.8	-13.0
21	36	19	39.878281	1296	361	1590	684	1436	758	6.7	30.1
22	42	19	65.779921	1764	361	4327	798	2763	1250	53.3	12.4
23	46	19	67.313099	2116	361	4531	874	3096	1279	84.4	-17.1
24	48	19	85.571386	2304	361	7322	912	4107	1626	100.0	-14.4
25	52	19	93.738754	2704	361	8787	988	4874	1781	131.0	-37.3
26	36	22	36.998888	1296	484	1369	792	1332	814	-26.0	63.0
27	42	22	48.355535	1764	484	2338	824	2031	1064	20.6	27.7
28	46	22	54.855663	2116	484	3009	1012	2523	1207	51.7	3.2
29	48	22	69.60152	2304	484	4844	1056	3341	1531	67.2	2.4
30	52	22	84.581464	2704	484	7154	1144	4398	1861	98.3	-13.7
Összesen	1344	425	3834.8728	61104	6975	698890.4	19040	178729.2	43915.46		
Átlag	44.8	14.16667	127.82243								

SQx1	SQx2	SQy	SPx1x2	SPx1y	SPx2y	SQr
892.8	954.1667	208733.2		0.8935.904	-10409.07	167436.2

b1	7.76871	R ²	0.802154
b2	-10.90907		
a	-65.67066		

SQ	FG	MQ	F
Összes	208733.21	26.00	
Regresszió	167436.22	2.00	83718.11
Hiba	41296.99	27.00	1529.52

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Karán az Interdiszciplináris Agrár- és Természettudományok Doktori Iskola keretében készítettem el a Debreceni Egyetem ATC MTK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Szarvas, 2005. szeptember 20.

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Virág Sándor doktorjelölt 200-2005. között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Szarvas, 2005. szeptember 20.

.....
a témavezető aláírása