



SZENT ISTVÁN EGYETEM
GÖDÖLLŐ
Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

VÁLLALATI SZINTŰ BIOMASSZA TERMELÉS
OPTIMALIZÁLÁSA

Készítette: Bedéné Szőke Éva

Gödöllő
2011

A DOKTORI ISKOLA

MEGNEVEZÉSE: Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola

TUDOMÁNYÁGA: gazdálkodás- és szervezéstudományok

VEZETŐJE: **Dr. Szűcs István**
egyetemi tanár, MTA doktora
SZIE, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar,
Közgazdaságtudományi és Módszertani Intézet

TÉMAVEZETŐ: **Dr. Szelényi László**
egyetemi docens, mezőgazdasági tudományok kandidátusa
SZIE, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar,
Közgazdaságtudományi és Módszertani Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. BEVEZETÉS

1.1. A kutatás előzményei

Az utóbbi években részt vettem a BIOENKRF 5.2. sz. „A bioreaktor üzemeltetésének komplex ökonómiai vizsgálata, a rendszerfeltételek (határpontok) meghatározása, a be- és kimeneti jellemzőkkel való összefüggései és reverzibilitása” című kutatási programban egy kutatói csoport tagjaként. A Magyar Biomassza Modell kidolgozása során a modellalkotásban és a lehetséges célfüggvények megfogalmazásában működtem közre. A lineáris programozással régóta foglalkozom. Oktatói tevékenységem során korábban az Operációkutatás tantárgy gyakorlatvezetője voltam, jelenleg az ERASMUS képzés keretében tartok órákat ebből a témakörből.

1.2. A vizsgálat célja, köre

A mezőgazdaságban régóta használják a matematikai modelleket a döntéshozatal megkönnyítésére, optimalizációs számítások végzésére. (Csáki Csaba, Csete László, Ertsey Imre, Mészáros Sándor, Szélényi László, Szenteleki Károly, Szűcs István, Tóth József illetve külföldi viszonylatban Ackoff, Beer, Chow, Gisser, Heady, Kravcsenko, Platonov, Popov, Sasieni, Windsor professzorok nevét említem meg – a teljesség igénye nélkül.) A matematikai módszerek mezőgazdasági döntéstámogatási céllal történő alkalmazása főleg a 60-as évektől a 80-as évekig volt erőteljes. Hazai viszonylatban a szerkezetoptimalizálási modellek alkalmazása iránt az érdeklődés az utóbbi két évtizedben visszaszorult. Ez részben azzal van összefüggésben, hogy a számítási eredményeket a gyakorlatba nehezen lehetett átültetni, illetve elmaradtak a várt eredmények. Másrészt a 90-es években az üzemi struktúra és a tulajdonviszonyok átalakulásának nagy problémája kötötte le az agrárgazdasági szakemberek figyelmét, kevesebb energia maradt a hatékonyabb termelést segítő ökonómiai számítások igénybevételére. A nyugat-európai országokban azonban – mint a szaktanácsadási rendszer része – jelenleg is komolyan veszik a vállalati termelési szerkezet kialakítását segítő „optimalizációs” szolgáltatásokat. A rendszerváltás előtt a mezőgazdasági üzemek, a több ezer hektáros állami gazdaságok és termelőszövetkezetek általában többféle növényt termesztettek, többféle állatot tartottak, többféle technológia alkalmazására volt lehetőségük. Az alaptevékenységen túl segédüzemmel, ipari, kereskedelmi vagy szolgáltató ágazattal is rendelkeztek. A komplex tervek elkészítése bonyolult számítástechnikai munka volt, sokszor külső szakemberek bevonásával készültek a komplex éves, vagy többéves fejlesztési, vállalati tervek.

Jelenleg a mezőgazdasági vállalkozások zöme jóval kisebb területen, 50-500 hektáron gazdálkodik. Kevesebbféle növényt termesztenek, gyakran állatot sem tartanak. Kevés géppel rendelkeznek. Leegyszerűsödött a termékszerkezet, és így a termelési terv is. Az így létrejött kisméretű gazdaságokban leggyakoribb a hagyományos tervezés. Azonban a gazdasági versenyben azok a termelők tudnak inkább fennmaradni, akik az új kihívásokhoz, környezet és természetvédelmi szempontokhoz alkalmazkodni tudnak. Ennek feltétele a lehetőségek számbavételével történő optimalizáló tervezés.

Kutatásom **célja** az, hogy a biomassza termelésre gondoló mezőgazdasági vállalkozók számára olyan tervezési-döntéselőkészítési modellt dolgozzak ki, amelyet egyszerűen, komolyabb matematikai előképzettség nélkül is tudnak használni. Az alapmodell adaptációja után kevés munkával gyorsan, egyszerűen lehessen terveket, tervváltozatokat készíteni, ezáltal megalapozott döntéseket hozni.

Kutatási munkám során három célt tűztem ki. **Első célkitűzésem egy döntési változatokat adó modell megalkotása**, amely egyrészt a mezőgazdasági vállalkozók számára elősegítheti a termelési struktúra tekintetében való döntéshozatalt, konkrétan az energetikai és élelmezési céllal termesztett termékek közötti optimális arány meghatározását, másrészt olyan megoldás kidolgozása, amely – élve a korszerű számítástechnikai lehetőségekkel – a vállalati méretre tetszés szerint igazítható módszertani háttérrel biztosít.

Második célkitűzésem a modell összeállítását automatizáló adatbázis és a modell számítógépes megvalósítása, valamint a modell „copyright” változatának kidolgozása CD formában. A CD-n megtalálható az alapmodell, amely gyakorlatilag egy adatbázis az egyes energiacélú biomassza termelés szempontjából számításba vehető növények általános technológiai paramétereivel, ajánlott feltételrendszerrel, ajánlott célfüggvényekkel – mely az adott gazdaság paramétereire igazítható. A rendszer az Operációkutatás oktatásában használt WinQSB szoftver általam egyszerűsített változatával működtethető.

A harmadik célom a megfelelő célfüggvények megalkotása és az azokkal végzett elemzés. Ennek megfelelően azt vizsgáltam, hogyan hat a termelési szerkezetre az input–output árak változása, az egyes bioenergetikai végtermékek versenypozíciója hogyan függ az erőforrások kapacitásának változásától, hogyan befolyásolja az optimális vetésszerkezetet és az elérhető maximális jövedelmet az, ha a terület, a munkaerő, a műtrágya és a gépkapacitás mennyisége 10-20-30%-kal nő illetve csökken. A változás következtében hogyan alakulnak a hatékonysági és az igényességi mutatók biogáz, bioetanol, biodízel célú termelés esetében.

Dolgozatomnak a fentieknek megfelelően három nagyobb tartalmi egysége van.

Az **első** részben a szakirodalmi feldolgozás eredményeit mutatom be. Ez a fejezet a matematikai modellek ismertetésével kezdődik, majd kitérek a termelés hatékonyságának elemzésére alkalmas módszerekre. A szakirodalmi feldolgozás következő részében a biomassza energetikai hasznosításával kapcsolatos fogalmakat írom le és röviden áttekintem a bioüzemanyagok előállítási - felhasználási gyakorlatát a főbb bioenergia felhasználó országokban, az EU országokban és Magyarországon.

A dolgozat **második** részében azokat az adatbázisokat és módszereket mutatom be, amelyek kutatási célkitűzéseim elérését szolgálták.

A **harmadik** rész a BIOENKRF kutatási projekt keretében kidolgozott modell leírásával kezdődik, megoldásával, érzékenységi vizsgálatokkal, hatékonysági és igényességi mutatók számításával, és a belőlük levonható következtetések ismertetésével zárul.

1.2. A téma aktualitása

Napjainkban a hagyományos energiaforrások – a kőolaj, a földgáz és a szén – kitermelése egyre költségesebb. A felhasználással járó halmozódó káros környezeti hatások is egyre nagyobb veszélyt jelentenek. Az emberiség létszámbeli gyarapodásával együtt jár a mind nagyobb mértékű energiafogyasztás, amit a fosszilis energiahordozók már csak néhány évtizedig tudnak fedezni. A gazdasági-társadalmi fejlődéshez szükséges energia ezért fokozatosan és jelentősen felértékelődik.

A megújuló energiaforrások hosszú távú megoldást jelenthetnek az emberiség energiaszükségletének a kielégítésére. A megújuló energiaforrások közül kiemelendő a biomassza energetikai felhasználása, amely sokoldalúan, gazdaságosan teszi lehetővé a Nap energiájának hasznosítását. A biomasszából előállított bioüzemanyagok előállítása ma a legtöbb országban még drágább a fosszilis tüzelőanyagoknál, de használatuk a politikai intézkedések ösztönző hatásának köszönhetően világszerte bővül.

Világviszonylatban megfigyelhető az ellentmondás a növekvő népesség élelmiszer-szükségletének kielégítése és a mezőgazdasági termőföld energetikai célú hasznosítása között. Egyes szakértői körök veszélyeztetve látják a világ élelmiszer ellátását. Az élelmiszeripari, takarmányozási céllal termesztett növények közül a búza, kukorica, napraforgó, repce, burgonya, cukorrépa is hasznosítható energianövényként, így ebből a szempontból is fontos kérdés, hogy az energetikai és élelmiszertermelési célok egymáshoz viszonyított versenye hogyan alakul.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A vizsgálatokhoz felhasznált adatbázisok

Az adatgyűjtés során kétféle elvet követtem. Egyrészt egy kiválasztott mintagazdaság adatainak gyűjtésével és rendszerezésével olyan adatbázist építettem ki, amely alkalmas a gazdaság szerkezetének meghatározott célfüggvények szerinti vizsgálatára, optimalizálására, illetve egy olyan elméleti adatbázis kialakítására, amely segítségével bármilyen mezőgazdasági vállalkozás termelési szerkezetének elemzésére lehetőséget ad.

Az input táblázat elkészítéséhez szükség van az erőforrások, kapacitások számbavételére, a termesztendő növények technikai-technológiai adataira, majd ezek alapján a feltételrendszer és a célfüggvények matematikai megfogalmazására.

Az összegyűjtött konkrét adatok a következők:

- rendelkezésre álló terület,
- munkaerő havi eloszlása,
- erőgép havi eloszlása géptípusonként,
- rendelkezésre álló tápanyag utánpótlás,
- növényvédelmi költség,
- fajlagos hozamok,
- termelési költségek és jövedelmek,
- erőforrások kihasználását leginkább kifejező jövedelmezőségi mutatók,

- biogáz termelés lehetséges nyersanyagai és gázhozama,
- bioetanol előállítás lehetséges nyersanyagai és a kinyerhető etanol mennyisége,
- biodízel előállítására alkalmas növények átlagos hozama.

A feltételrendszer és a célfüggvények felírásához az adatokat a Tass-pusztai Tangazdaságban gyűjtöttem, de szakirodalomból, internetes oldalakról származó adatokat, illetve a termelésben – Középtiszai Rt. Kunhegyes, Bátortrade Kft. Nyírbátor – dolgozó vállalati szakemberektől kapott információkat is felhasználtam. A Tass-pusztai Tangazdaság rendelkezésemre bocsátotta a 480 hektár területen termelt növények esetében felhasznált fizikai munka és gépi munka mennyiségét havi bontásban, munkaműveletenként, illetve a felhasznált műtrágya mennyiséget és növényvédelmi költséget növényfélésegenként. A modellben szereplő, potenciálisan termelhető növények esetében az Agrárgazdasági Kutató Intézet és a Mezőgazdasági Géptani Intézet adataival dolgoztam, illetve szakirodalomból – **Antal** (2005), **Bai** (2007), **Gyulai** (2006), **Radics** (2008) – származó adatokat használtam fel. Az átlagolt adatokat egy hektárra vetítve építettem a modellbe.

2.2. Az alkalmazott adatelemzési módszerek

Kutatásom fő módszertani gerincét a termelési szerkezet vizsgálatára kitűnően alkalmas lineáris programozási feladat megfelelő, a körülményekhez igazodó adaptációja jelentette. A használt modell általános leírása többek között **Krekó** (1966), **Felleg-Ugrósdý** (1998), **Tóth Z.** (2009) műveiben található.

A **lineáris programozási modellben** mind a feltételrendszer, mind a célfüggvény csak elsőfokú összefüggéseket tartalmaz.

$$\begin{array}{ll} \mathbf{x} \geq \mathbf{0} & \text{nemnegativitási feltétel} \\ \mathbf{Ax} \leq \mathbf{b} & \text{lineáris feltételrendszer} \\ \mathbf{c} * \mathbf{x} \rightarrow \text{extr.} & \text{célfüggvény} \end{array}$$

A biomassa modell optimalizálását a Windows operációs rendszerre készített – internetről szabadon letölthető – **WinQSB** számítógépes programcsomag segítségével végeztem el. A lineáris programozási feladat kialakítása után a modell lefuttatható, a lineáris programozási feladat **primál megoldás**aként megállapítható az optimális termelési szerkezet. A számítógépes program további táblázatai megjelenítik, hogy az egyes erőforrásokból mennyit használtunk fel, mely erőforrások esetén maradt szabad kapacitás. Leolvashatjuk a duálmegoldást, megállapíthatjuk, az árnyékárakat, a redukált költségeket.

Az árnyékárak és a redukált költségek felhasználhatóak a lineáris programozási feladat **érzékenységvizsgálatára**. Az **árnyékárak** ismeretében a kimerült erőforrásokat értékelhetjük, azaz vizsgálhatjuk azt, hogy legfeljebb mennyire változtathatjuk meg egyenként a **b** kapacitásvektor komponenseit úgy, hogy az optimális megoldás ne változzon. A **redukált költség** azt jelenti egy termelésbe nem vont változó esetén, hogy mennyivel kellene javítani ezen változó célfüggvénybeli együtthatójának értékét ahhoz, hogy ez a változó is bekerülhessen a programba.

3. EREDMÉNYEK

A kutatási céloknak megfelelően a vállalati szintű biomassza termelés optimalizálására olyan LP modellt készítettem, amely a mezőgazdasági termeléssel foglalkozó vállalkozót segíti gazdasági szerkezetének tervezésében, erőforrásainak hasznosításában.

A szakirodalom tanulmányozása alapján megállapítottam, hogy számos modell ismert, amely a bioenergia-növények és a mezőgazdaságilag hasznosítható földterület-változás gazdasági hatásának jellemzésére szolgálhat. A megismert földhasználati modellek esetén próbáltam hazai adaptációra törekedni, ezek azonban nem vezettek megfelelő eredményre. Input adatként túl sok információt igényeltek, olyanokat, amelyek a hazai viszonyok között a gazdák nyilvántartási adataiban nem szerepelnek, nincs olyan regionális szolgáltatás, amely keretében a gazdák a szükséges adatokhoz hozzáférnének, az igényelt adatok megszerzése jelentős költség és időigénnyel járna. Az áttanulmányozott modellek többsége túl bonyolult ahhoz, hogy a magyar gazdák számára ajánlható legyen, mint felhasználóbarát alkalmazás, ami egyszerűen, külön felkészültség és költségek nélkül alkalmazható. Ezen okok miatt vált szükségessé egy új modell kidolgozása, amelynek a **Biomassza termelési modell** elnevezést adtam.

A vállalati terveket megalapozó modellszámításoknak három fő szakasza van.

Az input rendszer definiálása, a modell feltöltését megalapozó input táblarendszer összeállítása. E munkafolyamat vállalati szakemberek bevonásával a számításban szereplő tevékenységek fontosabb paramétereinek földminőség szerinti becslésére és olyan szakmai összefüggések átgondolására irányul, amelyek a következő évek tervszámaira várhatóan kihatással lesznek.

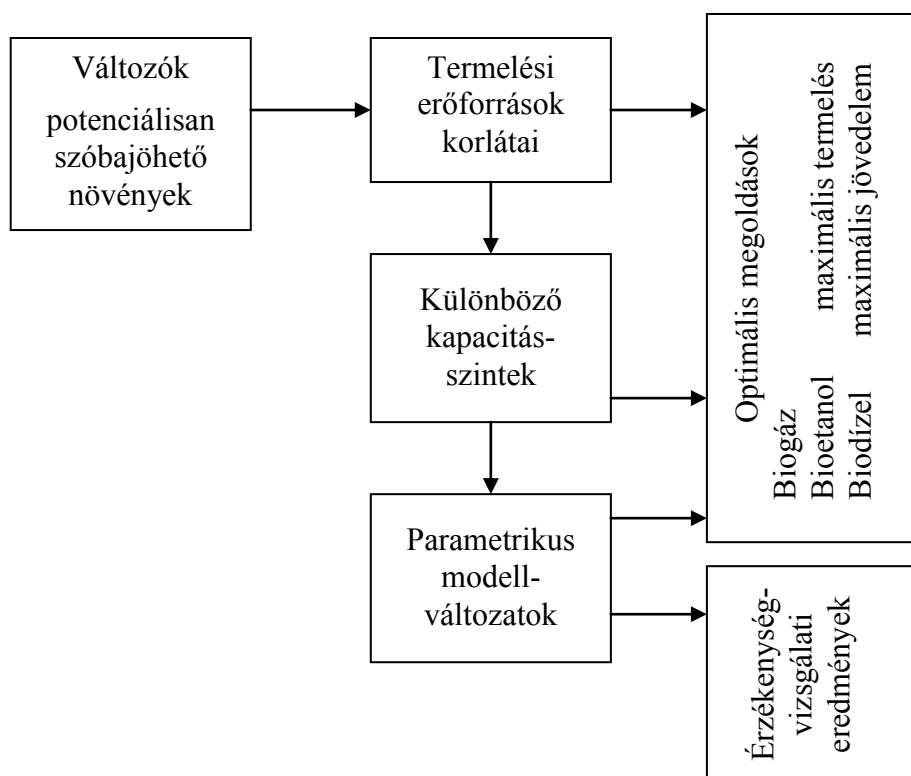
A tulajdonképpeni modellszámítási munkák elvégzése. A kialakított lineáris programozási feladat input táblarendszerének feltöltése és a célegyütthetők meghatározása után a számítógép segítségével kiszámítható a feladat megoldása, megállapítható az optimális termelési szerkezet.

A számítási eredmények értékelése, a különböző alternatívák mérlegelése, a fejlesztés irányára vonatkozó információk szakmai kontrolálása, megítélése, a tervezést végző szakemberek és a vállalati szakemberek közös, konzultációs jellegű megbeszéléseinek sora. Az értékelés során felmerülő új gondolatok, új alternatívák kidolgozási igénye esetén módosításra kerülhetnek az input-lapok, s a számítási munkákat meg lehet ismételni. Ennek során tudjuk értelmezni az energetikai célú termelés „versenyképességét”, amelynek mostanában nagy perspektívát tulajdonítanak a szakemberek.

3.1. A biomassza termelés Tass-pusztai modellje

A biomassza termelés optimalizációs modellje lineáris programozáson alapul, és lehetővé teszi, hogy egy általam kiválasztott mezőgazdasági területre vonatkozóan meghatározzam az optimális vetésszerkezetet különböző célfüggvények esetén. A döntés fő kérdése, hogy a rendelkezésre álló földterület és erőforrás kapacitás mellett

élelmiszer célú vagy inkább energetikai célú hasznosítás irányába célszerű elmozdulni. Az általánosíthatóság kedvéért olyan modellt szándékoztam felállítani, amely a biogáz, a bioetanol és a biodízel végtermékre történő optimalizálást is szemléltetni tudja. A modellt olyan vállalkozások számára készítettem, amelyek komolyan szándékoznak bioenergia termeléssel, esetleg közvetlen hasznosítással foglalkozni. Az 1. ábrán mutatom be a modell szerkezeti logikáját.



1. ábra: A modell szerkezeti logikája

Forrás: Szűcs I. et al. (2009)

Manapság már reális lehetősége van a „energiafarmok” alapításának. Tekintettel arra, hogy a működési költségek kétharmada alapanyagköltség, fontos kérdés, hogy az energetikai és élelmiszertermelési célok egymáshoz viszonyított versenye hogyan alakul. A modellparaméterek meghatározását az erre vonatkozó szakirodalom áttanulmányozása és a használható módszerek kiválasztása előzte meg. A paraméterek becsléséhez figyelembe vettem egy modellszintű energiavállalkozás fontosabb beruházás-gazdaságossági költség-hozam viszonyait. Ebben Szűcs I. et al. (2008) számításaira támaszkodtam.

Energianövényként elsősorban a különböző gyorsan növő, gyakrabban kitermelhető, nagy tömeget adó fajok jöhetnek szóba, de a szántóföldi, elsősorban élelmiszeripari céllal termesztett növények közül a búza, kukorica, napraforgó, repce, burgonya, cukorrépa is hasznosítható energianövényként.

A termelés szempontjából számításba vehető növények kiválasztása a Tasspusztai Tangazdaság viszonylag egyszerű termelési szerkezetéből kiindulva, az általánosíthatóság lehetőségének nyitva hagyásával történt. A termelési szerkezetet feltételelesen termelhető növényi körrel egészítettem ki, s ezekre feltételezett termelési

paramétereket dolgoztam ki és építettem be a modellbe. A modell változóit az 1. táblázatban foglaltam össze.

1. táblázat: A Tass-pusztai modell változói

Megnevezés	Változó	Mértékegység	Megnevezés	Változó	Mértékegység
Búza	x_1	ha	Burgonya (energ. célú)	x_{10}	ha
Búza (energetikai célú)	x_2	ha	Cukorrépa	x_{11}	ha
Zab	x_3	ha	Cukorrépa (energ. célú)	x_{12}	ha
Zab (energetikai célú)	x_4	ha	Napraforgó	x_{13}	ha
Rozs	x_5	ha	Napraforgó (energ. célú)	x_{14}	ha
Rozs (energetikai célú)	x_6	ha	Repce	x_{15}	ha
Kukorica	x_7	ha	Szója	x_{16}	ha
Kukorica (energetikai. célú)	x_8	ha	Cukorcirok	x_{17}	ha
Burgonya	x_9	ha	Csicsóka	x_{18}	ha

Forrás: saját szerkesztés

A modell feltételrendszere

A modell input táblázatának elkészítéséhez szükség van az erőforrások, kapacitások számbavételére, a termesztendő növények technikai-technológiai adataira, majd ezek alapján a feltételrendszer matematikai megfogalmazására. A feltételrendszer megfogalmazása előtt megemlítem, hogy a különböző célú termékelőállítás során a termesztéstechnológiák azonosak, hiszen pl. a takarmányozási célú szemeskukorica termelés és a biohajtóanyag alapját képező kukoricatermelés technológiája között lényeges különbség nincs, tehát a versenyképesség a végtermék értékesítési csatornáiban kialakuló különbség szerint dől el.

A mérlegfeltételek megfogalmazása:

- Nem-negativitási feltételek felírása.
- A terület-felhasználás mérlegfeltételeinek megfogalmazása. A változók az egyes növények vetésterületét jelentik. Egy vállalat földterülete általában több talajtípusból tevődik össze, így szükségessé válhat az egyes talajtípusok szerint megbontott mérlegfeltételek modellbe építése. Az egyszerűsített modell erre nem tér ki.
- A vetésváltási szempontoknak megfelelően egyes növények maximális vetésterületének meghatározása egyedi korlátok bevezetésével.

A munkaerő szükségletet és a gépkapacitást csak a csúcsidőszakra írom fel, mert a többi időszakban azok nem lehetnek meghatározóak a termelési szerkezet szempontjából. Így jelentős mértékben csökkenthetjük a mérlegfeltételek számát,

illetve a modell terjedelmét anélkül, hogy az befolyásolná a megoldás pontosságát. A valóságtól eltérő egyszerűsítés a jobb áttekinthetőség céljából történt.

A technológiának megfelelően az alábbi sorok illeszthetők a modellbe.

- Munkaerő szükséglet (óra/ha) a VII. a IX. és a X. hónapban.
- Erőgép szükséglet (óra/ha) az 1., a 2., és a 3. szezonban.
- 2. típusú munkagép szükséglet (óra/ha) az 1. a 2. és a 3. szezonban.
- 3. típusú munkagép szükséglet (óra/ha) az 1. a 2. és a 3. szezonban.
- Szükséges műtrágya mennyiség (kg/ha) nitrogén, foszfor és kálium hatóanyag.

A mérlegfeltételek alapján készítettem el az input táblázatot (2. táblázat).

A modell célfüggvényei

- Elérhető maximális jövedelem.
- Megtermelhető biomassza maximális mennyisége.
- A megtermelhető biomasszából előállítható biogáz maximális mennyisége.
- Biogáz előállítás esetén elérhető maximális jövedelem.
- A megtermelhető biomasszából előállítható bioetanol maximális mennyisége.
- Bioetanol előállítás esetén elérhető maximális jövedelem.
- A megtermelhető biomasszából előállítható biodízel maximális mennyisége.
- Biodízel előállítás esetén elérhető maximális jövedelem.

A célfüggvényeket a 3. táblázatban foglaltam össze.

A megtermelhető biomasszából előállítható biogáz maximális mennyiségénél a nettó energiatartalomtól általánosan számított mutatókat használtam fel. Biogáz előállítás esetén elérhető maximális jövedelem esetén átlagosan 10 Ft/m³ jövedelemmel kalkuláltam.

Biodízel esetében maximális jövedelemre nem lehet optimalizálni, mivel a biodízel előállítási költsége és átvételi ára megegyezik 262,5 Ft/l. Az olajsajtolás költségei miatt szóba jöhető növények köre is leszűkül.

Bioetanol előállítás esetén elérhető maximális jövedelem számításánál 160 Ft-os átvételi árat vettem figyelembe.

2. táblázat:
Input táblázat

Erőforrás megnevezése	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}		\underline{b}
	búzaét	búzaen	zabtak	zaben	rozstak	rozsen	kuktak	kuken	burgét	burgen	crépaét	crépaen	repce	naprét	napren	szója	ccirok	csicsóka	reláció	kapacitás
Terület (ha)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	≤	480
Kalászmáx66%	1	1	1	1	1	1													≤	320
Crépa máx25%											1	1							≤	120
Repce máx25%													1						≤	120
Napr máx25%														1	1				≤	120
m-erő07 (ó/ha)	7	7	8	8	8	8	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	≤	520
m-erő09 (ó/ha)	1	1	1	1	0,5	0,5	2	2	4	4	2	2	0	2	2	0	0	0	≤	800
m-erő10 (ó/ha)	2	2	2	2	1	1	7	7	4	4	0	0	0	1	1	0	0	0	≤	520
e-gép-1 (ó/ha)	1	1	1	1	2	2	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	≤	820
e-gép-2 (ó/ha)	1	1	0,9	0,9	1	1	0,1	0,1	1	1	2	2	0	2	2	0	1	0	≤	820
e-gép-3 (ó/ha)	4	4	0,8	0,8	1	1	2	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	≤	820
2-gép-1 (ó/ha)	1	1	1	1	2	2	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	≤	900
2-gép-2 (ó/ha)	1	1	0,9	0,9	1	1	0,1	0,1	1	1	2	2	0	2	2	0	1	0	≤	900
2-gép-3 (ó/ha)	4	4	0,8	0,8	1	1	2	2	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	≤	900
3-gép-1 (ó/ha)	1,5	1,5	1,5	1,5	3	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	≤	400
3-gép-2 (ó/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	≤	400
3-gép-3 (ó/ha)	0	0	0	0	0	0	2	2	4	4	0	0	0	1	1	0	0	1	≤	400
N hatóa.kg/ha	121	121	70	70	53	53	168	168	125	125	230	230	126	100	100	124	140	200	≤	70000
P hatóa.kg/ha	50	50	30	30	25	25	66	66	50	50	115	115	80	75	75	74	70	75	≤	500000
K hatóa.kg/ha	81	81	73	73	55	55	180	180	225	225	360	360	100	175	175	102	70	250	≤	300000

Forrás: A mintagazdaság adatai, valamint szakirodalmi források alapján saját szerkesztés

3. táblázat:

A célfüggvények összefoglaló táblázata

Célfüggvény	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}		
	búzaét	búzaen	zabtak	zaben	rozstak	rozsen	kuktak	kuken	burgét	burgen	crépaét	crépen	repce	naprét	napren	szója	ccirok	csicsóka		cél
Elérh.max jöv	100	110	80	86	80	86	105	125	300	360	160	200	130	125	137	120	190	180	=	max
biomassz.max	5	7,5	3	4,5	2,5	4	6	11	25	40	40	50	2,5	3	6	2	35	50	=	max
max. biogáz	2565	3040	1710	2052	567	852	3828	5423	2198	307	4104	4788	1626	2280	2850	1680	2256	1400	=	max
biogáz.max.jöv	25,65	30,40	17,10	20,52	5,67	8,52	38,28	54,23	21,98	3,07	41,04	47,88	16,26	22,80	28,50	16,80	22,56	14,00	=	max
bioetanol	1500	1725	900	1035	750	885	2300	2675	2000	2750	4000	4500					4700	5000	=	max
etanol max.jöv	75,00	69,00	45,00	41,40	37,50	35,40	161,0	160,5	280,0	522,5	200,0	180					470,0	450,0	=	max
max biodízel				217			172						600	980		400			=	max
dízel max jöv				56,96			45,15						157,5	257,3		105,0			=	max

Forrás: A mintagazdaság adatai, valamint szakirodalmi források alapján saját szerkesztés

3.2. A modellszámítások eredményeinek értékelése

A korábban körülírt alapadatok (input) számítógépbe történő bevitele, a kialakított lineáris programozási feladat input táblarendszerének feltöltése és a célegyütthetők meghatározása után a számítógép segítségével kiszámítható a feladat megoldása, megállapítható az optimális termelési szerkezet.

Az alapmodell számítási eredményei

Ha a cél az elérhető maximális jövedelem, az optimális termelési szerkezet:

Burgonya (energetikai célú)	100 ha
Cukorrépa (energetikai célú)	120 ha
Repce	120 ha
Szója	140 ha
Elérhető maximális jövedelem:	92 400 000 Ft

Ha a cél a megtermelhető biomassza maximális mennyisége, az optimális termelési szerkezet:

Cukorrépa (energetikai célú)	120 ha
Csicsóka	360 ha
Elérhető maximális biomassza tömeg:	24 000 tonna

A csicsóka termőterületére érdemes lehet korlátot beiktatni – pl. ne haladja meg a teljes terület 10%-át. Ebben az esetben az optimális vetésszerkezet a következő:

Kukorica (energetikai célú)	32 ha
Burgonya (energetikai célú)	72 ha
Cukorrépa (energetikai célú)	120 ha
Cukorcirok	208 ha
Csicsóka	48 ha
Elérhető maximális biomassza tömeg:	18 912 tonna

Biogáz mennyiség maximalizálása esetén búzát 3,75; kukoricát 22,5; burgonyát 88,75; cukorrépát 120; repcét 120; cukorcirkot 120 hektáron kellene termesztetni, hogy a megtermelhető biogáz mennyisége maximális legyen. Maximálisan 1 446 901 m³ biogáz mennyiséget lehet ebben az esetben elérni. 10 Ft/m³ jövedelemmel kalkulálva az így elérhető maximális jövedelem 14 469 010 Ft lehet.

A maximálisan kinyerhető biodízel mennyisége 285 600 liter abban az esetben, ha a területet repce, napraforgó és szója termesztésére tudjuk használni, ahol a maximálisan elérhető jövedelem 74 970 000 Ft lehet.

A megtermelhető biomasszából előállítható bioetanol maximális mennyisége elméletileg elérheti a 2 292 000 litert. Ebben az esetben az optimális termelési szerkezetben csak a csicsóka és a cukorcirok szerepel. Amennyiben

korlátozzuk 10-10%-ra e két növény termőterületét, az optimális termelési szerkezetben más növények is helyet kapnak, de így a kinyerhető bioetanol mennyisége maximálisan 1 322 459 liter lehet. Bioetanol célú termelés esetén az elméletileg elérhető jövedelem maximuma 224 millió Ft lenne. Ha agrotechnikai tényezők figyelembevételével a csicsókára és a cukorcirokra 10-10%-os területi korlátot írunk elő, akkor 107 654 000 Ft jövedelem várható.

Az eredményeket összefoglalva azonos területre vetítve tehát az optimalizációs feladat megoldása után a következő jövedelemtömeg prognosztizálható:

- Élelmiszcélú termelésre történő optimalizálás esetén: 92 400 000 Ft
- Biogázra történő maximálás esetén: 14 469 010 Ft
- Biodízélre történő optimalizálás esetén: 74 970 000 Ft
- Bioetanolra történő optimalizálás esetén elméletileg: 224 000 000 Ft

A vizsgált gazdaság már rendelkezik biogáz üzemmel. A 480 ha területen elérhető jövedelemtömeg nagyságát elemezve megállapítható, hogy a főtermékből történő biogáz előállítás az élelmiszer illetve takarmányozási célú értékesítés töredékét (15,66%-át) éri csak el. Ez azt jelenti, hogy biogáz termelésre csak mellékterméket érdemes felhasználni, a főterméket pedig értékesíteni kell.

A Tass-pusztai Tangazdaság esetében az ökológiai adottságok szerint biodízél üzem is létrehozható azaz úgynevezett energiafarm alakítható ki. Ha a teljes területen biodízél előállítására alkalmas növényeket – pl. napraforgót, repcét illetve szóját termelnének, és ezt teljes mennyiségben biodízéllé alakítanák át, a 480 ha területről elérhető jövedelemtömeg 81,14%-át tenné csak ki az élelmiszer és takarmányozási célú bevételnek úgy, hogy a biodízél üzem beruházásának megtérülését még nem is vesszük figyelembe.

A mintagazdaságban felvetődött bioetanol üzem létesítésének lehetősége is. Számításaim alapján a bioetanol előállításra történő növényi alapanyag termelés és energetikai célú saját feldolgozás gazdaságosabbnak tekinthető az élelmiszer, illetve takarmányozási célra történő értékesítéssel szemben. A területen termesztett bioetanol célra alkalmas növényekből elméletileg 2 292 000 liter bioetanol nyerhető ki. Azonban agrotechnikai megfontolások miatt a cukorcirokra és a csicsókára területi korlát beiktatásával jóval szerényebb, de realisabb – 1 322 459 liter – mennyiségű bioetanol kalkulálható, ami 16,5%-kal több az élelmiszer és takarmányozási célú felhasználás esetén várt jövedelemnél.

Azok a mezőgazdasági vállalkozások, amelyek energetikai célra termelnek biomasszát, magasabb összegű területalapú támogatást kaphatnak. Ez az egy hektárra jutó jövedelmet 10-15%-kal megnövelheti az élelmiszer célú értékesítéssel szemben. Ezt a támogatást csak akkor kaphatják, ha hosszabb távú szerződést kötnek adott bioenergiát előállító üzemmel. A tapasztalat szerint a mezőgazdasági vállalkozók nem szívesen vállalják ezt, mivel az időjárási viszonyok – több aszályos év egymás után, korai fagyok, árvizek miatt kipusztuló vetések - miatt nagy a termésingadozás.

A kapott megoldást tehát részletes vizsgálatnak kell alávetni. Az árnyékárak és a redukált költségek ismeretében lehet a programon módosítani. A felvetődött problémákat a modell méretének növelésével, további részletezésével, összefüggések leírásával, kapacitáskibővítéssel, új tevékenység beiktatásával, új korlátok bevezetésével lehet megoldani. Az értékelés során felmerülő új gondolatok, új alternatívák kidolgozási igénye esetén módosításra kerülhetnek az input-lapok, s a számítási munkákat meg lehet ismételni. Ennek során tudjuk értelmezni az energetikai célú termelés „versenyképességét”.

3.3. Érzékenységi és hatékonysági vizsgálatok

Érzékenységi vizsgálatokat végeztem az egyes növények esetében a tényezőfelhasználás-változás hatására vonatkozóan. Ennek megfelelően azt vizsgáltam, hogyan hat a termelési szerkezetre az input – output árak változása, az egyes bioenergetikai végtermékek versenypozíciója hogyan függ az erőforrások kapacitásának változásától, hogyan befolyásolja az optimális vetésszerkezetet és az elérhető maximális jövedelmet az, ha a terület, a munkaerő, a műtrágya és a gépkapacitás mennyisége 10-20-30%-kal nő illetve csökken. A változás következtében hogyan alakulnak az alábbi hatékonysági és igényességi mutatók biogáz, bioetanol, biodízel célú termelés esetében:

hatékonysági mutatók:

- egy hektárra jutó termék,
- egy munkanapra jutó jövedelem,
- egy gépnapra jutó jövedelem,

illetve igényességi mutatók

- egy tonna termék előállításához szükséges terület,
- ezer Ft előállításához szükséges élőmunka,
- ezer Ft jövedelem előállítására felhasznált gépi munka.

Az **érzékenységvizsgálat** során vizsgálhatjuk, hogy legfeljebb mekkora árváltozás esetén marad optimális a jelenlegi termelési program – azaz legfeljebb mennyivel változtathatjuk meg a célfüggvény együtthatóit, hogy az optimális megoldás változatlan maradjon, illetve az árak változása esetén hogyan módosul a jövedelem. Másik szempontból a kapacitásvektorok változását is elemezhetjük, ugyanis egy bizonyos határon túl – ha egy adott erőforrásból többet használunk – a többi erőforrás szűkössége lesz hatással az árbevétel növekedésére.

Ha a cél az elérhető maximális jövedelem (1.célfüggvény), **a primál megoldás** (az optimális termelési szerkezet): burgonya (energia célú) 100 ha; cukorrépa (energia célú) 120 ha; repce 120 ha; szója 140 ha – az elérhető maximális jövedelem 92 400 000 Ft.

A program által megadott táblázatból az egyes növények **redukált költségeit** is le tudjuk olvasni. A búza, zab, rozs, kukorica, étkezési burgonya, étkezési cukorrépa, napraforgó, cukorcirok nem szerepel a bázismegoldásban. Ezeknek az úgynevezett szabad változóknak van redukált költsége. A megengedhető minimum illetve

maximum a megfelelő célfüggvény együttható változásainak azon határait adja meg, melyen belül a feladat optimális megoldása nem változik (természetesen a célfüggvény értéke igen).

A redukált költség például az étkezési búza esetében -20. Ez azt jelenti, hogy a búza akkor kerülhet be az optimális megoldásba, ha 20 ezer Ft-tal nagyobb jövedelmet, azaz 120 ezer Ft hektáronkénti jövedelmet tudunk elérni. A 4. táblázatban számításokat végeztem úgy, hogy a búza célfüggvény együtthatóját 10-20-30%-kal növeltem. Ha ennél alacsonyabb a hektáronként elérhető jövedelem, a program nem választja be a búzát a bázisba. A búzánál 0-tól 119 ezer Ft közötti célegyütthatóval számolva ugyanaz az optimális termelési szerkezet és természetesen a célfüggvény értéke is. 120 ezer Ft fölött viszont változik redukált költség, Ennek megfelelően 840 ezer Ft jövedelemig kapnánk ugyanazt az optimális megoldást, csak a célfüggvény értéke változna.

4. táblázat:

A búza helye a termelési szerkezetben különböző 1 ha-ra jutó jövedelem-szintek esetében

Búza jövedelem Ft/hektár		- 30%	-20%	-10%	100%	+10%	+20%	+30%
		84	96	108	120	132	144	156
x ₁	Búza(étkezési és tak.célú)				6,7	6,7	6,7	6,7
x ₁₀	Burgonya (energetikai célú)	100	100	100	100	100	100	100
x ₁₂	Cukorrépa (energetikai célú)	120	120	120	120	120	120	120
x ₁₃	Repce	120	120	120	120	120	120	120
x ₁₆	Szója	140	140	140	133,3	133,3	133,3	133,3
Maximális jövedelem (ezer Ft)		92400	92400	92400	92400	92480	92560	92640

Forrás: saját számítás

A **duál megoldás táblázatából** le tudjuk olvasni, hogy az egyes erőforrásokból mennyi hasznosult, van e még szabad kapacitás. Azoknak az erőforrásoknak van „**árnyékára**”, amelyeket teljes mértékben felhasználtunk az optimális termelési szerkezethez.

Ha a cél az elérhető maximális jövedelem, akkor árnyékárát a területnél, a vetésforgónál és a 3. munkagép 3. időszakában találhatunk. A terület árnyékára 120 ezer Ft, tehát ha a felhasználható terület nagyságát 1 hektárral növelnénk, a jövedelem 120 ezer Ft-tal nőne. A vetésforgónál agrotechnikai, növényvédelmi okok miatt nem változtathatunk.

Ha a 3. munkagép (betakarítógép) kapacitását egy egységgel (egy munkaórával) növeljük, a jövedelem 60 ezer Ft-tal lenne több. Az optimális termelési szerkezet 520 munkaóra kapacitásig lényegesen nem változik.

A számítógépes program táblázatából megállapítható, hogy 340 és 520 hektár területnagyság között a termelési szerkezet lényegesen nem változna, ugyanazokat a növényeket választja be a program jövedelmezőségük sorrendjében. Viszont 340 hektár alatt illetve 520 hektár fölött más növények lépnek be. A terület

változtatásánál a vetésforgó miatti egyedi korlátok is változhatnak, a felhasznált erőforrások mértéke is változik, így árnyékáruk is.

A terület nagyságának változtatása

A terület árnyékára 120 ezer Ft volt, tehát ha tudunk területet bérbe venni hektáronként 120 ezer Ft-tal nőne az elérhető jövedelem. Azonban a vetésforgó korlátozza az egyes növények maximális területét. Ennek ismeretében lefuttattam a programot úgy, hogy a terület nagyságát 10–20–30%-kal növeltem illetve csökkentettem és vizsgáltam, hogyan módosul a vetésszerkezet illetve az elérhető jövedelem. Ennek eredményét az 5. táblázatban foglaltam össze.

5. táblázat:

A terület változtatásának hatása az optimális vetésszerkezetre és a várható jövedelemre a vetésforgó figyelembevételével

Terület (ha)	- 30%	-20%	-10%	100%	+10%	+20%	+30%
	366	414	432	480	528	576	624
Burgonya (energetikai célú)	100	100	100	100	100	100	100
Cukorrépa (energetikai célú)	91,5	103,5	108	120	132	144	156
Repce	91,5	103,5	108	120	132	144	156
Szója	82	107	116	140	156	132	108
Elérhető max. jöv.(ezer Ft)	76155	82945	86560	92400	98280	99360	100440

Forrás: saját számítás

6. táblázat: A hatékonysági illetve igényességi mutatók alakulása a felhasznált terület nagyságának változtatása szerint

	-30%	-20%	-10%	100%	10%	20%	30%
Felhasznált terület(ha)	366	414	432	480	528	576	624
Elérhető max.jöv. (e Ft)	76155	82945	86560	92400	98280	99360	100440
Ezer Ft/ha	208,07	200,35	200,37	192,50	186,14	172,50	160,96
ha/ezer Ft	0,00481	0,00499	0,00499	0,00519	0,00537	0,00580	0,00621

Forrás: saját számítás

A felhasznált terület hatékonyságára vonatkozó számításokat a 6. táblázat tartalmazza. Az erőforrás kapacitásának növelésével az egy hektár területre jutó jövedelem csökken, tehát a terület hatékonysága romlik. Az igényességi mutató, azaz az ezer Ft előállítására felhasznált terület nagysága viszont nő.

A gépi munka kapacitás változtatása

A 3. munkagép 3. időszak árnyékára 60 ezer Ft volt, tehát ha tudunk bérelni ilyen (betakarító) gépet, gépi munkaóránként 60 ezer Ft-tal nőne a jövedelem. Lefuttattam a programot úgy, hogy a 3. munkagép 3. időszaki kapacitását 10–20–30%-kal növeltem illetve csökkentettem és vizsgáltam, hogyan módosul az optimális megoldás és a célfüggvény értéke. A 7. táblázatban foglaltam össze az eredményeket.

7. táblázat: A 3. munkagép kapacitás változtatásának hatása a 3. időszakban az optimális vetésszerkezetre és várható jövedelemre

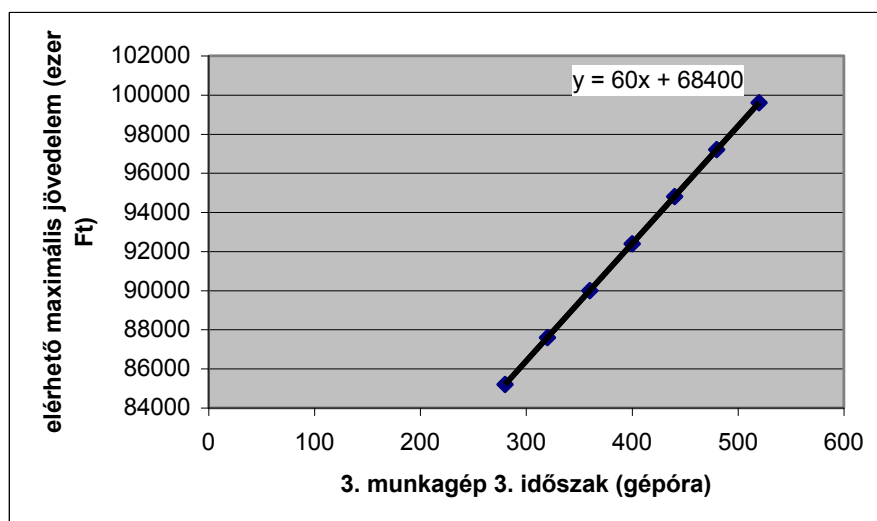
3. munkagép kapacitása a 3. időszakban (gépi munkaóra)	- 30%	-20%	-10%	100%	+10%	+20%	+30%
Burgonya (energetikai célú)	70	80	90	100	110	120	130
Cukorrépa (energetikai célú)	120	120	120	120	120	120	120
Repce	120	120	120	120	120	120	120
Szója	170	160	150	140	130	120	110
Elérhető max.jöv.(ezer Ft)	85200	87600	90000	92400	94800	97200	99600

Forrás: saját számítás

Tehát ha a 3. munkagép kapacitását a 3. időszakban 0-tól 520 gépi munkaóra között változtatjuk, az a burgonya és a szója vetésterületét kis mértékben módosítja, de a cukorrépa és a repce vetésterülete nem változik.

Ha van lehetőség plusz munkagépet bérelni és a 3. időszakban (betakarítás) és a gépi munkaórák mennyiségét 10, 20 illetve 30%-kal növelni, akkor az optimális vetésszerkezet csak kis mértékben változik, de az elérhető maximális jövedelem a gépi munka árnyékára és a gépi munkaórák számának szorzatával nő. Azaz ha az árnyékár 60 ezer Ft és a 10%-os változtatás 40 gépi munkaórát jelent, akkor az elérhető jövedelem kidolgozott változatonként 2 400 000 Ft-tal lesz több mindaddig, amíg egy másik erőforrás ki nem merül és korlátként nem lép fel.

Pontdiagramon ábrázolhatjuk (2. ábra) a gépi munkaórák száma és az elérhető maximális jövedelem közötti összefüggést. Az árnyékárak értelmezése alapján nyilvánvaló, hogy az adott intervallumban a kapcsolat egy lineáris függvénnyel írható le, tehát ha a gépi munkaóra felhasználás 1 egységgel nőne a 3. gép 3. időszakában, úgy 60 ezer Ft-tal nőne az elérhető jövedelem tömege.



2. ábra: A 3. munkagép 3. időszakra vonatkozó kapacitása és az elérhető maximális jövedelem közti összefüggés

Forrás: saját szerkesztés

8. táblázat: A 3. munkagép kapacitásának változtatása a 3. időszakban és a hatékonysági illetve igényességi mutatók alakulása

3. munkagép kapacitása a 3. időszakban (gépi óra)	-30%	-20%	-10%	100%	10%	20%	30%
	280	320	360	400	440	480	520
Elérhető max. jöv.(e Ft)	85200	87600	90000	92400	94800	97200	99600
Ezer Ft/gépi óra	304,29	273,75	250,00	231,00	215,45	202,50	191,54
Gépi óra/ezer Ft	0,0033	0,0037	0,0040	0,0043	0,0046	0,0049	0,0052

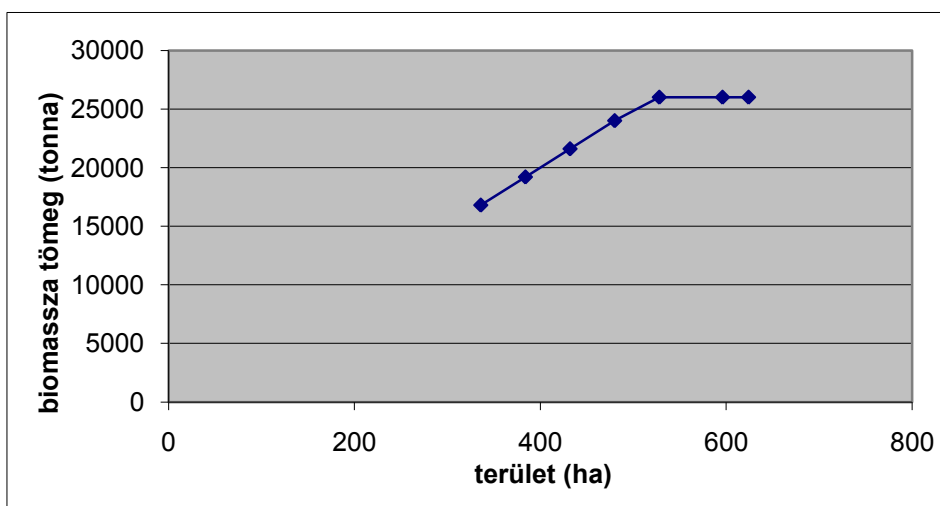
Forrás: saját számítás

A 8. táblázat adataiból láthatjuk, hogy az egy gépi munkaóra jutó jövedelem a kapacitás bővülésével csökken, így megállapíthatjuk, hogy a 3. munkagép hatékonysága a kapacitás növelése esetén csökken. Ez azzal magyarázható, hogy a program először azokat a növényeket választja be, amelyek az adott erőforrásból a legkevesebbet használják fel, ahol a legnagyobb az erőforrás hatékonysága (itt a szója, repce burgonya és a cukorrépa). Minél több van egy adott erőforrásból, sorban be tudja vonni a program azokat a növényeket is az optimális vetésszerkezetbe, amelyeknek nagyobb a gépi munka szükséglete.

Az igényességi mutatót vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az ezer Ft jövedelem előállítására felhasznált gépi munkaóra a kapacitás bővülésével növekszik.

A többi célfüggvénnyel történt futtatások eredményeit hasonló szisztéma szerint elemeztem. A számítások a dolgozatomban megtalálhatóak. A továbbiakban csak néhány részlet emelek ki a különböző célfüggvények alkalmazása esetén kapott megoldások elemzéséből.

A második célfüggvénnyel történt futtatás a megtermelhető biomassza maximális mennyiségére vonatkozott. A területre és a 3. gép 2. időszakára kaptam árnyékárat. Ennek megfelelően a modellben először a terület nagyságát változtattam és vizsgáltam, hogyan módosul a megtermelhető biomassza mennyisége. Pontdiagramon ábrázoltam a terület és a biomassza tömege közti összefüggést. A 3. ábrán jól látható, hogy a terület növelésével a megtermelhető biomassza mennyisége egy bizonyos határig növekedni fog, utána stagnál. Egy másik erőforrás relatív hiánya miatt ugyanis 521 hektárnál a munkaerő lép be, mint kimerülő erőforrás.



3. ábra: A terület nagysága és a termelhető biomassza mennyisége közötti kapcsolat

Forrás: saját szerkesztés

A terület nagysága és a megtermelhető biomassza mennyisége közötti kapcsolat az adott tartományban egy szakaszonként lineáris függvénnyel írható le.

A hatékonysági és igényességi mutatók elemzése során megállapítottam, hogy 521 hektár nagyságig az egy hektárra jutó biomassza tömeg illetve az egy tonna biomassza előállításához szükséges terület nagysága nem változik. 521 hektár fölött a termőterület növelése egyre kisebb arányban növeli a biomassza tömeget. Ennek konkrétan ebben az esetben az az oka, hogy az optimális vetésszerkezetben szerepel a cukorrépa, mint a legnagyobb biomassza tömeget adó növény, de mivel cukorrépat maximum négyévente lehet ugyanarra a helyre vetni, a vetésforgóban legfeljebb 25%-ot érhet el.

Amennyiben a csicsókára is előírnánk a 10%-os területi korlátot, a maximálisan előállítható biomassza tömeg 521 hektár fölött gyakorlatilag nem növekedne.

480 hektár fölött ugyanis egyre több növény kerül be az optimális megoldásba, de ezek egy hektárra jutó biomassa tömege kisebb.

A területnöveléshez hasonlóan a vetésforgó miatt a 3. munkagép kapacitásának növelése is csak egy bizonyos határig növeli intenzíven az előállítható biomassa tömegét. Az egy gépi órára jutó biomassa tömege és az egy tonna biomassa tömeg előállításához szükséges gépi munka tekintetében 360 hektár fölött a hatékonyság csökken.

A megtermelt biomasszából előállítható biogáz maximális mennyiségére – a harmadik célfüggvénnyel történt futtatásnál – a munkaerőre kaptam árnyékárát július és október hónapban. Ennek megfelelően azt vizsgáltam, hogyan alakul az optimális vetésszerkezet, ha a munkaerő kapacitást egyidejűleg július és október hónapban is egyformán változtatom.

9. táblázat:

A munkaerő kapacitás növelésének hatása az optimális vetésszerkezetre

	- 30%	-20%	-10%	100%	+10	+20%	+30%
Munkaerő (munkaóra)	364	416	468	520	572	624	676
Búza (energetikai célú)				3,75	9,2	14	19,6
Kukorica (energ.célú)		3,2	13,6	22,5	36,8	57,6	78,4
Burgonya (energ.célú)	61	68,4	80,8	88,7	74	48	22
Cukorrépa (energ. célú)	120	120	120	120	120	120	120
Repce	63	101,2	120	120	120	120	120
Napraforgó (energ.célú)	120	120	49,6				
Cukorcirok			70,4	120	120	120	120
Biogáz mennyiség(ezer m ³)	1207	1309	1392	1447	1493	1544	1593

Forrás: saját számítás

A 9. táblázat adataiból megállapítható, hogy a munkaerő kapacitás növelése jelentősen befolyásolja az optimális vetésszerkezetet.

A megtermelhető biomasszából előállítható bioetanol maximális mennyisége (5. célfüggvény) akkor érhető el, ha az optimális vetésszerkezet: cukorcirok 360 ha; csicsóka 120 ha. Ekkor a kinyerhető bioetanol maximális mennyisége 2 292 000 liter.

Árnyékára a területnek van: 4700 liter. Ennek megfelelően a terület nagyságát csökkentettem illetve növeltem 10-20-30%-kal. A terület nagyságának módosítása - amennyiben nem korlátozzuk a csicsóka és a cukorcirok mennyiségét - a vetésszerkezeten alig módosít. A csicsóka optimális területe fixen 120 hektár, a fennmaradó területet foglalja el a cukorcirok. Az adott erőforrások mellett 528 hektár

fölött a mennyiség – és így az árbevétel sem növekszik. Az egy hektárra jutó bioetanol illetve az egy liter bioetanol előállításához szükséges terület alapján számított mutatók szerint a terület növekedésével a hatékonyság csökken.

Ha korlátozzuk 10-10%-ra a csicsóka és a cukorcirok termőterületét, akkor az optimális termelési szerkezetben más növények is helyet kapnak, de így a kinyerhető bioetanol mennyisége maximálisan 1 322 459 liter lehet.

Ennél a futtatásnál a munkaerőre a 7. és a 10. hónapban valamint a 3. gép 3. időszakára kaptam árnyékárát.

Ha a munkaerő kapacitását egyidejűleg júliusban és októberben is változtatjuk, jelentősen módosul az optimális vetésszerkezet és így az előállítható bioetanol mennyisége is.

Bioetanol célú termelés esetén a munkaerő kapacitás növekedésével a hatékonyság csökken, mivel bekerülnek olyan növények is az optimális vetésszerkezetbe, amelyek kevésbé hatékonyan használják fel ezt az erőforrást.

3.4. A modell „Copyright” általánosított változata

Kutatási munkám során – esetleges értékesítés céljára – elkészítettem a modell copyright változatát CD formátumban. A CD-n megtalálható az alapmodell, gyakorlatilag egy adatbázis az egyes energia célú biomassza termelés szempontjából szóba jöhető növények általános (alaptechnológia) technológiai paraméterekkel, ajánlott feltételrendszerrel, ajánlott célfüggvényekkel – mely az adott gazdaság paramétereire igazítható.

A rendszer az Operációkutatás oktatásában használt WINQSB szoftver általam egyszerűsített változatával működtethető. A kezeléshez elegendő a Windows alapú számítógépes programok legfontosabb alapjainak az ismerete. Ennek megtanulása egyszerű, a szükséges ismeretek a számítástechnikában járatlanok számára is könnyen elsajátíthatók.

Úgy gondolom, hogy a CD használata nagyban tudja segíteni a tervezés hatékonyságát. Az adott gazdaság adataival feltöltve gyorsan és egyszerűen készíthetők el a tervváltozatok.

3.5. Új és újszerű tudományos eredmények

1. A matematikai programozás eszközeinek felhasználásával olyan **modellt állítottam fel**, amely a mezőgazdasági vállalkozások számára lehetőséget ad viszonylag egyszerű, de szimulációs jelleggel működtethető modellszámításokra. Az általánosíthatóság kedvéért olyan modellt szándékoztam elkészíteni, **amely a biogáz, a bioetanol és a biodízel végtermékre történő optimalizálást is szemléltetni tudja**. A döntés fő kérdése, hogy a rendelkezésre álló földterület és erőforrás kapacitás mellett élelmiszer célú, vagy inkább energetikai célú

hasznosítás irányában célszerű elmozdulni. **A biomassa termelés optimalizációs modellje lineáris programozáson alapul** és lehetővé teszi, hogy egy kiválasztott mezőgazdasági területre vonatkozóan meghatározzuk az optimális vetésszerkezetet, különböző célfüggvények esetén.

2. A mintagazdaságban konkrét számításokat végeztem, amelyek során versenyeztettem az élelmiszer célú, valamint az energetikai célú növénytermesztési ágazatokat, és bizonyítottam, hogy **adott feltételrendszer mellett az energetikai növények közül a bioetanol előállítására alkalmas növények termelése versenyképes az élelmiszer célú termeléshez viszonyítva**. A célfüggvény értékében igen magas többleteredmény mutatkozott az etanolgyártás célfüggvényének maximálása esetén, ha a cukorcirokra és a csicsókára nem írtam elő technológiai-vetésforgóbeli követelményeket. E két növény területének agrotechnikai okokból történő korlátozása esetén a célfüggvényérték 16,5%-kal magasabb az alapváltozathoz képest.
3. A modellgazdaságra vonatkoztatva biogáz végtermék előállítás esetében **prognosztizáltam az elérhető jövedelemtömeget**. Megállapítottam, hogy ha az élelmiszer célú termelésre történő optimalizálás esetén a célfüggvény értékét 100%-nak vesszük, akkor a főtermékből történő biogáz előállítás az élelmiszer, illetve takarmányozási célú értékesítés töredékét – 15,6%-át – éri csak el. Ez azt jelenti, hogy **biogáz termelésre mellékterméket érdemes felhasználni, a főterméket pedig élelmiszer, vagy takarmányozási célra kell értékesíteni**.
4. **Az elkészített modell segítségével érzékenységi vizsgálatokat végeztem**. Ennek megfelelően vizsgáltam azt, hogyan hat a termelési szerkezetre az input–output árak változása, az egyes bioenergetikai végtermékek versenypozíciója hogyan függ az erőforrások kapacitásának változásától, továbbá hogyan befolyásolja az optimális vetésszerkezetet és az elérhető maximális jövedelmet az, ha a rendelkezésre álló terület, munkaerő, műtrágya és a gépkapacitás mennyisége növekszik vagy csökken, illetve a változás következtében **hogyan alakulnak a hatékonysági és igényességi mutatók biogáz, bioetanol és biodízel célú termelés esetében**.
5. **A biomassa termelésre felállított vállalati optimális modellt általánosítottam**, oly módon, hogy bármely mezőgazdasági vállalkozás számára megfelelő döntéselőkészítő információkat ad a biomassa termelési szerkezetbe történő beépítése vonatkozásában. Az általánosított modell „Copyright” formában a felhasználók rendelkezésére áll – azaz **piacképes kutatási eredmény született** kutatási munkám során.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A bioüzemanyagok piacát alapvetően két tényező befolyásolja. Az első a nyersolaj világpiaci ára, a második a környezeti szennyezések és a lakosság környezettudatosságának kialakulása a természeti katasztrófák hatására. A nyersolaj árának folyamatosan emelkedő tendenciája elérte azt az értéket, ahol a bioüzemanyagok, köztük a bioetanol előállításának és értékesítése rentábilissá válhat.

Az alternatív – elsősorban a megújuló - energiaforrások keresése a világon mindenütt a kutatás élvonalába tartozó szakmai, közgazdasági és társadalmi érdek. Bár napjainkban az energiacélú növények termesztése az átlagos szintet jóval meghaladó természeti–gazdasági–társadalmi kockázattal járó folyamat, az energiaellátás biztonságának növelése (importszükités), a helyi lakosság megélhetésének hosszú távú biztosítása mind a kutatások folytatását teszi indokolttá.

Az utóbbi időben a hazai földhasználatban jelentős változások mentek végbe. Megnőtt az erdő és a mezőgazdasági művelésből kivett területek, az évről évre vetetlen szántóföldek, a parlagterület aránya. A parlagon hevertetés az erőforrásokkal való gazdálkodásban nem bizonyul célravezető módszernek, szükséges az ilyen területek hasznosítása, kultúrállapotban tartása. Magyarországon is sok mezőgazdasággal foglalkozó családi gazdaság mérlegeli annak lehetőségét, hogy bioenergetikai céllal termeljen növényeket a magasabb jövedelem elérésének reményében. Manapság már reális lehetősége van a vállalati szintű mezőgazdasági energiatermelő vállalkozások alapításának. Ezek a célok megvalósíthatók, viszont eléréséhez a jelenlegi állami támogatások fenntartására, a beruházásokhoz nyújtott hitelek illetve vissza nem térítendő támogatások növelésére lenne szükség.

A bioenergetikai célú beruházásokkal tehát mindenképpen foglalkozni kell. Elsősorban az üzemek energiakiváltását kellene megcélozni, olyan komplex beruházásokkal, amelyek az alaptervekenységek versenyképességét is erősítik. A világon mindenütt igyekeznek a mezőgazdasági termelés szerkezetét javítani, versenyképessé tenni, és keresik ennek lehetséges útjait. Ezek közé tartozik a bioenergetikai célú termelés beépítése a termelési szerkezetbe. Nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy a matematikai programozási modellek jól alkalmazhatók a probléma kezelésére, reális irányok megfogalmazására. Azon típusú modellek a leginkább alkalmazhatóak, amelyek figyelembe veszik a mezőgazdasági termelés sajátosságait.

A biomassza termelés optimalizálására elkészített modell alkalmas lehet arra, hogy a gazdák saját hatókörükben – vállalati szinten – végezzenek olyan gazdasági elemzéseket, amelyek az adott ökológiai adottságok közt alkalmazott technológiákat, a fajlagos ráfordításokat, az elérhető értékesítési árakat egyetlen modell keretében komplex módon tudják kiértékelni.

A modell alkalmazása azért is fontos lehet egy-egy mezőgazdasági vállalkozó számára, mert számvetésre kényszeríti, vizsgálnia kell az alkalmazott technológiát (ökológiai adottságokkal is összefüggésben), a fajlagos ráfordításokat, az igényességi mutatókat, az elérhető értékesítési árakat stb., tehát innovatív gondolkodásra kényszeríti, illetve ösztönzi a vállalkozókat.

PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

Tudományos könyv, könyvrészlet

1. Szűcs I. (szerk.) - **Bedéné Szőke É.** - Farkasné Fekete M. - Molnár J. - Széles Zs. - Takácsné György K. - Takács I. - Vas J.: Birtokviszonyok és mérethatékonyság. ISBN 963-502-782-6. Agroinform Kiadó. 2003. Budapest. 224 p.
2. **Bedéné Szőke É.** - Mohamed Zs. - Ugrósdy Gy. - Zakor I.K.: A hatékonyság vizsgálata a Naxosz-nál - In Szűcs I. - Farkasné Fekete M.: Hatékonyság a mezőgazdaságban. ISBN: 978-963-502-889-4 Agroinform Kiadó. 2008. Budapest. 343 p.

Tudományos folyóirat

Magyar nyelven megjelent tudományos cikk

1. Tóthné Lőkös K. - **Bedéné Szőke É.** - Gáabrielné Tózsér Gy.: EU országok összehasonlítása néhány makroökonómiai mutató alapján. ISSN 1586-4502, Bulletin of the Szent István University, 2008. Gödöllő, 101-111. p.
2. **Bedéné Szőke É.** - Mohamed Zs.: Energianövények szántóföldi termelésének optimalizálása. Gazdálkodás, 2010. 54. évfolyam, 04. szám, 389-396. p.

Angol nyelven megjelent tudományos cikk

1. Mohamed Zs. - Takács Sz. - Szűcs I. - **Bedéné Szőke É.:** Effect of agricultural research and development on the GDP of EU member states. Gazdálkodás, 2010. 54. évfolyam, 24. különszám, 2-15. p.
2. **Bedéné Szőke É.** - Mohamed Zs. - Takács Sz.: The mathematical modelling of energy-plant production. Economics of sustainable agriculture, 2010. Szent István University, Gödöllő, ISBN 978-973-269-145-9, 193-204.p.

Tudományos konferencia előadások

Magyar nyelvű

1. Szelényi L. - **Bedéné Szőke É.:** A gazdasági változások regionális vizsgálata ökonometriai módszerekkel. Vidékfejlesztési szekció ISBN 963 9256 75 7 ISBN 963 9256 88 9. (VIII. Nemzetközi Agrárökonómiai Tudományos Napok, 2002. március 26-27. SZIE Gazdálkodási és Mezőgazdasági Főiskolai Kar Gyöngyös. 311-315. p.

2. Szelényi L. - **Bedéné Szőke É.**: Többváltozós térségi vizsgálatok. Agrárökonómiai szekció ISSN 0237-9902. XXIX. Óvári Tudományos Napok, 2002. október 3-4. Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar Mosonmagyaróvár. 204 p.
3. Szelényi L. - **Bedéné Szőke É.**: Térségi klaszterek. Ökonómia, szervezés szekció ISBN 963-9483-02-8 III. Alföldi Tudományos Tájgazdálkodási Napok, 2002. október 17-18. Tessedik Sámuel Főiskola Mezőtúr. 127-132. p.
4. Szelényi L. - **Bedéné Szőke É.** - Ruff F.: A vidékfejlesztés helyzetének többváltozós elemzése. Gazdaságelemzési szekció ISBN: 963-472-721-2. Agrárgazdaság, Vidékfejlesztés és Agrárinformatika az évezred küszöbén /AVA nemzetközi konferencia 2003. április 1-2. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen. 268 p.
5. Szelényi L. - Ruff F. - **Bedéné Szőke É.**: Környezetvédelmi mutatók többváltozós elemzése. Környezetgazdálkodási szekció, ISBN 963-214-313-2. IX. Nemzetközi Agrárökonómiai Tudományos Napok, 2004. március 25-26. Károly Róbert Főiskola Gyöngyös. 79 p.
6. Szelényi L. - **Bedéné Szőke É.** - Ruff F. - Vinogradov Sz.: Agrárökonómiai elemzések többváltozós módszerekkel. XXX. Óvári Tudományos Napok. In: Gazdasági informatika szekció. Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár, 2004. október 7. Konferencia CD: aokonomia\Szelenyi.pdf.
7. Szakács T. - **Bedéné Szőke É.** - Farkasné Fekete M. - Szűcs L. - Szűcs I.: Lehetséges célfüggvények a magyar bioenergetikai modellhez. XI. Nemzetközi Tudományos Napok 2008. március 27-28. Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös ISBN 978-963-87831-1-0, 261-268 p.
8. **Bedéné Szőke É.** - Mohamed Zs. - Szűcs I.: A termőföld hasznosításának alternatív lehetőségei. ISBN 978-963-9883-30-7. Ingatlanvagyon-Gazdálkodási és Ingatlan-Forgalmazási Konferencia, 2009. június 8-9. Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár. 211-213. p.
9. **Bedéné Szőke É.** - Mohamed Zs. - Pallás E. - Szűcs I.: A kutatási tevékenység hatékonyságának mérési lehetősége. ISBN 978-963-7294-74-7, Erdei Ferenc V. Tudományos Konferencia, 2009. szeptember 3-4. Kecskeméti Főiskola, Kecskemét, 23-27. p.

Angol nyelvű

1. Tóth-Lőkös K. - **Bede-Szőke É.** - Szűcs I. - Gábrriel-Tözsér Gy.: An alternative method for grouping regions from agricultural aspect. Measuring Sustainable Agriculture Indicators - Third International Conference on Agricultural Statistics - November 2-4, 2004, Cancun, Mexico, www.nass.asda.gov/mexsai

2. Lőkös Tóth K. - **Szőke Bede É.** - Vas J.: Regional Differentiation Analyses On NUT-1 Level. ISSN 1539-8757, Economics Session - Applied Business Research Conference, January 2-6, 2006, Orlando, Florida, USA, 7 p.
3. Szűcs I. - Járasi É. Zs. - **Szőke Bede É.** -Tözsér Gábor Gy.: Destiny and Earnings of Research's Results. VII. Alps-Adria Scientific Workshop April 28-2 May, 2008, Stara Lesna, Slovakia – Volume 36 (2008) Cereal Research Communications, 1983. p.
4. **Bedéné Szőke É.** - Mohamed Zs. - Pallás E. - Takács Sz.: Programming model suitable for economic underlying of specialization of agricultural entrepreneurs to biomass production. 8th International Conference on Applied Informatics. ISBN 978-963-9894-72-3 Eszterházy Károly College, Eger, Hungary, January 27–30, 2010. 791-793. p
5. **Bedéné Szőke É.** - Mohamed Zs. - Pallás E. - Takács Sz.: Optimization of biomass production on company level. 8th International Conference on Applied Informatics. ISBN 978-963-9894-72-3 Eszterházy Károly College, Eger, Hungary, January 27–30, 2010, 583-593. p.

Jegyzet, jegyzetrészlet

Tóthné Lőkös K. - Szűcs I. - Gáboriné Tözsér Gy. - **Bedéné Szőke É.** - Felleg L. - Ugródy Gy.: Összefüggés vizsgálatok. Egyetemi jegyzet. SZIE GTK 2011. 99 p.

Kutatási tevékenység

- 2006-2009. BIOENKRF Projekt 5.2 Kutatási téma: A bioreaktor üzemeltetésének komplex ökonómiai vizsgálata, a rendszerfeltételek (határpontok) meghatározása, be- és kimeneti jellemzőkkel való összefüggései és reverzibilitása. Témavezető: Dr. Szűcs István.
- 2003-2005. Területi differenciálódás elemzése a kistérségi mutatók tükrében. OTKA. Témavezető: Tóthné Dr. Lőkös Klára.
- 2003-2004. Az agrárgazdaság prognosztizálását segítő programozási modellek és termelési függvények kidolgozása. OKTK. Témavezető: Dr. Szelényi László.
- 2003-2004. Környezetvédelmi tervezés és programozás szakmai és intézményi háttérének megerősítése. KAC, Témavezető: Dr. Szelényi László.
- 2000-2002. A termőföld tulajdonának és használatának a mezőgazdasági üzem kritériumrendszeréhez igazodó, EU-konform szabályozása. FVM, Témavezető: Dr. Szűcs István.
- 1998-2000. Kedvezőtlen adottságú térségek lehatárolásának előkészítése. FVM, Témavezető: Dr. Szűcs István.