NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR
KITAIBEL PÁL KÖRNYEZETTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA
BIOKÖRNYEZETTUDOMÁNYI PROGRAM (K1)

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS

A *MISCANTHUS SINENSIS* 'TATAI' „ENERGIANÁD" FAJTA TERMESZTÉSÉNEK ÉS HASZNOSÍTÁSÁNAK ÖKONÓMIAI VIZSGÁLATA

Készítette
PINTÉR CSABA

Témavezetők
Prof. Dr. habil MAROSVÖLGYI BÉLA D.Sc.
ny. egyetemi tanár, professor emeritus

Dr. habil KOVÁCS GÁBOR
egyetemi docens

Sopron

2016

A *MISCANTHUS SINENSIS* 'TATAI' „ENERGIANÁD" FAJTA TERMESZTÉSÉNEK ÉS HASZNOSÍTÁSÁNAK ÖKONÓMIAI VIZSGÁLATA

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:
Pintér Csaba

Készült a Nyugat-magyarországi Egyetem Kitaibel Pár Környezettudományi Doktori Iskola Biokörnyezettudományi programja (K1) keretében

Témavezető: Prof. Dr. habil Marosvölgyi Béla
Elfogadásra javaslom (igen / nem) ……
(aláírás)

Témavezető: Dr. habil Kovács Gábor
Elfogadásra javaslom (igen / nem) ...……..
(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton ……%-ot ért el,

Sopron, …….. ..…….....
a Szigorlati Bizottság Elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen / nem)

Első bíráló (Dr. ……..… …..……..) igen /nem …….....
(aláírás)

Második bíráló (Dr. ……..… ……..…….) igen /nem …….....
(aláírás)

(Esetleg harmadik bíráló (Dr. ……...… ……..……) igen /nem …….....
(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján ……%-ot ért el

Sopron, …….. ....…….....
a Bírálóbizottság Elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése …….……..

...…….....
Az EDHT Elnöke

„Az 1970-es évekig úgy tartották, hogy a világ energiaigényét a fosszilis és atomenergia bázis bőségesen kielégíti, ugyanakkor az energiatermelés és felhasználás környezeti hatását még nem, vagy nem helyesen mérték fel. Ekkor az energiahordozók között a biológiai eredetűek szerepét csökkenőnek, illetve megszűnőnek prognosztizálták.”

MAROSVÖLGYI BÉLA, 2001

TARTALOM

KIVONAT **7**

ABSTRACT **8**

1. BEVEZETÉS **9**

1.1. A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA **9**

1.2. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI **11**

2. A KUTATÁSI TÉMÁVAL KAPCSOLATOS ELŐZMÉNYEK, IRODALMI ÁTTEKINTÉS **12**

2.1. ENERGIAPOLITIKAI ELŐZMÉNYEK **12**

2.1.1 Az EU energiapolitikája 13

2.1.2 Energiapolitika, energiahelyzet Magyarországon 15

2.2 *MISCANTHUS* ÜLTETVÉNYEKKEL KAPCSOLATOS NEMZETKÖZI KUTATÁSOK, IRODALOM BEMUTATÁSA **17**

2.2.1 Különböző *Miscanthus* fajok jellemzői, életkörülményei, hozamadatai 17

2.2.2 *Miscanthus* ültetvények betakarítása, erőműi égetés 26

2.2.3 *Miscanthus* ültetvények üzemeltetésének ökonómiai elemzése, energiamérleg 28

2.3 *MISCANTHUS SINENSIS* ÉS *MISCANTHUS X GIGANTEUS* ÜLTETVÉNYEKKEL KAPCSOLATOS MAGYARORSZÁGI TENDENCIÁK **33**

3. ANYAG ÉS MÓDSZER **38**

3.1 A *MISCANTHUS SINENSIS* 'TATAI' „ENERGIANÁD" FAJTA BEMUTATÁSA **38**

3.2 A KUTATÁS MÓDSZEREI **40**

3.2.1 A szántóföldi kísérletek módszerei 40

3.2.1.1 Szaporítás *40*

3.2.1.2 Talaj-előkészítés, optimális sor-és tőtávolság meghatározása, telepítés-technológia . *41*

3.2.1.3 Hozambecslés *43*

3.2.1.4 Tartós vízborítás / elárasztás, extrém szárazság hatása *43*

3.2.1.5 Betakarítás-technológia *43*

3.2.2 Egyéb kísérletek módszerei 46

3.2.2.1 Ökonómiai elemzés *46*

3.2.2.2 Szállítási határtávolság *47*

3.2.2.3 Energetikai hatékonyság *47*

4. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK 48

4.1 A SZÁNTÓFÖLDI KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI 48

4.1.1 Szaporítás-technológia 48

4.1.1.1 Szaporítás magvakkal *48*

4.1.1.2 Vegetatív szaporítás *48*

4.1.2 A talaj előkészítése 50

4.1.3 Optimális sor- és tőtávolság 50

4.1.4 Telepítés-technológia 52

4.1.5 Hozambecslés 55

4.1.6 A betakarítás időpontja 58

4.1.7 Az MsT Tatán kidolgozott betakarítás-technológiája 59

4.1.7.1 Szárzúzás *59*

4.1.7.2 Rendsodrás *60*

4.1.7.3 Bálázás *62*

4.1.7.4 Bálák kezelése, kamionra rakása, elszállítása *65*

4.1.8 Munkagépek okozta károk a talajban 68

4.1.9 MsT ültetvény felszámolása 68

4.2 EXTRÉM IDŐJÁRÁSI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT ZAJLOTT KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI 69

4.2.1 MsT ültetvény tartósan víz alatt állása 69

4.2.2 Extrém szárazság 70

4.3 MST ÜLTETVÉNYEK TELEPÍTÉSÉNEK-, ÜZEMELTETÉSÉNEK- ÉS BETAKARÍTÁSÁNAK ÖKONÓMIAI VIZSGÁLATA 73

4.3.1 Az MsT életútja 74

4.3.2 A telepítéstől a bevételtermelésig tartó időszak 74

4.3.3 MsT termesztésének költségei 74

4.3.3.1 Egyszeri kiadások *74*

4.3.3.2 Éves kiadások *78*

4.3.4 MsT termesztése során keletkező bevételek 87

4.3.5 Nettó jelenérték számítás 95

4.4 AZ MST SZÁLLÍTÁSI HATÁRTÁVOLSÁGA 101

4.5 AZ MST ENERGETIKAI HATÉKONYSÁGA 108

5. ÖSSZEFOGLALÁS **113**

5.1 ÖSSZEGZÉS, A VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE **113**

5.1 A KUTATÁS JÖVŐBELI IRÁNYAI **116**

6. AZ ÉRTEKEZÉS EREDMÉNYEIT ÖSSZEFOGLALÓ TÉZISEK **117**

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS **119**

IRODALOMJEGYZÉK **120**

ÁBRAJEGYZÉK **134**

TÁBLÁZATJEGYZÉK **136**

MELLÉKLETEK **138**

KIVONAT

PINTÉR CSABA

A *MISCANTHUS SINENSIS* 'TATAI' „ENERGIANÁD" FAJTA TERMESZTÉSÉNEK ÉS HASZNOSÍTÁSÁNAK ÖKONÓMIAI VIZSGÁLATA

Napjaink és jövőnk egyik legnagyobb kihívása és üzleti lehetősége a megújuló energia szektor, azon belül a biomassza alapú energiatermelés megújítása, fejlesztése. A zöldenergia termelése egyre kiemeltebb szerephez jut mind az Európai Unió (EU), mind az egyes államok szintjén. Az EU tagjaként Magyarország 2020-ra 14,65 %-os zöldenergia-arányt vállalt a teljes energiatermelésen belül. A célkitűzés elérése érdekében egyértelműen kívánatos a megújuló energiaforrások, köztük a biomassza jelenlegi felhasználásának nagyobb fokú energetikai célú hasznosítása. A biomassza-erőművek alapanyagbázisának bővítéséhez kínál perspektívát a hazai nemesítésű *Miscanthus sinensis* 'Tatai' (MsT) „energianád" fajta.

Az MsT-vel összefüggésben 2009-2014 között Tatán, Ácson és Nagyszentjánoson, összesen 50 ha nagyságú szántóföldi ültetvényeken folytak szántóföldi kísérletek. A 3. éves MsT tövek talajból való kiemelésén és feldarabolásán alapuló módszer segítségével erős, azonnal kiültethető szaporítóanyaghoz jutottunk. A megoldás nagyüzemi elterjesztésével olcsó szaporítóanyag nyerhető, ami jelentős előnyt jelenthet a drágább mikroszaporításos szaporítás-technológiával szemben. A növény tartósan víz alatt állás során tanúsított viselkedését Ácson tanulmányoztuk, 2010-ben. Kutatótársaimmal megállapítottuk, hogy az MsT jól tűri az elárasztást / tartós víz alatt állást, ha levelei a vízszint fölé emelkednek. A növény szárazságtűrésére vonatkozó kísérlet eredményeképpen megállapítottam, hogy a szokatlanul száraz időjárás igen káros hatással volt a tavasszal megeredő MsT hajtások növekedésére. Az „energianád" fejlődése jelentős mértékben lelassult.

Az MsT betakarítási technológiájának kialakításával kapcsolatos kísérletek eredményeként egymásra épülő lépésekből álló módszer kidolgozása valósult meg, melyek a szárzúzás, rendsodrás, bálázás, az elkészült bálák átpozícionálása, és a bálák végfelhasználóhoz történő beszállítása. A megoldás alkalmazásával lehetővé vált a hazai „energianád" ültetvényekről letermelt biomassza különböző erőművek kazánjaiban való problémamentes elégetése. Az értekezésben vizsgált körülmények között a növény betakarítása során felhasznált-, és a belőle kinyerhető energiamennyiség (E_{inp}/E_{out}) aránya alapján az MsT energetikai hatékonysága 1 az 55-höz, tehát a növény erőműi elégetésével az előállításához felhasznált energia 55-szörösét nyerhetjük vissza.

Az MsT termesztésének és hasznosításának ökonómiai vizsgálata során megállapítottam, hogy a növény eladásából keletkező profit mértéke igen érzékeny a bálatömegre, a szállítási távolság és átvételi ár mértékére, illetve az 1 hektáron elérhető hozam mennyiségére. Változatos feltételrendszereken alapuló nettó jelenérték számítás eredményei alátámasztják, hogy MsT „energianád" termesztése és hasznosítása rentábilisan végezhető. Az ültetvények létrehozására irányuló beruházás cash flow-jának nettó jelenértéke igen jelentős mértékben növekszik az MsT bálák tömegének-, az átvételi ár mértékének-, illetve az 1 ha ültetvényről betakarított hozam mennyiségének emelkedése hatására, valamint a közúti szállítási távolság csökkenése során. Az MsT 250 km-es közúti szállítási határtávolsága érzékeny a szállítási km-díj árának változására, az elkészített bálák tömegére, illetve a biomassza erőműi átvételi árának változására.

ABSTRACT

CSABA PINTÉR

ECONOMIC STUDY OF THE CULTIVATION AND UTILIZATION OF *MISCANTHUS SINENSIS* 'TATAI' "ENERGY REED"

Today and in the future, the renewable energy sector, including the renewal and development of biomass-based energy production, poses the greatest challenges and business opportunities. The production of green energy becomes ever more important both on the EU level and in different member states. As an EU member state, Hungary committed itself to a share of 14.65% of green energy of the total energy production by 2020. For meeting this target, the energetic use of renewable sources of energy, including biomass at a higher rate is clearly desirable. To widen the range of raw materials used at biomass plants, the *Miscanthus sinensis* (Tatai) (MsT) "energy reed" variety bred in Hungary offers a genuine opportunity.

Concerning MsT, field experiments have been performed in 2009-2014 at Tata, Ács and Nagyszentjános on a total arable land surface of 50 ha. We have produced a strong propagating material, available for immediate planting using a method based on the removal and cutting up of MsT rootstock in their 3rd year. Inexpensive propagating material can be created with the large-scale industrial roll-out of this solution, and this can be a real benefit as compared to more expensive breeding technologies based on micro-breeding. The reaction of the plant to persistent immersion in water was studied at Ács in 2010. Together with my fellow researchers, we concluded that MsT can handle flooding / persistent immersion in water well, if its leaves can reach above the water surface. In a study on the drought-resistance of the plant I concluded that the abnormally dry weather had a serious adverse effect on the growth of MsT shoots which start growing in spring. The growth of the "energy reed" has slowed down significantly.

Based on experiments on establishing the harvesting technologies of MsT, a method consisting of subsequent procedural steps was established comprising stalk crushing, windrowing, baling, repositioning bales and transporting the bales to the end-user. With the above solution we created a well-functioning solution for burning the biomass produced at domestic plantations of "energy reed" in the boilers of different power plants. In the conditions studied in the publication, based on the amount of energy used for harvesting the plant and the energy generated by the plant (E_{inp}/E_{out}), MsT has an energy efficiency of 1 to 55, that is by burning the plant at a power plant, we can generate 55 times the energy required for its production.

In the economic study on the cultivation and utilization of MsT I concluded that the profit generated by the sale of the plant is highly sensitive to the weight of the bales, to the transport distance and the purchase price, and to the yield per 1 hectare arable land. The results of the net present value calculation based on diverse sets of conditions support the conclusion that the cultivation and use of MsT "energy reed" can be profitable. The net present value of the cash flow of the investment creating the plantations increases significantly with the weight of MsT bales, the purchase price and with the yield harvested on 1 ha cultivated land and with the decrease of the transport distance. The transport margin distance of 250 km for MsT is highly sensitive to the variation of the price per transport km, the weight of the bales prepared and the purchase price of the biomass at the power plant.

1. BEVEZETÉS

1.1. A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA

A folyamatosan növekvő emberi igények kielégítésének hajszolása, a globalizáció és népességnövekedés miatt végletekig kizsákmányoljuk a Földet. A világ energiaigénye jelentős környezeti károkozás nélkül mára kielégíthetetlenné vált csupán fosszilis energiahordozók felhasználásával. Egyre égetőbben merül fel a fosszilis energiahordozók felhasználásán alapuló energiatermelés helyettesítése. A kőolaj-és földgázkészletek csökkenése, a légkörszennyezés okozta károk enyhítésének igénye kiemelkedő fontosságúvá teszik a környezetkímélő energiaforrások növekvő mértékű bevonását az energiafelhasználásba (MAROSVÖLGYI, 2001.a). Napjaink, és jövőnk egyik legnagyobb kihívása és üzleti lehetősége a megújuló energia szektor, azon belül a biomassza alapú energiatermelés megújítása, fejlesztése. Az ellátásbiztonság növelése, a környezetvédelem, és gazdaságélénkítés igénye ebbe az irányba mutatnak. A zöldenergia termelése egyre kiemeltebb szerephez jut mind az Európai Unió (EU), mind az egyes államok szintjén. Az EU törekvései révén is a tiszta, megújuló energiaforrásokat preferálja. A közösségi energiapolitikai célok közé bekerült a megújulóenergia-termelés arányának növelése. Az EU fokozatosan emeli a tagállamokkal szemben a zöldenergiák használatára vonatkozó elvárásait, 2020-ra közösségi szinten a teljes energiatermelésben 20 %-os megújuló arány elérését jelölték meg célként (TOLJAN ET AL., FODOR, 2013; 2012; LIPCSEI, 2013). Magyarországon is magas szintű energiastratégiai prioritás a megújulóenergia-termelés arányának növelése. Ezt bizonyítja, hogy a magyar kormány a hazánk számára előírt EU-s elvárást (2020-ra 13 %) meghaladó, 14,65 %-os zöldenergia-arányt vállalt a 2010 végén készített Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervben. A teljesítéshez a jelenlegi megújulóenergia-termelőkapacitások gyarapítása, fejlesztése szükséges. A szektor növekedési lehetőségei tehát igen biztatónak mondhatók (FODOR, 2013). A hazai nukleáris termelőkapacitás tervezett bővítése előreláthatólag nem fogja korlátozni a megújulók terjedését és használatát Magyarországon, annak ellenére, hogy a nukleáris energia hasznosítása jelentősen csökkenti az ország import-energia függőségét. Ezt alátámasztja egyrészt, hogy a paksi 1-4. és a tervezett 5-6. blokkok együttes üzeme mindössze 7 évig tart majd, így ezután az ország nukleáris termelőkapacitása nem fogja jelentősen meghaladni a mostanit, másrészt hazánkban kiemelten kezelt, magas prioritású energiaforrás a geotermikus energia és a biomassza. A megújulók mellett szól továbbá, hogy azokat hazánkban elsősorban hőenergia-, míg az atomenergiát villamosenergia-termelésre használják, ezáltal egymás számára nem jelentenek konkurenciát (ERBE, 2015).

Hazánk energiafüggősége 2014-ben elérte a 61,1 %-ot, így ebben a tekintetben a térség egyik legkiszolgáltatottabb országa (EUROSTAT, 2016). A földgáz nagymértékű importja az utóbbi évek tapasztalatai alapján aggasztó méretű függőséget jelent. A nemzetközi és hazai energiapolitikai helyzet, az EU tagországok, így Magyarország számára is megfogalmazott célkitűzések egyértelműen a megújuló energiaforrások, köztük a biomassza jelenlegi felhasználásának nagyobb fokú energetikai célú hasznosítását kívánják meg. Ennek érdekében a fosszilis energiahordozók használatának jelentős mértékű csökkentésére, radikális változásra van szükség, melyhez az alternatív energiákat célzó, megalapozott, többszintű kutatásokon nyugvó eredmények, előrejelzések, vizsgálatok és beruházások szükségesek (IVELICS, 2006). Magyarországon a megújulók részaránya a teljes energiafogyasztáson belül 9,51 % volt, 2014-ben (EUROSTAT, 2016). A megújuló energiaforrások tekintetében a nap, a szél, a geotermikus energia és a biomassza terén hazánk jelentős potenciállal rendelkezik, ugyanakkor ezeknek az energiahordozóknak a használata a kiaknázható lehetőségekhez

képest egyelőre csekély mértékben terjedt el. Hasznosításukra vannak lehetőségek és számos példa is található, de Magyarországon a legjelentősebb potenciállal bíró megújuló energiaforrásként a biomassza jöhet számításba (BARTÓFI, 1996; BARTÓFI, 1998; MAROSVÖLGYI, 2002; BOHOCZKY, 2005; IN: IVELICS, 2006).

A közösségi energiapolitikai célok elérése érdekében az Európai Unióban a különböző kapacitású erőművek egyre nagyobb hányada az energianövények felhasználására alapozott új blokkokat fejleszt (pl.: Pannon Hőerőmű Zrt., Pécs), ami a jövőben várhatóan növekvő igényt generál a termesztett biomassza-energiahordozók, köztük a lágyszárú energetikai célú ültetvények felhasználása iránt. A biomasszát hasznosító hőközpontok és biomassza-erőművek potenciális nagybeszállítói elsősorban az erdészetek, mezőgazdasági termelők, és a települési önkormányzatok soraiból kerülnek ki, de fűrészüzemek és bútorgyárak is ide tartozhatnak (PINTÉR ET AL., 2009). A lignocellulóz biomassza, mint tüzelőanyag termeszthető, megújuló, nagy mennyiségben rendelkezésre álló energiaforrás. Hőtermelés során lakásainkban szinte bármilyen szántóföldről származó alapanyaggal fűthetünk, de leginkább a kifejezetten energetikai célra termesztett növények alkalmasak tüzelőanyagnak (ENERGIACENTRUM, 2011). A fosszilis energiahordozók felhasználásának mérséklésére alternatívát nyújtó megújuló energianövények hasznosítása fontos kutatási terület. Az ilyen növények legfontosabb környezetvédelmi hatása, hogy eltüzelésükkor nem növelik a légkör széndioxid terhelését, mert égésük során annyi CO_2 szabadul fel, amennyit termesztésük során a légkörből megkötnek, tehát a lignocellulózok energetikai hasznosítása révén környezetbarát energiatermelés érhető el (BAI, 2002; HANCSÓK, 2004; MAROSVÖLGYI ET AL., 2005 IN: IVELICS, 2006).

A biomassza-erőművek alapanyagbázisának bővítéséhez kínál perspektívát a lágyszárú energianövények közül a hazai nemesítésű *Miscanthus sinensis* 'Tatai' (MsT) „energianád" fajta. Az értekezés témája az MsT termesztésének és hasznosításának ökonómiai vizsgálata. A növénnyel kapcsolatos kutatómunka 2009-ben kezdődött és napjainkban is zajlik.

1.2. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

A kutatást a Komárom-Esztergom megyében, Tatán és Ácson, illetve Győr-Moson-Sopron megyében, Nagyszentjános térségében elhelyezkedő, a Komárom-Esztergom Megyei Parképítő és Kertészeti Zrt. tulajdonában álló, 5 nagyobb egységen elterülő, összesen 50 ha nagyságú, 2-3-4 éves MsT „energianád" ültetvényeken végeztük, részben kutatótársaimmal és a Parképítő Zrt. dolgozóival együtt. A kutatótevékenység megkezdésekor a következő célokat tűztem ki:

- az EU, illetve Magyarország biomassza hasznosítás terén kialakult energiapolitikai helyzetének áttekintése,
- a nemzetközi és hazai szakirodalomban publikált *Miscanthus sinensis* és *Miscanthus x giganteus* fajokkal kapcsolatos kutatások, eredmények feltárása,
- a *Miscanthus sinensis* 'Tatai' „energianád" fajta nagyüzemi szaporítás-technológiájának kidolgozása, fejlesztése,
- az MsT optimális telepítés-technológiájának kialakítása, az optimális sor- és tőtávolság meghatározása,
- az MsT „energianád" növekedési tulajdonságainak vizsgálata, az ültetvények fenntartási-, üzemeltetési gyakorlatának kialakítása, a ráfordítások figyelembe vétele mellett,
- az „energianád" extrém időjárási körülmények mellett mutatott viselkedésének összehasonlítása a nemzetközi szakirodalomban publikált eredményekkel,
- az „energianád" ültetvényekről betakarítható biomassza-hozamokra vonatkozó előrejelzések készítése,
- jól működő, költséghatékony betakarítási-technológia kidolgozása,
- a növény termesztésének és hasznosításának gazdaságossági vizsgálata,
- az MsT közúti szállítási határtávolságának megállapítása, hazai biomassza erőművekbe történő szállítás során,
- az „energianád" energetikai hatékonyságának és energiahatékonysági hatásfokának megállapítása.

Értekezésemmel a biomassza felhasználás gyakorlatának és ismeretének hazai növeléséhez szeretnék hozzájárulni.

2. A KUTATÁSI TÉMÁVAL KAPCSOLATOS ELŐZMÉNYEK, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. ENERGIAPOLITIKAI ELŐZMÉNYEK

A mai, fejlett világban elképzelhetetlen az élet energia nélkül. Energiára van szükségünk, ha valamit meg szeretnénk melegíteni a mikrohullámú sütőben, ha kávét szeretnénk főzni, vagy ha a villamossal kívánunk eljutni egyik helyről a másikra. A globalizáció által keltett gyakran felesleges és túlzó szükségletek, valamint a világ népességnövekedéséből fakadó energiaéhség kielégítésének alapfeltétele a villamos- és hőenergia.

Az Egyesült Államokban az 1800-as évek elején alapjában véve a fa volt az energiahordozó, ami az igényeket kielégítette. A későbbi iparosítás során a fa felhasználás mértéke már tarthatatlan mértékben növekedett. Elkezdődött a szénmezők feltárása, elindult a kőolaj, majd földgáz felhasználása, amit az atomenergia elterjedése követett. Ekkor az energiatermeléshez köthető káros környezeti hatások – amelyeket a mai világban már nem lehet és nem is szabad figyelmen kívül hagyni – még nem körvonalazódtak. Ilyen káros hatás elsősorban az üvegházhatás növekedése, a savas esők keletkezése – amelyeket többek közt a fosszilis energiahordozók égéséből származó különböző gázok okoznak –, és az ezekből fakadó környezeti károk, valamint a lehetséges éghajlatváltozás.

Az energetikai tudomány és gyakorlat lassú, de folyamatos változásban, fejlődésben van. Megdöbbentő tény, hogy 1850-hoz képest ma ötször annyi ember él a Földön. Ez az ötször annyi ember pedig ötvenszer annyi energiát használ, mint anno. A Föld népességének növekedése, az ipari és a gépesített, kemizált mezőgazdasági termelés elterjedése együttesen az energia-felhasználás állandósult növekedését eredményezik. Az ilyen mértékben növekvő energiafelhasználás következtében, nemzetközi prognózisok szerint, záros határidőn belül – 50-100 év – a szén-dioxid tartalom a légkörben megduplázódhat, amely az átlaghőmérséklet kb. 0,5-1,5 °C-os emelkedését eredményezheti (KACZ ÉS NEMÉNYI, 1998; MAROSVÖLGYI, 2001 IN: IVELICS, 2006). Ez a hőmérsékletemelkedés Földünk jelentős hányadán, nagymértékben nehezítené a hagyományos mezőgazdasági technológiák alkalmazását (MAROSVÖLGYI, 2001.a). A kén-dioxid a savas esőket és a természetes vizek elsavanyodását okozza. Ezek a tények felhívják a figyelmet arra, hogy az emberiségnek az energiatakarékosságra kell törekednie és a megújuló erőforrások egyre nagyobb mértékű hasznosítását kell előtérbe helyeznie.

Az energiahordozók felhasználásának első robbanásszerű növekedése az ipari forradalom idején következett be. Mintegy 90 %-kal nőtt a felhasznált energia mennyisége 1970 és 2002 között. A gazdaságkutató szakemberek szerint ez a tendencia a XXI. században is folytatódik. További 60 %-os növekedés várható 2020-ig. Ennek egyik oka a népességnövekedés. Becslések szerint 2050-re a mostani kb. 7,2-ről 10 milliárdra emelkedik bolygónk emberi lakóinak száma (MAROSVÖLGYI ÉS HORVÁTH, 2010). A másik ok az, hogy egyes fejlődő országok (főleg a távol-keleti, valamint a közép-, és dél-amerikai régióban) gazdasága igen gyorsan növekszik. Jelenleg a fejlett országok (OECD) a világ energia-forrásainak több mint felét használják, pedig népességük a világ népességének csak alig 20 %-a. A fejlődő országokban az egy főre jutó átlagos energiafogyasztás hatoda a fejlett országokéinak. Ez a jövőben biztosan megváltozik. Ha a következő 50 évben a fejlődő országokban akár csak kétszeresére nő az egy főre jutó energiafelhasználás – ez szinte biztosra vehető –, akkor a várható népesség-növekedéssel együtt ez legalább kétszeres energia-felhasználást eredményez a világban (MAROSVÖLGYI ÉS HORVÁTH, 2010).

Az emberi tevékenység, az energiafelhasználás következményeképpen nagy mennyiségű CO_2 jut a légkörbe. Egyfelől a fosszilis energiahordozók égetése révén, másfelől a földhasználat változás során. Ilyen a beépítés, erdőirtás, nagyüzemi állattartás (metán keletkezése) (GELENCSÉR, 2011). A légkör CO_2 koncentrációja a földtörténeti múltban gyakran, jelentős mértékben emelkedett, ami bizonyítható. A hangsúly a koncentráció változásának sebességén van. Ma a koncentráció negyvenszer akkora sebességgel változik, mint az ismert földtörténeti múltban.

Hazánk komoly mértékben függ a főleg Oroszországból származó energiaimporttól, mivel a belföldi nukleárisenergia-, földgáz-, kőszén- és kőolaj-termelés a fogyasztásnak csak egy részét fedezi. 2014-ben több mint 9 Mrd m^3 földgázt kellett importálnunk (MEKH, 2016). A primerenergia szolgáltatás földgázra, kőolajra és atomenergiára épül, a megújuló energiaforrások felhasználása elmarad az EU-s átlagtól. Habár az egy főre jutó energiafogyasztás és a CO_2 kibocsátás alacsony, az energiaintenzitás sokkal magasabb, mint az Európai Uniós átlag. A klímaváltozás káros hatásaival kapcsolatos aggodalmak miatt a megújuló energiaforrások arányának növekedése ésszerű perspektívát kínál a fosszilis energiahordozókkal szemben. A megújulók felhasználásának fokozása nemcsak szükségszerűség, hanem lehetőség és részben vállalt kötelezettség is egyben. Egyrészt szükségszerű igény, hogy a fosszilis energiahordozók túlzott felhasználásából eredő problémákra –, mint a klímaváltozás, importfüggőség, a külkereskedelmi mérleg egyensúlyhiánya, energiaszegénység – olyan választ keressünk, amely társadalmi, gazdasági és környezetvédelmi szempontból maximális előnnyel jár. Másrészt lehetőséget teremt a nemzetgazdaság struktúraváltásához, az átfogó termelési és piaci reformokhoz, és új, hazai, piacképes termékek megjelenéséhez, végső soron munkahelyek teremtéséhez (NFM, 2011.a).

2.1.1 Az EU energiapolitikája

A fejlett ipari országok hosszú távon törekednek – megfelelő műszaki és technológiai háttér biztosítása mellett –, a biológiai erőforrások egyre nagyobb mértékű hasznosítására. Hazánk politikai-gazdasági elképzeléseit, fejlesztéseit egyre növekvő mértékben befolyásolja EU-s tagságunk. A tagországok fosszilis energiaszükséglete továbbra is erősen növekvő tendenciát mutat. Az EU komoly erőfeszítéseket tesz a megújuló energiaforrások felhasználásának jövőbeli, fokozottabb mértékű elősegítésére. Az alternatív energiaforrásokat a legtöbb tagországban ma még csak korlátozottan, különösebb koordináció nélkül, lassan növekvő mértékben hasznosítják (IVELICS, 2006).

Közösségi szinten először az 1973-as olajválság Európára gyakorolt hatása miatt vetődött fel az energiaágazatban egy új energiapolitika megalkotásának szükségessége. Az energiakrízis rámutatott arra, hogy a fejlett ipari országok nagymértékben függnek a világ kevés számú térségéből származó energiahordozóitól. A fejlett országok – azon túl, hogy energiafüggőségüket tapasztalták, felismerték azt is, hogy a fosszilis energiahordozók felhasználása esetén az évmilliárdok alatt megkötött energiák szabadulnak fel, jelentős mennyiségű CO_2-vel együtt (nagyjából 22 Gt/év), melynek káros hatása már érzékelhető.

Az EU 1997-es energiapolitikai dokumentumában (Energy for the Future: Renewable Sources of Energy, White Paper for a Community Strategy and Action Plan) célul tűzte ki, hogy a megújuló energiák részesedése a bruttó belföldi fogyasztásban 2010-re érje el a 12 %-ot, ami több mint kétszerese a megújuló energiák 1997. évi részesedésének (GKM, 2008).

Az elmúlt években, és napjainkban a globális környezeti problémák kezelése meghatározó fontosságú feladattá vált. A megújuló energiaforrások hasznosítása a környezetvédelem és a fenntartható fejlődéshez történő hozzájárulás, valamint a globális felmelegedés elleni küzdelem mellett ösztönzi a helyi munkahelyteremtést, biztonságosabbá teszi az energiaellátást. A fenntartható fejlődés definiálása és elveinek megalkotása az 1987-es Közös jövőnk című Brundtland-jelentéshez köthető. Ennek értelmében a fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely a jelen szükségleteinek kielégítését úgy biztosítja, hogy nem korlátozza a jövő generációk szükségleteinek kielégítését (KEREKES, 2007 IN: FODOR, 2013). Az irányzat a társadalom – gazdaság – környezet hármas egyensúlyára koncentrál, és felhívja a figyelmet arra, hogy a mértéktelen gazdasági növekedés és fogyasztás az ökoszisztéma és a társadalom számára sem ideális. Kerekes a fenntartható fejlődést a természeti erőforrások szintjén megfogalmazható követelményekben összegzi, melyek közül kettő is a megújuló erőforrások hasznosítására vonatkozik (KEREKES, 2007 IN: FODOR, 2013). Az egyik követelmény a kimerülő erőforrások ésszerű felhasználásáról szól, amelyet részben a megújulókkal való helyettesítésük, részben a technológiai haladás segíthet. A kimerülő fosszilis források rendelkezésre álló mennyisége véges, ezért gondoskodni kell a megújuló energiaforrásokkal történő, részbeni kiváltásukról, illetve a minél hatékonyabb felhasználásukról. A másik követelmény szerint a megújuló energiaforrásokat csak a természetes vagy irányított regenerálódó-képességük mértékéig, a regenerálódási idő figyelembe vétele mellett szabad kihasználni. Ez különösen a biomassza- és a biogáz alapú zöldenergia-termelésre vonatkozhat, mert ezek alapanyagai bár megújulóak, folyamatos újratermelődésükhöz időre van szükség (KEREKES, 2007 IN: FODOR, 2013). Dinica már határozottabban foglal állást a fenntartható fejlődés és a megújuló energiák kapcsolatáról. Szerinte a zöldenergia az egyetlen, jelenleg elérhető energia, amely megfelel a fenntartható fejlődés egyre sürgetőbb igényének (DINICA, 2006 IN: FODOR, 2013).

A környezetvédelem másik kiemelt területe napjainkban a globális felmelegedés elleni küzdelem. Több, a témával foglalkozó szakirodalom leszűkíti a zöldenergiák környezetvédelmi szerepét, és kizárólag a klímavédelemre koncentrálva, annak egyik fontos eszközeként definiálja a különböző megújuló energiaforrások hasznosítását (HIRSCHL, 2009; FOUQUET & JOHANSSON, 2008 IN: FODOR, 2013).

Az EU-ban mára a megújuló energiahordozókat érintő tématerületek közé tartozik az ellátásbiztonság kérdése, a versenyképesség, a környezetvédelem, a CO_2 kibocsátás-csökkentés, az energiahatékonyság, és a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés (GKM, 2008). Az Európai Bizottság 2007-re készítette el az egységes európai energiapolitika megalapozására irányuló energiacsomagot. A Bizottság hosszú távú elképzeléseit összegző „Megújuló energia útiterv” című bizottsági közlemény ennek részét képezte. Az ebben leírt javaslatok alapján az Európai Tanács még 2007-ben kötelező célkitűzésként határozta meg, hogy a megújuló energiaforrások részaránya az EU teljes energiafogyasztásában 2020-ig 20 %-ra emelkedjen úgy, hogy a nemzeti célkitűzéseket a Bizottság az érintett tagországok beleegyezésével határozta meg (GKM, 2008). Az EU által meghatározott célok elérése érdekében a tagállamoknak bizonyos mértékben szabadon, a különböző helyi adottságok figyelembevételével nemzeti célokat kellett megfogalmazniuk, amely elérésének módjáról az egyes tagállamokra szabott nemzeti cselekvési tervek keretein belül kellett tájékoztatniuk a Bizottságot (CALLIES & HEY, 2013). A tagállamok saját célkitűzéseket kellett kialakítaniuk a villamos energia, a hűtés-fűtés tekintetében (GKM, 2008). A bioüzemanyagok terén a tagállamokkal szembeni elvárás egységesen 10 %-os arány elérése. (GKM, 2008)

Az EU a 2008. január 30-án közzétett „Javaslat – Az Európai Parlament és Tanács irányelve a megújuló forrásokból előállított energia támogatásáról” dokumentumban 2020-ra 20 %-os megújuló energiahordozó részarányt határozott meg közösségi szinten. A célok teljesítése érdekében elsőként a megújuló alapon termelt villamos energia támogatását szabályozta az EU az Európai Parlament 2001/77/EK irányelvében. Ezzel összhangban valamennyi tagállam nemzeti célelőirányzatot fogadott el arra nézve, hogy a villamosenergia-fogyasztást milyen arányban kell megújuló energiaforrásokból fedezni (GKM, 2008).

Közösségi szinten tehát már régen felismerték azt, hogy energiahatékonysági eszközökkel nagymértékben csökkenteni lehet a CO_2-emissziót, továbbá hozzá lehet járulni más uniós regionális fejlődési és foglalkoztatáspolitikai törekvések sikeres eléréséhez (GERGELY ET AL., 2004). A zöldenergia termelése egyre kiemeltebb szerepet kap mind az EU, mind pedig az egyes államok szintjén. Az energiapolitikai célok közé bekerült a megújuló energiatermelés-arány növelésének igénye is. A megújuló technológiák egyelőre még nem veszik fel a fosszilis és nukleáris energiatermelési módokkal az árversenyt, ezért a tagországok gazdasági szabályozóeszközökkel támogatják a zölderőműveket (FODOR, 2013).

2.1.2 Energiapolitika, energiahelyzet Magyarországon

Amennyiben egy gazdasági modellben stratégiai szerepet szánunk a fenntartható fejlődésnek, úgy az energiatakarékosság, az energiahatékonyság, a megújuló energiaforrások fokozott felhasználása, illetve a saját erőforrások előtérbe helyezése kiemelkedő jelentőséggel bírnak. Ezek a logikailag egymásból következő lépések koherens gazdasági modellbe ágyazva adekvát válaszokat adhatnak olyan kérdésekre, hogy miként fogunk szembenézni a globális klímaváltozásnak a gazdasági, társadalmi fejlődésre gyakorolt hatásával, a nem fenntartható növekedéssel, a világszerte növekvő energiaigényekkel, a fosszilis energiahordozók árának kiszámíthatatlan változásával. Ezek a jelenségek cselekvésre késztetik a világot, az uniós tagállamokat, köztük Magyarországot is (NFM, 2011.a).

Magyarország energiafelhasználása az 1970-es évek olajválságát megelőző évekig gyorsan növekedett, majd ezt követően a növekedés lelassult. A rendszerváltást kísérő gazdasági-társadalmi átalakulás következtében az energiafelhasználás jelentősen, 1992-re mintegy 20 %-kal csökkent. Az 1970-80-as évek olajválsága miatt már akkortájt megindultak a megújuló energiaforrások hasznosításának lehetőségét vizsgáló kutatások. Az energiakrízis súlyossága ellenére csak kevés elgondolás valósult meg. Ezért a kilencvenes évek végére még csak mintaprojektként üzemeltek biomassza- és geotermikus fűtőművek az országban (pl.: Tata). Pedig már a ’80-as évek első felében születtek tervek hazánk földgáz-függőségének enyhítésére, pontosabban az ország energiaigényének biomasszával történő kielégítésére. Ezen tervek megvalósulásának a Szovjetunióval kötött földgázellátásról szóló megállapodás szabott gátat (ENERGIAKLUB, 2006).

A rendszerváltás óta eltelt bő 25 esztendőben a magyar gazdaságban alapvető szerkezeti változás ment végbe. Az energia-intenzív ipari üzemek egy része gyorsan leépült, vagy megszűnt, az energiafelhasználás az 1970-es évek szintjére esett vissza. A munkanélküliség drámaian megnőtt. Hazánk gazdasági fejlettsége jócskán lemaradt a fejlett EU régiók fejlettségi szintjéhez képest. A szolgáltatási szektor hangsúlyossá válásával a GDP folyamatos növekedése mellett a primer energia felhasználás 1990-1992 között 17 %-kal csökkent, majd 1992-2007 között átlagosan évi 0,5%-kal nőtt. 2009-ben a primer energia felhasználás a gazdasági válság hatására az előző évhez képest 7,6 %-kal csökkent, 1056 PJ értékre. A 2014. évi érték 969 PJ volt (MEKH, 2015). A hazai szénbányászat leépülésével (kivétel

Nagyegyháza-Mány térsége) az energiahordozó struktúra a földgázfelhasználás irányába tolódott el. Ennek hatására a fosszilis energiahordozók nettó importja – a gázimport erőteljes növekedése miatt – jelentősen növekedett 1990 után. Magyarország adottságaihoz képest nagymértékben szénhidrogén-alapú energiahordozókra támaszkodik. Földgázimport igényünket 80 %-ban Oroszországból fedezzük, gyakorlatilag egyetlen szállítási útvonalon, a Testvériség gázvezetéken keresztül, ami ellátásbiztonság szempontjából kiszolgáltatott, kockázatos helyzetet teremt (NFM, 2011.a). Ennek ékes bizonyítéka a 2005-2006-os gázválság. Az ilyen problémák elhárításában segíthet a tárolókapacitás-bővítés, de ez csak ideiglenes, rövid távú megoldást nyújt.

Hazánkban a megújuló energiaforrások felhasználásának aránya a végső energiafelhasználáson belül 2013-ban 9,46 % volt. Ezzel az értékkel az uniós tagországok között az alsó egyharmadban foglalunk helyet és lemaradásban vagyunk néhány környező, hasonló fejlettségű országhoz képest (Bulgária 18,97 %, Lengyelország 11,34 %, Románia 23,89 %) (EUROSTAT, 2016). Az elmúlt években jelentős fejlődés következett be a hazai megújuló energia-termelésben, ez azonban lényegében a szilárd biomassza (legfőképpen a fa) felhasználásának növekedésére korlátozódott, a szélenergia hasznosítása stagnált. A többi megújuló energia-technológia kevésbé, a napenergia, vagy a geotermikus energia csupán pár százalékos részarányt tud elérni a hazai megújuló energia-mixben (MEKH, 2015).

Az EU által támasztott elvárásoknak történő megfelelés elősegítésére a Kormány 2008 szeptember 3-án elfogadta a „Stratégia a Magyarországi Megújuló Energiaforrások Felhasználásának Növelésére 2008 – 2020" című KHEM előterjesztést (KÖRMENDI ET AL., 2009). Ennek legfontosabb feladata a hazai megújuló energiahordozó felhasználás növelése, a megújuló energiaforrásokon nyugvó technológiák és alkalmazásuk terjedésének fokozása, illetve a technológiák hatékonyságának javítása, társadalmi elismertetése és népszerűsítése. A stratégia tartalmazza a célok eléréséhez szükséges eszközöket, továbbá a fő fejlesztési irányokat. „A stratégia alappillére, hogy a magyarországi megújuló energiafelhasználás részaránya az ország adottságaihoz igazodjon, és a környezeti, gazdasági és társadalmi fenntarthatóság feltételeinek megfelelően növekedjen." (GKM, 2008).

Az EU és Európai Tanács RED irányelve hazánk számára 2020-ra – jogilag kötelező módon – minimum 13 %-ban határozta meg a megújuló energiaforrásból előállított energia bruttó végső energiafogyasztásban képviselt részarányát. Magyarországon kiemelt energiastratégiai cél a megújuló energia-termelés arányának növelése. Ennek ékes bizonyítéka, hogy a hazánk számára megfogalmazott 13 %-os EU-s elvárást meghaladó, 14,65 %-os zöldenergia-arányt vállalt a magyar kormány a 2010 végén készített Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervben. A kitűzött cél eléréséhez a jelenlegi megújuló energia-termelő kapacitások fokozása szükséges (FODOR, 2013). A megújuló energiaforrások jövőben tervezett hasznosítása a Nemzeti Cselekvési Terv (NCST) megalkotását tette szükségessé. Az EU által meghatározott elvárások elérését megalapozó nemzeti cselekvési tervek megalkotása az egyes tagországok feladata. Az NCST az Európai Parlament és a Tanács irányelvei szerint került összeállításra. Az NCST alapját képezi Magyarország megújuló energia stratégiája, azonban tekintettel az időközben bekövetkezett jelentős változásokra, a globális gazdasági recesszióra, valamint a kormány által meghatározott, a gazdasági újjáépítést szolgáló új gazdaságfejlesztési prioritásokra, azt felül- és átírja (NFM, 2011.b). A Cselevési Terv legfontosabb célja a rendelkezésre álló erőforrások hatékony felhasználása mellett a végső energiafelhasználásban a lehető legnagyobb megtakarítás elérése. Az összesített hazai célkitűzés az egyes megújuló energiaforrás típusok területén reálisan elérhető maximális részarányok összessége alapján került kijelölésre. A korlátozó tényezők jelenleg ismert paramétereinek figyelembevételével

reális cél lehet a megújuló energiaforrások bruttó fogyasztásának legalább 120,56 PJ-ra történő növelése 2020-ra (NFM, 2011.b).

2.2 *MISCANTHUS* ÜLTETVÉNYEKKEL KAPCSOLATOS NEMZETKÖZI KUTATÁSOK, IRODALOM BEMUTATÁSA

2.2.1 Különböző *Miscanthus* fajok jellemzői, életkörülményei, hozamadatai

A megújuló energiaforrások hasznosítása, a megújuló energiatermelés egyre nagyobb szerephez jut a jövőben. Az ellátásbiztonság növelése-, a környezetvédelem-, illetve a gazdaságélénkítés igénye ebbe az irányba mutat. A megújuló energiahordozók között fontos szerepet tölt be biomassza, ezen belül a lágyszárú energianövények, köztük a *Miscanthus sinensis* 'Tatai' „energianád" fajta. Az ilyen típusú energianövények ugyanis bővítetten újratermelhetők, termesztésük természetbe illő folyamat, valamint a helyi és decentralizált energiatermelésben is hasznosítható energiaforrások. A *Miscanthus* tiszta energiahordozó, környezetbarát tüzelőanyag. Egyszerűen kezelhető, fűtőértéke magas, elégetésekor nem keletkezik CO_2 többlet, valamint alacsony a kén- és hamutartalma. Az utóbbi két évtizedben számos kísérletet folytattak külföldi kutatók energetikai célra létrehozott *Miscanthus sinensis* és *Miscanthus x giganteus* ültetvények létesítésével kapcsolatban. Ennek alapvető oka, hogy a világ lignocellulóz felhasználásában a lágyszárú energetikai ültetvények iránt megemelkedett a kereslet, valamint a globális környezetvédelmi kihívások miatt a biomassza-bázisú energiatermelés alapanyagigénye rohamosan növekszik. A hőenergiát termelő fűtőművek, a villamos energiát termelő erőművek, valamint a lakosság megnövekedett biomassza alapú energiahordozó igénye kielégíthetetlen csupán a hagyományos erdőgazdálkodásból származó dendromasszából (fás szárú lignocellulóz) (IVELICS, 2006).

Az első *Miscanthus* tövek Japánból érkeztek Európába az 1930-as években. Aksel Olsen figyelt fel Dániában a *Miscanthus x giganteus* jelentős növekedési képességére, 1935-ben. Észak-Európában kezdődtek kiterjedt kísérletek 1983-ban, melyek megmutatták a növény magas, 20 t/ha éves szárazanyag-mennyiséget meghaladó hozamát (NIELSEN, 1987; SCHWARZ ET AL., 1994). Az ígéretes eredmények miatt nemzetközi kutatóprojekt indult az európai JOULE program keretein belül, 1989-ben. Szántóföldi kísérletek kezdődtek Dániában, Németországban, Írországban és az Egyesült Királyságban a *Miscanthus x giganteus*-ban rejlő biomassza-potenciál vizsgálatára. 1993-ban az AIR program égisze alatt kiterjesztették a kísérletek helyszíneit a dél-európai országokra, Görögországra, Olaszországra, Spanyolországra (WALSH, 1997). Országos kutatási programot indított a növény szaporításának, telepítésének, betakarításának és kezelésének vizsgálatára Dánia, Hollandia, Németország, Ausztria és Svájc. A kísérletek bizonyították a növény magas szárazanyag-hozamát, valamit alacsony tápanyag-és gyomirtószer-igényét. A kutatók *Miscanthus x giganteus* esetében olyan hátrányokról számoltak be, mint az ültetvény magas telepítési költsége, a szűkös génállomány és a telepítést követő első télen megfigyelt gyenge hidegtűrő képesség (LEWANDOWSKI ET AL., 2000).

Habár a legtöbb kísérletet Európa szerte *Miscanthus x giganteus* klónokkal folytatták, mára egyéb fajok is ismertté, elismertté váltak. A *Miscanthus sacchariflorus* klón a melegebb klimatikus viszonyokhoz alkalmazkodik, míg a *Miscanthus sinensis* fajok génállománya a hidegebb régiók számára nyújt perspektívát (JORGENSEN, 1997). A különböző *Miscanthus sinensis* genotípusok kiemelkedő előnye *Miscanthus x giganteus* genotípusokkal szemben a megnövekedett hidegtűrő képesség (CLIFTON-BROWN & LEWANDOWSKI, 1998; EPPEL-HOTZ ET AL., 1998). Az Európai Tanács által finanszírozott *Miscanthus* nemesítési program (EMI)

Miscanthus sinensis és *Miscanthus sacchariflorus* genotípusokon alapuló új nemesítési módszerek kidolgozását kezdte meg 1997-ben. Széleskörű kísérletek indultak 15 különböző genotípussal Svédországtól Portugáliáig Európa-szerte. A kezdeti eredmények bizonyították, hogy olyan új genotípusok szelektálhatók, amelyekkel a telepítést követő második évben a *Miscanthus x giganteus*-éhoz hasonló hozam érhető el, jobb hidegtűrő képesség mellett (LEWANDOWSKI ET AL., 1999). Sőt, Dániában olyan *Miscanthus sinensis* genotípusokat szelektáltak, amelyek hozama felülmúlta a *Miscanthus x giganteus* hozamát (JORGENSEN, 1997).

Az Európai Miscanthus Termelő Hálózatot (European Miscanthus Productivity Network) 1993-ban hozták létre 10 ország közreműködésével, 18 helyszínen létesített ültetvények bevonásával (WALSH, 1997). A legnagyobb országos *Miscanthus* kísérleti projektet Németországban folytatták 1991-1997 között a Veba Oel AG energetikai vállalat vezetésével. Ennek keretein belül 70 ha ültetvényt létesítettek, összesen 20 helyszínen. Az ültetvények nagy részét mára felszámolták (LEWANDOWSKI ET AL., 2000). A kutatások során fontos megállapítások születtek a *Miscanthus* szaporítás-technológiájára, telepítésére, kezelésére, betakarítására, energiahozamaira vonatkozóan.

XUE ET AL. (2015) a *Miscanthus* szaporításáról és ültetvények létrehozásának különböző módjairól ír. A *Miscanthus x giganteus* nem terem életképes magot, ezért szaporítása vegetatív úton végezhető. A rizómák feldarabolásán alapuló ún. makroszaporításos megoldást Dániában alkalmazták először (JORGENSEN, 1995). Ennek során a 2-3 éves ültetvényeken talajmaróval zúzták szét a *Miscanthus* töveket alkotó rizómákat 20-100 g tömegű darabokra. Ezeket burgonya- vagy hagyma felszedő gép segítségével gyűjtik össze a területről. A rizómákat a felszedésüket követően a lehető leghamarabb el kell ültetni, a kiszáradás megelőzése érdekében (SCHWARZ ET AL., 1998). PARI (1996) és HUISMAN ET AL. (1996) szerint a rizómák kézi erővel történő darabolása révén jóval magasabb egyedszám nyerhető, mint a gépesített megoldás esetén. LEWANDOWSKI ET AL. (2000) szerint a „rizómadarabolásos" megoldás jelentősen lecsökkentette a szaporítóanyag költségét. Az 1 ha *Miscanthus* ültetvényre telepítendő rizómák költsége 350 EUR (10.000 db/ha), ami a jövőben várhatóan 200 EUR-ra csökken. Ennek ellenére a legtöbb Európában létesített ültetvény alapanyagbázisát mikroszaporításos (in vitro) eljárással állították elő. Az ilyen növények költsége 0,3 EUR/db, ami 1 hektárra vetítve 3.000 EUR-t jelent. Összehasonlítva a két módszer költségvonzatát, a különbség közel tízszeres.

Talaj-előkészítéssel és telepítési hálózattal kapcsolatos kutatásokat végzett LEWANDOWSKI ET AL. (2000), BOELCKE ET AL. (1998), PUDE ET AL. (1997), SCHWARZ ET AL. (1995). Javasolják a talaj 20-30 cm-es mélységben történő szántását, majd a növények ültetését megelőző boronálást. A fiatal palánták, vagy rizómák fagyérzékenysége miatt azokat kora tavasszal, a talaj menti fagyok megszűnése után érdemes telepíteni. Az ültetési sűrűséget 1-4 db/m^2-ben állapították meg. A nagyobb darabszám talajba juttatása az első 2-5 évben magasabb hozamot generál, de ez a megnövekedett hozam nem kompenzálja a magasabb telepítési költséget, ezért LEWANDOWSKI ET AL. (2000) szerint 1 db/m^2 a javasolt egyedszám, vagyis 10.000 db/ha.

Többek között WALSH (1997) számolt be arról, hogy Dániában, Írországban és Németországban *Miscanthus x giganteus* rizómák nem élték túl a telepítést követő első telet. A faj Észak-Európában történő hasznosításának, elterjedésének fő oka a gyakorta bekövetkező téli elfagyás. CLIFTON-BROWN &LEWANDOWSKI (1998) és EPPEL-HOTZ ET AL. (1998) publikáltak *Miscanthus sinensis* genotípusok télen megfigyelt kiváló túlélési rátáiról.

Ezt a magasabb fagytűrő-képességet előbbi szerzőpáros az alacsonyabb víz- és cukorkoncentrációra és a magasabb keményítőtartalomra vezeti vissza.

Olaszországban 1993-ban kezdtek hosszú távú, 12 évig tartó kísérletbe *Miscanthus x giganteus* és *Arundo donax L.* (Olasznád) fajokkal, az évenkénti hozamok, tápanyag- és vízigény megállapítása és összehasonlítása érdekében. 10 x 10 m-es parcellákat alakítottak ki, ahová 20.000 db/ha növényt telepítettek, 100-100-100 kg/ha N, P_2O_5, K_2O talajba juttatása mellett. Minden évben ősszel takarították be az ültetvényekről a biomasszát, a nádat a természetes csapadékon kívül nem öntözték. A kísérlet kiterjed az energia input-output, energiahatékonyság, illetve az egy hektárra vonatkoztatott energiahozam meghatározására. Az éves hozamok dokumentálása során a kutatók megállapították, hogy a növények szárazanyag hozama a telepítést követő első évhez képest a telepítést követő második évre *Miscanthus x giganteus* esetében 79 %-kal, *Arundo donax L.* esetében 43 %-kal emelkedett. A 12 éves periódus során az Olasznád hektáronkénti szárazanyag hozama átlagosan 37,7 t, míg a *Miscanthus* szárazanyag hozama átlagosan 28,7 t volt (ANGELINI ET AL., 2007). A helyi kutatók szerint a *Miscanthus* és az Olasznád kiemelkedően alkalmas energianövény-fajták a dél-európai országokban történő szántóföldi termesztésre. Egyrészt magas biomassza hozamuk és pozitív energiamérlegük miatt, másrészt mert a mediterrán országokban fejlődésükhöz igen ideálisak a klimatikus viszonyok (vízellátottság, éves csapadékmennyiség, nyári napsütéses órák száma) (ANGELINI ET AL., 2005).

A kutatók között általános a konszenzus a *Miscanthus x giganteus* alacsony N tápanyag-igényére vonatkozóan (HEATON ET AL., 2004; LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Ennek ellenére a szükséges N műtrágya mennyisége a különböző talajtípusokon, illetve annak hatása máig tisztázatlan (CADOUX ET AL., 2012). Néhány tanulmányban az ültetvények N utánpótlást követő erősödéséről, hozamgyarapodásról számolnak be, számos kutató azonban nem fedezett fel összefüggést a talajba juttatott N mennyisége és a növény éves szárazanyag-hozama között (FINNAN & BURKE, 2014). Németországban LEWANDOWSKI & SCHMITD (2006) és BOEHMEL ET AL. (2008), Olaszországban COSENTINO ET AL. (2007), az Egyesült Királyságban SHIELD ET AL. (2014), Törökországban ACAROGLU & AKSOY (2005), az USA-ban ARUNDALE ET AL. (2014) és HAINES ET AL. (2014) számoltak be kísérleteik során N talajba juttatásának az ültetvényekre gyakorolt serkentő hatásáról. Számos szakirodalomban viszont nem állapítottak meg N hatására bekövetkező hozam-gyarapodást. Ilyen eredményt publikált Ausztriából SCHWARZ ET AL. (1994), Németországból HIMKEN ET AL. (1997), az Egyesült Királyságból CHRISTIAN ET AL. (2008), Írországból CLIFTON-BROWN ET AL. (2007), az USA-ból pedig MAUGHAN ET AL. (2012) és DAVIS ET AL. (2014). Szintén N műtrágya *Miscanthus x giganteus* ültetvényekre gyakorolt hatását vizsgálták az írországi Carlow-ban, 2008-2012 között (FINNAN & BURKE, 2014). A kísérlet 1. évében 0 kg/ha, a 2.-ban 38 kg/ha, a 3.-ban 63 kg/ha, a 4.-ben 90 kg/ha, az 5. évben 125 kg/ha N-t juttattak a talajba. Megállapították, hogy a kísérlet első éveiben a növény magasságát nem befolyásolta a N mennyisége, viszont az utolsó években már igen, egészen júliusig. A növények hajtásszáma is csak az utolsó években növekedett, a N mennyiség növelésének hatására. Serkentő hatással volt az ősszel betakarított biomassza-hozamra is a N műtrágya, ellenben a tavasszal betakarított mennyiség nem változott a korábban mért adatokhoz képest (FINNAN & BURKE, 2014). Az 1. táblázat a különböző európai országokban feljegyzett *Miscanthus* hozamokat mutatja be N műtrágya eltérő mennyiségben történt alkalmazása mellett.

Ország	Átlagos évi középhőm. (°C)	Csapadék (mm)	Genotípus	Állomány életkora (év)	Ültetési hálózat (db/m^2)	Betakaríáts ideje	Szárazanyag-hozam (t/ha/év)	Műtrágyázás / öntözés	Forrás
Dánia (1)	7,3	693	*Miscanthus x giganteus*	4-6	na	április	7-15	70-100 kg N, nem volt hatással a hozamra	JORGENSEN (1996)
Dánia (2)	7,3	693	*Miscanthus sinensis*	3-5	4	január	6-11	0-150 kg N, nem volt hatással a hozamra	JORGENSEN (1997)
Észak-Németország (1)	8,0-8,8	700-720	*Miscanthus x giganteus*	3-4	1-3	december	15-24	80 kg N/ha	SCHWARZ ET AL. (1995)
Észak-Németország (2)	7,9-8,8	547-600	*Miscanthus x giganteus*	4-5	1-3	február/március	8-14	0-100 kg N, nem volt hatással a hozamra	BEUCH (1998)
Közép-Németország (1)	6,3-9,0	680-760	*Miscanthus x giganteus*	3-4	2	december	4-20	80 kg N/ha	SCHWARZ ET AL. (1995)
Közép-Németország (2)	8,7	617	*Miscanthus x giganteus*	3-4	1-4	február/március	15-22	0-240 kg N (60 kg optimális), szükség szerint öntözve	JACKS-STERRENBERG (1995)
Dél-Németország	7,4-8,5	520-810	*Miscanthus x giganteus*	3-4	1-3	december	9-19	80 kg N/ha	SCHWARZ ET AL. (1995)
Dél-Anglia	na	500-700	*Miscanthus x giganteus*	3	1	tavasszal	10-15	N hatástalan a hozamra, szárazság lépett fel	BULLARD ET AL. (1996)
na: nincs adat								Forrás: LEWANDOWSKI ET AL. (2000)	

1. táblázat: Különböző európai országokban feljegyzett *Miscanthus* hozamok, N műtrágya alkalmazása mellett (LEWANDOWSKI ET AL., 2000)

Nitrogén műtrágya *Miscanthus x giganteus* fejlődésére gyakorolt hatását vizsgálta Ausztria, Görögország és Németország különböző helyszínein PUDE (1998), CHRISTOU AT AL. (1998), HIMKEN ET AL. (1997) és LEWANDOWSKI & KAHNT (1993). GREEF (1995) szerint 60 kg/ha talajba juttatott N az optimális mennyiség, amely elősegíti a rizómák fejlődését. Habár WIESLER ET AL. (1997) megállapítása szerint a telepítést követő első 7 hétben kifejezetten pozitív hatása van a N utánpótlásnak a növény növekedésére és hasonló eredményre jutott DANALATOS ET AL. (2007) is *Miscanthus x giganteus* hozamainak Közép-Görögországban történt vizsgálatai során, a legtöbb kísérletből leszűrhető fő konklúzió, hogy nitrogén műtrágya használata főleg nitrogén-szegény talajokon szükséges. A növény telepítését követő évben fizikai, vagy vegyi gyomirtást kell végezni. SERAFIN & AMMON (1995) különböző gyomirtó-szerek használatát tesztelték. Megállapították, hogy kukoricára és egyéb gabonafélékre alkalmazott vegyszerek *Miscanthus x giganteus* ültetvényeken is használhatók. A telepítést követő 2-3. évben, már záródott, beállt ültetvényen THIEMANN (1995) szerint már szükségtelen gyomirtást végezni. SCHWARZ & SCHUNG (1993) és GREEF (1995) nyomán a *Miscanthus* ültetvény 3-5 év alatt éri el teljes fejlettségi fokát.

Az elmúlt 20 évben, Európában folytatott kutatások, kísérletek bizonyították, hogy a különböző *Miscanthus* fajok igen magas biomassza-hozam produkálására képesek. Ennek ellenére jelentős eltérések tapasztalhatók az Európa különböző országaiban létesített ültetvények éves hozamaira vonatkozóan. HOTZ ET AL. (1996) 2 t/ha, míg DANALATOS ET AL. (1996) 44 t/ha éves produktumról számolt be. Több, Dániához hasonló klímával rendelkező északi országban Japánból érkezett *Miscanthus sinensis* genotípusokkal hasonló hozamokat értek el, mint *Miscanthus x giganteus* esetében (JORGENSEN, 1997 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). LEWANDOWSKI ET AL. (1999) kutatásai alapján a dél és közép-európai térségben a *Miscanthus x giganteus* a legproduktívabb genotípus. Dél-Európai különböző helyszíneiről 30 t/ha feletti szárazanyag-hozamot jelentettek, öntözés, magas éves napsugárzás és magas átlaghőmérséklet mellett (6.200 MJ/m^2; 15,4 °C, Dél-Portugália). Európa középső és északi részein, ahol az előbbi értékek alacsonyabbak (3.500-3.900 MJ/m^2; 7,3-8 °C; Dánia és Németország), öntözés nélkül 10-25 t/ha hozamokról számoltak be (LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Az Európa középső részein telepített ültetvények hozamait SCHWARZ & SCHUNG (1993) szerint nagy valószínűséggel főleg a talaj típusa és nedvességtartalma befolyásolja. Megállapításuk szerint lazább talajtípusokon egyszerűbb ültetvényt létesíteni, viszont hosszú távon magasabb hozamok érhetők el kötött talajon. Ezt főleg utóbbi talajtípus bőségesebb vízellátottságával magarázzák (SCHWARZ & SCHUNG, 1993 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000).

VAN DER WERF ET AL. (1992) szerint a *Miscanthus sinensis* fajok föld feletti szárazanyag-hozama Hollandiában elérheti a 40 t/ha éves mennyiséget. ERCOLI ET AL. (1999) négy éven át tartó kutatása alapján a növény éves hozama meghaladja a 37 t/ha mennyiséget a dél-európai klimatikus viszonyai között. CHRISTIAN ET AL. (2008) 14 éves kísérlete során jegyezte fel iszapos, agyagos talajon létesített ültetvények éves hozamadatait, melyek az első 6 évben növekedést, a 7. és 8. évben csökkenést, majd újbóli emelkedést mutattak. A legmagasabb értéket a 10. évben mérte, a 14 éves átlag 17,7 t/ha volt. PRICE ET AL. (2004) Angliában folytatott *Miscanthus x giganteus* ültetvényekkel kapcsolatos kísérletet és 20 t/ha éves hozamról számolt be. CLIFTON BROWN & LEWANDOWSKI (2002) Dél-Németországban folytattak kutatást különböző *Miscanthus* genotípusokkal létesített ültetvények biomassza-hozamainak, illetve a biomassza minőségének meghatározása céljából. A 2. táblázat a különböző európai országokban az elmúlt 20 évben megfigyelt *Miscanthus* hozamokat mutatja be.

		Megfigyelt hozamok (t/ha)			
Ország	**Elhelyezkedés**	**Csúcs**	**Késleltetett**	**Öntözés (x)**	**Forrás**
Svédország	Svalöf Weibull	22	13		LEWANDOWSKI ET AL. (2003)
Dánia	Foulum	17	10		LEWANDOWSKI ET AL. (2003)
Anglia	Rothamsted	18	12		LEWANDOWSKI ET AL. (2003)
Németország	Ihinger Hof	26	20		LEWANDOWSKI ET AL. (2003)
Portugália	Évora	39	26	x	LEWANDOWSKI ET AL. (2003)
Ausztria	Atzenburg	30	22		SCHWARZ & LIEBHARD (1995)
Ausztria	Markgrafneusiedl	17	na		SCHWARZ ET AL. (1994)
Belgium	Stree	16	na		CLIFTON-BROWN ET AL. (2001)
Franciaország	Grignon	42	na	x	TAYOT ET AL. (1995)
Németország	Boitzenhagen	22	11		KAHLE ET AL. (2001)
Németország	Braunschweig	26	na		CLIFTON-BROWN ET AL. (2001)
Németország	Durmersheim	17	na		LEWANDOWSKI ET AL. (2003)
Németország	Gunterslebeln	30	18		KAHLE ET AL. (2001)
Görögország	Cefalonia	na	20	x	CLIFTON-BROWN ET AL. (2001)
Írország	Cashel	18	14		CLIFTON-BROWN ET AL. (2001)
Olaszország	Catania	na	27	x	CLIFTON-BROWN ET AL. (2001)
Olaszország	ENEA-Trisaia	na	15		CLIFTON-BROWN ET AL. (2001)
Hollandia	Valthermond	na	13		CLIFTON-BROWN ET AL. (2001)
Hollandia	Wijnandsrade	na	15		CLIFTON-BROWN ET AL. (2001)
Spanyolország	Santioago	na	14		CLIFTON-BROWN ET AL. (2001)
Egyesült Királyság	Arthur Rickwood	na	14		CLIFTON-BROWN ET AL. (2001)
Egyesült Királyság	Essex, Writtle	28	17	x	BEALE & LONG (1995)

csúcs: a növekedési időszak vége előtt 1-2 hónappal ért érték
késleltetett: a növekedési szakasz végét követően 2-3 hónappal mért érték
na: nincs adat

Forrás: CLIFTON-BROWN ET AL. (2004)

2. táblázat: Különböző európai országokban mért *Miscanthus* hozamok (CLIFTON-BROWN ET AL., 2004)

Az EU gazdasági motorjának és a megújuló energiaforrások hasznosítása terén éllovasnak számító Németországban a biomassza- és bioüzemanyag előállítás fő alapanyagául szolgáló repce és kukorica kiváltása érdekében, a biodiverzitás megőrzése céljából kezdtek a kutatók *Miscanthus x giganteus* fajokkal kísérletezni. Németországban a megújuló energia 70 %-a származik biomasszából, amit 2,5 millió hektárnyi területről takarítanak be. Az ország különböző területeire jellemző klimatikus viszonyok, illetve talajkondíciók ismeretében, az ország területén összesen 4 millió hektárnyi terület *Miscanthussal* való betelepítését irányozták elő a fenntartható, tiszta energianyerés megvalósítása érdekében (LEWANDOWSKI ET AL., 2003; CLIFTON-BROWN ET AL., 2004; SRU, 2007; HASTINGS ET AL., 2009; BFN, 2010; HERR ET AL., 2012). A kutatások során a mérsékelt éghajlatra optimalizált *Miscanthus x giganteus* fajra fókuszáltak, amiből korábban főleg különböző méretű hőerőművek, villamos erőművek ellátásának alapanyagául szolgáló pellet készült. A mérések során megállapították, hogy 2,23 kg *Miscanthus x giganteus* szárazanyag energiatartalma 1 liter könnyű tüzelőolaj energitartalmával egyenértékű (LKÖ, 2006; PUDE, 2010; KNÖRZER ET AL., 2012). A különböző hasznosítási lehetőségek közül kiemelik, hogy ez a faj a lignocellulóz alapú második generációs bioüzemanyag előállítás alapanyagbázisát is növelheti, ezáltal helyettesítője lehet a fosszilis üzemanyagoknak, vagyis csökkenheti az ezek elégetése során keletkező CO_2 mennyiséget (COLLURA ET AL., 2006; HEATON ET AL., 2008;).

A különböző helyszíneken álló *Miscanthus* ültetvényekről származó biomassza tulajdonságai helyszínenként eltérhetnek, évről-évre változhatnak (LEWANDOWSKI & KICHERER, 1997 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). SCHWARZ (1993) és SCHWARZ ET AL. (1994) megállapításai szerint az ültetvények üzemeltetésének módja – pl. műtrágyázás – csak csekély mértékben befolyásolja a betakarítható biomassza tulajdonságait. A földrajzi elhelyezkedés hatását jóval jelentősebbnek írja le. SCHWARZ ET AL. (1994) és BOELCKE ET AL. (1998) ezzel ellentétben arra a következtetésre jutott, hogy megemelt dózisú N műtrágya talajba juttatása csekély mértékben növelheti a növény N-, K- és víztartalmát (SCHWARZ ET AL., 1994 ; BOELCKE ET AL., 1998 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). BEUCH (1998) szerint a *Miscanthus* telepítését követően, a megerősödés időszakában, az idő előrehaladtával csökken a növényben lévő N és K koncentrációja.

Szlovákiában 2010-2013 között különböző talajminőségű helyszíneken létesített ültetvényeken vizsgálták *Miscanthus x giganteus* és *Miscanthus sinensis* 'Tatai' genotípusok hozamadatait, a növények számára ideális életkörülmények meghatározása céljából. A Nitra környéki területen 180 m tengerszint feletti magasságban, száraz, meleg klimatikus viszonyok között telepítettek *Miscanthust*. Ezen a részen az átlagos évi középhőmérséklet 9,9 °C, az átlagos éves csapadékmennyiség 1951-2000 között 547,6 mm volt, a talaj pH értéke pedig 7,26, 1,8 %-os átlagos humusztartalom mellett (PRCIK & KOTRLA, 2015). Mindkét genotípusból 2010-ben 10.000 db-ot telepítettek egy hektárra, 1 x 1 m-es sor-illetve tőtávolság mellett. Megfigyelték a növények föld feletti részének terebélyesedését, erősödését, valamint a földalatti rizómák és gyökérzet tápanyag-tároló szerepét. Az eltárolt tápanyagot a növény a következő évi vegetációs időszak során használja fel növekedéséhez, saját testtömege gyarapításához. A hozamadatok a különböző helyszínek eltérő időjárási viszonyainak megfelelően alakultak. A telepítést követő első év hozamát mindkét típus esetében gazdaságilag előnyösnek titulálták (LINDEGAARD ET AL., 2011 IN: PRCIK & KOTRLA, 2015). A kutatás eredményeképpen megállapították, hogy a Nitra régióban létrehozott ültetvényeken mindkét genotípus szárazanyag-termése kiegyensúlyozott, nagyjából azonos volt. A 2010-2013 közötti vegetációs időszakok alatt a *Miscanthus x giganteus* összesen 88,97 t/ha, míg a *Miscanthus sinensis* 'Tatai' 77,8 t/ha szárazanyagot produkált (föld feletti rész a levélzettel együtt). Százalékos formában kifejezve az MsT biomassza produktuma 12,5 %-kal

alacsonyabb volt vetélytársáénál. A kutatók javaslatot tettek továbbá a művelés alatt nem álló területek energianövényekkel történő betelepítésére és az ültetvényekről nyert biomassza helyi energiatermelésben történő felhasználására (PRCIK & KOTRLA, 2015).

Az időjárási körülmények erős hatással vanak a *Miscanthus* biomassza minőségére (LEWANDOWSKI ET AL., 2000). A télen bekövetkező levélhullás, illetve az erős szél hatására elhulajtott levélvmennyiség megváltoztatják a biomassza minőségét. A szél ezzel egyidejűleg hozzájárul a lábon álló növény kiszárításához (JACKS-STERRENBERG, 1995 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Nedves időjárási körülmények között, főleg havazáskor és fagy beálltakor a hajlékony *Miscanthus* hajtásainak hegye gyakran letörik. Károkat okozhat az erős havazás is, mert ilyenkor a nád teljesen elhajolhat, elfeküdhet a ránehezedő hó súlya alatt (LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Kereskedelmi mennyiségű, bálázott *Miscanthus* Dániában történt erőműi égetéséről számol be VISSER (1996). Összesen 117 t, egyenként 450 kg tömegű, 12 %-os nedvességtartalmú bálát égettek el egy 78 MW-os cirko-fluid tüzelésű kazánban (50 % szén együtt-tüzeléssel), illetve egy 160 MW összteljesítményű kazánban (20 % szén együtt-tüzeléssel). Az előbbiben 17 t, az utóbbiban 100 t *Miscanthus*-t égettek el, különösebb probléma nélkül (VISSER, 1996 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Vegyes-tüzelésű kazánban történt elégetése során a *Miscanthus* egyenletesebben, alacsonyabb szállópor kibocsátással égett, mint a szalma, állapította meg KRISTENSEN (1995).

A Kelet-szlovákiai alföldön (Vysoka és Uhom) folytattak *Miscanthus sinensis* 'Andress.' fajtával létesített ültetvényen kísérleteket, 2006-2009 között (PORVAZ ET AL., 2012). Ebben a periódusban ezen a területen az éves átlaghőmérséklet 9 °C, az éves csapadékmennyiség 584 mm volt. Az ültetvényt 2006 áprilisában telepítették rizómával, 1 x 1 m-es hálózatban. A terület gyomosodását mechanikai úton előzték meg. Telepítéskor a fontosabb tápanyagokból a következő mennyiségeket juttatták a talajba: N: 60 kg/ha, P: 26 kg/ha, K: 50 kg/ha. Ezt követően évente 40 kg/ha nitrogént alkalmaztak. A növény növekedési időszakában a levegő átlaghőmérséklete 16,3 °C, a napsütéses órák száma 1.442 óra volt. Ilyen időjárási körülmények között a *Miscanthus sinensis* 'Andress.'fajta átlagosan 25,63 t/ha szárazanyag hozamot produkált (leszámítva a telepítés évét). A kísérlet utolsó évében a betakarított biomassza-mennyiség már 36,63 t/ha volt (PORVAZ ET AL., 2012). A rizómával telepített kísérleti ültetvényen a harmadik év végére 80 %-os volt a növénnyel való lefedettség, vagyis a növény túlélési aránya. Ez megelőzhető, illetve javítható a telepítéskori egyedszám 12-13.000 db/ha-ra való növelésével, tehát sűrűbb telepítési hálózat alkalmazásával. A 105 °C-on szárított növény átlagos fűtőértéke 17,72 MJ/kg volt. A kísérleti évek alatt az egy hektáron produkált biomassza-mennyiségben tárolt összes energiára vonatkozóan az alábbi adatokat mérték: 73 GJ/ha, 223 GJ/ha, 410 GJ/ha, 579 GJ/ha. A szlovák kutatók szerint a N utánpótlás és az öntözés nagymértékben befolyásolják a növény hektáronkénti biomassza- és energiahozamát a kelet-szlovákiai térségben. PORVAZ ET AL. (2012) kutatásuk eredményeképpen feltételezik, hogy a *Miscanthus sinensis* 'Andress.'fajta sikeresen hasznosítható energianövényként.

Habár HARTMANN & STREHLER (1995), BIEWINGA & VAN DEN BIJL (1996) és JORGENSEN & JORGENSEN (1996) szerint a *Miscanthus* szilárd tüzelőanyagként történő hasznosításával elkerülhető az üvegházhatású gázok kibocsátása, a növény termesztése és hasznosítása is okozhat a környezetre káros emissziókat (HARTMANN & STREHLER, 1995; BIEWINGA & VAN DEN BIJL, 1996; JORGENSEN & JORGENSEN, 1996 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Az ezzel foglalkozó kutatások főleg a talajtani jellemzőket és a vízellátottságot vizsgálták. CHRISTIAN & RICHIE (1998) megállapították, hogy nitrát kimosódás főleg a telepítés évében jelentkezik. Eróziós kár is ebben a periódusban lép fel. Ennek oka, hogy az első évben a növények még

alacsonyak, fejletlenek, kevés nitrogént vesznek fel és nem fedik le teljesen a területet. A harmadik évtől kezdődően 3-30 kg/ha N kimosódásról számolt be a kutatópáros (N műtrágyázás nélkül, illetve N műtrágya használata mellett mért értékek). Ezek a számok közelítik az extenzív körülmények között művelt füves területeknél feljegyzett adatokat (CHRISTIAN & RICHIE, 1998 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Mivel *Miscanthus* ültetvény üzemeltetése során kártevők és kórokozók elleni védelemre elenyésző mennyiségben van szükség, illetve a gyomirtó-szerek használata is az első két évre korlátozódik, ezért a minimális dózisban használt növényvédő-szerek talajba jutásának az esélye igen alacsony (LEWANDOWSKI ET AL., 2000). BOELCKE ET AL. (1998) szerint *Miscanthus* ültetvényeken a növényről lehullott levélzet magas szervesanyag-tartalma miatt a talaj szervesanyag-tartalma is megemelkedik, a talajösszetétel pedig javul, más szántóföldi kultúrákéhoz képest. További megállapítása, hogy záródott ültetvény esetén a talaj felső 25 cm-es rétegében lévő rizómák össztömege 10-20 t/ha szárazanyag. További 6-8 t a gyökérzet tömege. Feljegyezte, hogy a már 4-8 éves *Miscanthus* ültetvények talajának humusztartalma megemelkedett, illetve a víztartó-képesség is enyhe javulást mutatott (BOELCKE ET AL., 1998 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). A maximális gyökérsűrűséget 0-40 cm-es mélységben figyelte meg KOESSLER & CLAUPEIN (1998). WERNER (1995) arról számolt be, hogy a gyökérzet némely esetben 250 cm-t meghaladó mélységig hatol a talajba (LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Éppen ezért BOELCKE ET AL. (1998) szerint a *Miscanthus* csökkentheti a talajvíz mennyiségét.

LEWANDOWSKI ET AL. (2000) szerint az európai klimatikus viszonyok között 4 m-es magasságot is elérő *Misanthus* ültetvények impozáns látványt nyújtanak, különösen a februári betakarítást megelőző időszakban. Az ültetvények menedékül és élőhelyül szolgálhatnak madarak és emlősök számára egyaránt (LOEFFEL & NENTWIG, 1997). JODL ET AL. (1998) megállapítása szerint az egyéb lágyszárú szántóföldi kultúrákhoz képest *Miscanthus* ültetvényeken magasabb a nagytestű emlősök, madarak száma, valószínűleg az ültetvények változatos lombozata miatt (JODL ET AL., 1998 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). A *Miscanthus*, mint szervesanyag rossz emészthetőségére vezeti vissza megállapítását LOEFFEL & NENTWIG (1997), mely szerint *Miscanthus* ültetvényeken az emlős egyedek száma alacsonyabb, mint az egyéb lágyszárú szántóföldi ültetvényeken élőké. A rovarok számát ugyanakkor magasabbnak ítéli (LOEFFEL & NENTWIG, 1997 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000).

Romániában a különböző biomassza-erőművekből származó hamu lerakatok rekultivációjának vizsgálatára, valamint különböző veszélyes- és káros-anyagok, mérgező szemét környezeti hatásainak kiszűrésére kezdtek *Miscanthus giganteus* fajjal kapcsolatos, 3 éves kísérletbe, Utvin város mellett (LIXANDRU ET AL., 2015). A 300 m^2-es kísérleti területet 3 részre osztották fel: az elsőt 50 t/ha szennyvíz iszappal, a másodikat 50 t/ha marhatrágyával kezelték, a harmadik parcellán $N_{15}P_{15}K_{15}$ talajba juttatása történt, 100 kg/ha mennyiségben. Az első évben öntözték az ültetvényeket. A kísérlet eredményeképpen megállapították, hogy a telepítést követő első évben a hamu lerakatoktól szennyezetté vált talaj biztosította életkörülményekhez az első két parcellán (szerves trágya kiszórása) jól alkalmazkodott a növény. A 2-3. években az utóbbi két területen kezelt növények produkáltak magasabb biomassza hozamot, de a LIXANDRU ET AL. (2015) megjegyzi, hogy a harmadik parcellán lévő ültetvény (szervetlen trágyával kezelt) is szépen fejlődött, de a másik kettőnél lassabb mértékben.

A Kaliforniai Egyetem üvegházában folytatott kutatást 2008. augusztus és 2009. február hónap között MANN ET AL. (2013). Ennek keretein belül *Miscanthus x giganteus* és *Arundo donax* nedvességtűrő képességét vizsgálták különböző körülmények között. Kísérleteztek frissen telepített növényekkel, illetve 8 hetes növekedésben lévő ültetvényekkel. A telepítést

követő 16. héten takarították be az ültetvényeket és mérték a biomassza-hozamot, majd megbecsülték a növények különböző nedvességtartalmú talajokon várható túlélő-képességét. Azt találták, hogy az elárasztott ültetvény, illetve az átlagos időjárási körülmények között nevelt ültetvény hozama között egyik faj esetében sem volt különbség. A tartós szárazságnak kitett növények esetében drasztikus volt a hozam visszaesés. A telepítést követő 8. héttől kezelésbe vett ültevények hozama *Miscanthus x giganteus* esetén átlagosan 56 %-kal, *Arundo donax* esetén 66 %-kal múlta alul a kontroll ültetvényeken mért értékeket. A telepítéstől kezdődően, 16 hétig folyamatosan száraz körülmények között tartott növények produktuma előbbi faj esetén 92 %-os, utóbbiban 94 %-os visszaesést mutatott. A rizómák túlélése az elárasztás, illetve normál körülmények között nevelés során 100 %-os volt. Tartós szárazságban a túlélési arány mindkét növény esetében csökkent, *Miscanthus x giganteus*-nál erőteljesebben. MANN ET AL. (2013) megállapította, hogy a mindkét fajnál megfigyelhető bizonyos mértékű elárasztás-tűrés.

Miscanthus giganteus 'Greef & Deu.'-val kísérletezett TEAT ET AL. (2014) az észak-nyugat karolinai hegyekben. Megállapították, hogy a növény képes magas hozam elérésére gyengébb minőségű, feljavított talajon, mérsékelt övben.

Az Európa különböző részein folytatott, *Miscanthus* ültetvényekkel kapcsolatos tudományos kutatások, kísérletek során feljegyzett éves átlaghőmérséklet, helyszíntől függően 7,5-17,5 °C között, az éves átlagos csapadék-mennyiség 500-1.000 mm között alakult. A déli, melegebb klímájú országokban létesített ültetvényeket öntözték. Elmondható, hogy a növény műtrágya-igénye igen alacsony, a talajba juttatott mennyiséget minden esetben a helyi termőtalaj-viszonyokhoz igazították.

2.2.2 *Miscanthus* ültetvények betakarítása, erőműi égetés

KAACK & SCHWARZ (2001) a növény betakarításának időpontját meghatározó tényezőkkel, a növény tárolásával, a *Miscanthus* külső jegyeivel, alaktani jellemzőivel foglalkoztak. A növény betakarítását évente egyszer végzik (VASCO & LI, 2015). Különböző *Miscanthus* ültetvények téli és tavaszi betakarítása során mért hozamokról számolt be SCHWARZ ET AL. (1995), JORGENSEN (1996) és JORGENSEN (1997). A télen mért magasabb biomassza-hozamok magasabb nedvességtartalommal párosultak. KATH-PETERSEN (1994) szerint a növény téli tömegvesztesége elérheti a 25 %-ot. LEWANDOWSKI ET AL. (2000) szerint a minél későbbi időpontban történik az ültetvény betakarítása, annál alacsonyabb lesz a növény nedvesség- és ásványianyag tartalma. Ezzel egyidejűleg csökken a betakarított biomassza mennyisége. A késleltetett, tavaszi betakarítás előnye, hogy a természetes száradás következtében jelentős mértékben csökken a növény nedvességtartalma, vagyis emelkedik a növény szárazanyag-aránya (LEWANDOWSKI & HEINZ, 2003 IN: MEEHAN ET AL., 2013). A késő őszi betakarítás elhagyásával a tél során a növényben felhalmozott tápanyagok visszahúzódnak a nád rizómáiba. A tavaszi száradás, illetve nagymértékű levélhullajtás következtében a téli állapothoz képest 30-50 %-kal is csökkenthet a biomassza-tömeg (LEWANDOWSKI & CLIFTON-BROWN, 2000; HEATON ET AL., 2004). HUISMAN & KORTLEVE (1994) és KATH-PETERSEN (1994) Németországban és Hollandiában végeztek kutatásokat. Megfigyeléseik alapján a növény nedvességtartalma a nyári időszakban mért 70 %-ról novemberre 20 %-osra csökkent. Ennél is alacsonyabb értékeket jegyeztek fel márciusban és áprilisban. A kiszáradás javarésze időjárástól függően tavasszal megy végbe (LEWANDOWSKI ET AL., 2000). A növény télen elhullajtja leveleit. KATH-PETERSEN (1994) szerint a tömegveszteség mértéke elérheti a 25 %-ot. A betakarítás utáni a szántón maradó veszteséget 17 %-ra becsülte. A betakarítási időszak HUISMAN & KORTLEVE (1994) megfigyelései alapján általában február és április közé

esik. Az optimális időszakot rövidnek írják le, mert a növény áprilisban a tavaszi meleg hatására újból növekedésnek indul. Az intervallum a növény nedves állapotában történő betakarításával, majd mesterséges úton való szárításával kiterjeszthető, meghosszabbítható (HUISMAN & KORTLEVE, 1994 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000).

LEWANDOWSKI ET AL. (2000) többmenetes és egymenetes betakarítási módokról ír. A többmenetes megoldás során a nád levágása után rendsodrás, majd rendfelszedés és bálázás, kötegelés, vagy aprítás következik további tömörítéssel, vagy anélkül. Megállapítása alapján a rendre sodort nád gyorsabban szárad, mint a lábon álló, a talajszinti magas páratartalom miatt. Egymenetes betakarítás során a nád vágását és az azt követő munkafázisokat egyetlen gép végzi, amivel munkaidő, ezáltal költség spórolható meg. KATH-PETERSEN (1994) szerint normál talajviszonyok között a többmenetes betakarítási módszer nem csökkenti az ültetény biomassza-hozamát a talajt terhelő többszöri préselés, terhelés miatt, abban az esetben, ha a munkagépek gumiabroncsaiban fellépő nyomás alacsonyabb, mint 2 bar (200 kPa). WALSH (1997) publikációja nyomán a különböző gabona fajtákra, vagy fű vágására kifejlesztett kaszák néhány forgókasza-típus kivételével nem működnek jól a magas és erős-szárú *Miscanthus* ültetvényeken. HUISMAN & KORTLEVE (1994) szerint a vágómagasság helyes megválasztásával jó megoldást nyújt a „Kemper”-kasza. LEWANDOWSKI ET AL. (2000) szerint a betakarításhoz sor-független vágófejet kell használni. Mivel a *Miscanthus* jól tolerálja az alacsony vágómagasságot, ezért olyan vágógép tervezése ajánlatos, amely használata csökkenti a betakarítás során a biomassza-veszteséget. Hosszú származmagasság esetén a rendfelszedéskor is keletkezhet veszteség.

JOHANNING & WESCHE (1993) és VETURI ET AL. (1998) feljegyzései alapján *Miscanthus* bálázására szinte valamennyi bálázó típus alkalmas. A hengerbálák sűrűsége kb. 130 kg/m^3, a nagy hasábbáláké kb. 150 kg/m^3. Németországban használt „Compactroller” nevű prototípusról számol be HARMS (1995), amellyel 300-350 kg/m^3 tömörséget értek el (HARMS, 1995 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). *Miscanthus* ültetvények betakarítása szecskázó gépekkel is megoldható. A tárolt apríték sűrűsége a „chip”-ek hosszúságától függ. 11 mm és 44 mm-es hosszúság esetén 95 kg/m^3, illetve 70 kg/m^3-t mértek. HUISMAN ET AL. (1997) megállapította, hogy a felaprított *Miscanthus* szükség esetén tovább tömöríthető. Helyhez kötött papír-újrahasznosító bálázó használata 265 kg/m^3-es tömörséget eredményezett (HUISMAN ET AL., 1997, IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). *Miscanthus* pelletálásával kísérletezett HARTMANN (1997). Ültetvényeken termesztett biomasszára kifejlesztett mobil pelletáló gép használatával 350-500 kg/m^3 közötti sűrűséget ért el (HARTMANN, 1997 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Ha a nád szárainak sérülése nélkül kívánjuk elvégezni a betakarítást – építőanyag, vagy geotextília gyártáshoz –, akkor hagyományos nádvágó gépek használata lehet jó megoldás. A hatékonyság elérése érdekében, hosszú távon fejleszteni szükséges az ilyen gépeket, oly módon, hogy képesek legyenek megoldani a *Miscanthus* erős és hosszú szárainak elvágását (HUISMAN ET AL., 1997, IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000).

A mezőgazdaságban jól ismert módszerek, megoldások alkalmazhatók *Miscanthus* bálák szállítására, tárolására. Az apríték kezelése a kukorica silózásához hasonlóan oldható meg. Hosszú távú tárolás esetén HUISMAN & KORTLEVE (1994) szerint a biomassza nedvességtartalma nem lehet magasabb 15 %-nál. Megállapította, hogy magasabb nedvességtartalom esetén penészedés léphet fel. Bizonyos fokú természetes szellőzés megelőzi, megakadályozza a folyamatot, 25 %-os nedvességtartalom alatt (LEWANDOWSKI ET AL., 2000). A *Miscanthus* tető, ponyva, műanyag fólia alatt, vagy szabadon tárolható. WALSH (1997) kísérletei eredményeképpen megállapította, hogy a tető alatti tárolási megoldás igényli a legnagyobb befektetést, de egyúttal megtakarítást is jelent, mert szükségtelenné válik a

bálák, vagy apríték letakarása, nem történik vízszivárgás és átnedvesedés, illetve elmarad az ezek miatt gyakran jellemző minőségi romlás, mennyiségi veszteség. Szeles időben ráadásul meglehetősen nehéz megfelelő takarást biztosítani (WALSH, 1997 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). LEWANDOWSKI ET AL. (2000) szerint a nagyobb „chip"-ekre aprított *Miscanthus* fedetlenül is tárolható. Ebben az esetben a külső 5-50 cm-es réteg átnedvesedésével kell számolni. Megállapította, hogy amennyiben a *Miscanthus* száradása nem megy végbe az ültetvényen és a nedvességtartalom 25 % feletti, akkor a betakarítást követően azonnali szárítás elvégzése szükséges. Ha a nedvességtartalom 25 % alatti, a szárítás a tárolási idő alatt, kiépített szellőztető-rendszer segítségével is megoldható. A felaprított *Miscanthus* szárításával kapcsolatos eredményeiről számol be KRISTENSEN (1996). Dániában zajlott megfigyelése során az összekupacolt *Miscanthus* nedvességtartalma 187 nap alatt 63 %-ról 51 %-ra esett vissza, 5,4 %-os szárazanyag-veszteség mellett. Megállapította továbbá, hogy 59 %-os nedvességtartalmú aprítékolt növény víztartalma 21,500 m^3/h levegővel történő szárítás hatására 91 h alatt 17,5 %-ra csökkent (KRISTENSEN, 1995). A szárítólevegő sebességének ZAUSSINGER & DISSEMOND (1995) szerint legalább 0,1 m/s-nak kell lennie (ZAUSSINGER & DISSEMOND, 1995 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). 20 °C-os hőmérsékletű levegővel szárítva 4 m vastagságú rétegben felkupacolt *Miscanthus* apríték nedvességtartalma 3 nap alatt 25 %-ról 15 %-ra csökken. Hollandiában, januárban betakarított, 25 %-os nedvességtartalmú bálákat kazalba állítva, ponyvával letakarva tároltak kültéren, úgy, hogy a legtöbb bála között némi helyet hagytak. Egy év leforgása alatt a víztartalom 12 %-ra esett vissza (JONKANSKI, 1995 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). A keringetett, de nem fűtött levegővel való szárítás költségét JONKANSKI, (1995) 15 EUR/t-ban határozta meg.

LEWANDOWSKI ET AL. (2000) szerint a *Miscanthus*, mint biomassza kémiai összetétele igen kedvező az égetéshez. Ásványi-anyag tartalma alacsonyabb a búzaszalmáénál, de magasabb, mint a fűz, vagy nyár sarjaké. Kora tavaszi betakarítások alkalmával a következő, igen alacsony ásványanyag tartalomról számoltak be: N: 0,2-06 %, K: 0,5-1,3 %, Cl: 0,1-0,5 %, hamu: 1,6-4 %. A többi biomassza tüzelőanyaghoz hasonlóan a *Miscanthus* gyulladáspontja és reakcióképessége a szénhez viszonyítva magas (LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Számos tanulmányban írnak a *Miscanthus* elégetése után keletkezett hamu összetételéről (MOILANEN ET AL., 1996; HALLGREN & OSKARSSON, 1998). A következő értékeket publikálták: SiO_2: 25-40 %, K_2O: 20-25 %, P_2O_5: 5 %, CaO: 5 %, MgO: 5 %. HASLER ET AL. (1998) megállapította, hogy a *Miscanthus* hamu nagyobb mennyiségű tápanyagot, ugyanakkor kevesebb nehézfémet tartalmaz, mint az őshonos fák hamuja (HASLER ET AL., 1998 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Nem egységes a kutatók álláspontja a *Miscanthus* hamu olvadáspontjával kapcsolatban. HALLGREN & OSKARSSON (1998) szerint a *Miscanthus* égetése során a legnagyobb problémát a hamu alacsony olvadáspontja okozza. Fluid-ágyas gázosítás során a hamu megolvadása súlyosan rongálhatja a tüzelőberendezést. A növény hamujának 600 °C-os olvadáspontja a zöld pántlikafű, illetve fűz hamujának 900 °C-os olvadáspontjához képest igen alacsony. Ennek oka valószínűleg a *Miscanthus*-ban relatíve magas Si és K tartalom kombinációja, olyan folyósítóanyaggal kiegészítve, mint pl. a vas (HALLGREN & OSKARSSON, 1998 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). KRISTENSEN (1995) a fentiekkel szemben azt állapította meg, hogy a *Miscanthus* hamunak lehet a szalmáénál magasabb olvadáspontja (KRISTENSEN, 1995 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000).

2.2.3 *Miscanthus* ültetvények üzemeltetésének ökonómiai elemzése, energiamérleg

WITZEL & FINGER (2015) szerint a *Miscanthus* rentábilis termesztése főleg olyan bizonytalan feltételektől függ, mint az ültetvények szárazanyag-hozama (10-48 t/ha), a biomassza átvételi ára (48-134 EUR/t szárazanyag), a növény életciklusa (10-20 év) és egyéb, különböző

költségtényezők. A még kialakulatlan felvevő piac, a magas beruházási költség, a hosszú távú elkötelezettség igénye, illetve további bizonytalanságok mind gátat szabnak a különböző *Miscanthus* fajok energianövényként történő elfogadásának. WITZEL & FINGER (2015) megállapította továbbá, hogy a különböző országokban merőben eltérő mértékű anyagi támogatás szintje kritikus jelentőségű a gazdaságos *Miscanthus* termesztés szempontjából. A növény rentabilitásának meghatározására széles körben elterjedt, gyakran alkalmazott módszer a nettó jelenérték számítás. Ezen túllépve a két szerző olyan kockázati- és bizonytalansági faktorokat tárt fel, amelyek a farmerek és gazdálkodók körében meghatározó jelentőséggel bírnak a *Miscanthus* energianövényként történő elfogadásában.

A különböző *Miscanthus* fajok lágyszárú energianövények között betöltött fontos szerepe ellenére kevés számú publikációban vizsgálták a növény gazdaságos termesztésének kérdéseit, illetve bizonyítottak rentabilitását (WITZEL & FINGER, 2015). Az EU-s országok közül az Egyesült Királyság és Írország szolgáltatta az ilyen jellegű publikációk közel 2/3-át. Mindkét országra jellemző, hogy az ültetvény-létesítés költségeinek 50 %-át kínálják a gazdálkodóknak állami támogatás formájában, amin felül kiegészítésként további 80 EUR/ha támogatást kapnak évente (STYLES ET AL., 2007; ALEXANDER & MORAN, 2013; ALEXANDER ET AL., 2014 IN: WITZEL & FINGER, 2015). A hagyományos növénytermesztéssel foglalkozó gazdák SHERRINGTON ET AL. (2008) és JAIN ET AL. (2010) szerint abban az esetben hajlandóak más kultúrára váltani, ha az alternatívaként felkínált növény legalább akkora profit elérését teszi lehetővé számukra, mint az addig termesztett. Hasonló megoldással kívánják elősegíteni évelő energianövények termesztését az USA-ban, ahol a „Biomass Crop Assistance Program" (BCAP) keretein belül 75 %-os szubvencióval segítik ültetvények létrehozását, továbbá hektáronként, vagy a megtermelt biomassza tonnája után támogatják a gazdálkodókat (SCHEFFRAN & BENDOR, 2009; DOLGINOW ET AL., 2014 IN: WITZEL & FINGER, 2015). Számos nemzetközi publikációban számolnak be kutatók a növény rentabilitását meghatározó körülményekről, melyeket illetően nincs közöttük egységes konszenzus. Ilyen körülmények pl. az elnyerhető állami támogatások mértéke, a hosszú távú szerződések kötésének lehetősége és a *Miscanthus*-termesztésre alkalmas talajminőség (ERICSSON ET AL., 2009; SCHEFFRAN & BENDOR, 2009; VAN DER HILST ET AL., 2010 IN: WITZEL & FINGER, 2015).

A növény életútja gazdasági szempontból a szaporítóanyag megvásárlásától / előállításától az ültetvény felszámolásáig tart. Mivel a *Miscanthus* évelő növény, termesztése és hasznosítása merőben eltér a hagyományos, egynyári szántóföldi élelmiszernövények művelésétől, melyek évről-évre lehetőséget biztosítanak a gazdálkodó számára a gyakori kultúraváltásra (ERICSSON ET AL., 2009; SHERRINGTON & MORAN, 2010 IN: WITZEL & FINGER, 2015). A 20-25 évig élő MsT termesztése hosszú távú elköteleződést jelent, ami korlátozza a gazdákat a váltás lehetőségében, a vállalkozói szabadságban. A növény csak a 3-4. évben fordul termőre, ami megnyújtja a kezdeti kiadások, illetve az ültetvény-létrehozással összefüggő költségek megtérülésének idejét. *Miscanthus* telepítését követő első években az ültetvény tulajdonosa erősen korlátozott biomassza-hozamra számíthat, amit bevétel-keletkezés hiányában kell átvészelnie, egészen addig, míg az ültetvény záródik, beáll, és a növény eléri állandó, rendszeres termelékenységét (SHERRINGTON ET AL., 2008 IN: WITZEL & FINGER, 2015).

A nemzetközi szakirodalomban található, különböző *Miscanthus* fajok ökonómiai elemzése során a szerzők számos esetben figyelembe veszik a használt földterület és befektetett tőke lehetőségköltségét. Ezeket éves költségnek tekintik, mivel a *Miscanthus* termesztését választó gazdálkodó évről-évre elveszíti mezőgazdasági területe és befektetett tőkéje egyéb irányú hasznosítási lehetőségét. A betelepített földterület költségével vagy nem számolnak a kutatók, vagy az átlagos, helyi földbérleti díjakat veszik figyelembe (STYLES ET AL., 2007; SMEETS ET

AL., 2009). ERICSSON ET AL. (2009) szerint a földbérlet díja a föld határköltségének tekintendő, mert annak az összegnek a nagyságát tükrözi, amit a gazdálkodó preferenciarendszere alapján még éppen hajlandó megfizetni a föld használatáért. *Miscanthus* rentabilitásának elemzése során a föld lehetőségköltsége azt az összeget szemlélteti, amit alternatív gazdálkodás végzésével a gazdálkodó árbevételként könyvelhetne el, vagyis amiről azzal, hogy *Miscanthus* termesztését választja, lemond (KHANNA ET AL., 2008; ERICSSON ET AL., 2009; JAIN ET AL., 2010 IN: WITZEL & FINGER, 2015). Ezért a föld lehetőségköltsége főleg az adott régióra jellemző, a *Miscanthussal* szemben egyéb alternatívaként számításba vehető növényekkel elérhető hozamoktól függ. Közép-Európában telepített *Miscanthus* ültetvények esetében a búza-, árpa-, repce-, cukorrépa-, vagy burgonyatermesztéssel elérhető bevételek nagyságát veszik számításba, míg az Európa déli részein létrehozott ültetvények gazdasági elemzésekor a paradicsom- és gyapottermesztés során realizálható bevétel nagysága a mérvadó (SHERRINGTON ET AL., 2008; LYCHNARAS & SCHNEIDER, 2011). Észak-Amerikában a növénynek a farmgazdálkodásban közkedvelt kukoricával, szójababbal és búzával kell felvennie a versenyt (DE LAPORTE ET AL., 2014; DOLGINOW ET AL., 2014 IN: WITZEL & FINGER, 2015). Nyilvánvaló, hogy a különböző földrajzi helyszíneken elterülő *Miscanthus* ültetvények változatos „vetélytársai" miatt nem lehet általánosan megállapítani a növény lehetőségköltségének mértékét. Parlagon hagyott területen, vagy egyéb növények megfelelő életkörülményeinek biztosítására alkalmatlan területen létrehozott *Miscanthus* ültetvény lehetőségköltsége jóval alacsonyabb, mint magas termőképességű, pl. zöldségek termesztésére is alkalmas talajon telepített ültetvényé. Utóbbi esetben a lehetőségköltség igen jelentős mértékű lehet (WITZEL & FINGER, 2015). Így nem meglepő, hogy számos kutató szerint fontos szerepet játszik a *Miscanthus* termesztésére vonatkozó döntéshozatal során a lehetőségköltség nagysága (KHANNA ET AL., 2008; JAIN ET AL., 2010; SHASTRI ET AL., 2011 IN: WITZEL & FINGER, 2015). Az USA-ban és Kanadában többek között DE LAPORTE ET AL., (2014) és KHANNA ET AL., (2008) a kukorica-, illetve szójababtermesztést vélik a *Miscanthussal* szemben kínálkozó legjövedelmezőbb alternatívának. A lehetőségköltség mértékét előbbi esetben 71 EUR/t, utóbbiban 177 EUR/t összegben állapították meg. WOLBERT-HAVERKAMP (2012) Németországban őszi árpa, mint termeszthető alternatíva esetén 441 EUR/ha, őszi búza számításba vételekor 558 EUR/ha lehetőségköltségről számolt be (WITZEL & FINGER, 2015).

ARAVINDHAKSHAN ET AL., (2010), CLANCY ET AL. (2012) és DOLGINOW ET AL. (2014) szerint a *Miscanthus*-termesztés gazdaságosságának megállapítása során az éves biomassza-hozam a legvéletlenszerűbb tényező. ALEXANDER & MORAN (2013) pl. 2,9-2,94 t/ha-os eltérésekről számolt be, ami 22,7-23 % közötti ingadozásnak felelt meg. HUANG ET AL. (2011) szerint a becsült és tényleges *Miscanthus* hozamok közötti eltérés mértéke 1,64-5,6 t/ha, ami 12,6-29 %-os eltéréssel egyenértékű (WITZEL & FINGER, 2015). Számos kutató ugyan megjegyzi, hogy hozameltérésekre lehet számítani, de ennek mértékét nem számszerűsítik (BOCQUÉHO & JACQUET, 2010; VYN ET AL., 2012; DE LAPORTE ET AL., 2014; IN: WITZEL & FINGER, 2015).

SCHEFFRAN & BENDOR (2009) Illinois állam déli részén, kevés számú fagyos nap mellett, magas hőmérsékletű és nedvességtartalmú talajon létrehozott ültetvények esetében 61 t/ha maximális elvárható szárazanyag-hozamról számoltak be. Az Egyesült Királyságon belül BAUEN ET AL. (2010) 2,3 t/ha minimális hozamról írt, míg JAIN ET AL. (2010) az USA-ban 41 t/ha maximális hozamról publikált. Az igen változatos hozamelvárások a különböző helyszíneken létesített ütetvények eltérő életkörülményeiből fakadnak. A kutatók a növény termőképességét meghatározó, illetve befolyásoló változatos talajtípusokról, eltérő talaj-hőmérsékletről, illetve nedvességtartalomról számoltak be (WITZEL & FINGER, 2015). DOLGINOW ET AL. (2014) jó minőségű, magas termőképességű, kukorica vagy szójabab

termesztésére alkalmas talajon *Miscanthus* termesztése nem lehet rentábilis, a magas lehetőségköltség miatt. RIZZO ET AL. (2014), valamint VAN DER HILST ET AL. (2010) a növény termesztését a hagyományos mezőgazdaság növényei számára alkalmatlan, pl. erodálódott talajon javasolják megkezdeni. A gyenge minőségű, erodálódott területek elérhetősége WITZEL & FINGER (2015) szerint a gazdálkodók *Miscanthus*-termesztéssel kapcsolatos döntését befolyásoló tényező lehet. Ez rávilágít a *Miscanthus*-termesztéssel elérhető bevételek nagysága, illetve az egyéb szántóföldi kultúrákkal elérhető jövedelem közötti trade-off (optimalizálás) fontosságára (WITZEL & FINGER, 2015).

A témával kapcsolatos számos szakirodalomban az állami, illetve egyéb kiegészítő támogatások juttatása a gazdálkodók számára alapkövetelményként jelenik meg a *Miscanthus* egyéb alternatív energianövényekkel szembeni versenyképességének növelése érdekében (KHANNA ET AL., 2008; ERICSSON ET AL., 2009; SCHEFFRAN & BENDOR, 2009; DOLGINOW ET AL., 2014 IN: WITZEL & FINGER, 2015). A különböző formában nyújtható telepítési támogatás és annak mértéke, a növényhez fűződő kezdeti magas költségek miatt a gazdálkodók számára a legfontosabb előfeltétele a *Miscanthus* termesztés megkezdésének. SHERRINGTON ET AL. (2008) és ALEXANDER & MORAN (2013) szerint rendelkezésre álló és elérhető, az ültetvények létrehozásakor kapható állami segélyek / támogatások hiányában a gazdálkodók nagy valószínűséggel nem kezdenek a magas beruházási költséggel párosuló növény termesztésébe. Az Egyesült Királyságban pl. a telepítési költség 40-50 %-át tértik vissza a gazdálkodó számára, amely összege 938-1.072 EUR/ha közé esik (SHERRINGTON & MORAN, 2010; ALEXANDER ET AL., 2013). Írországban is hasonló rendszer működik, a telepítési támogatás mértéke a telepítési költség 50 %-a, ami 1.295-1.460 EUR/ha összeget jelent a gazdálkodó számára (ZIMMERMANN ET AL., 2014). Továbbá létezik egy pótlólagos, az EU tagországaiban elérhető „energianövény prémium", amely értéke 45 EUR/ha/év (ERICSSON ET AL., 2009 IN: WITZEL & FINGER, 2015). Az USA-ban különböző formában támogatják a *Miscanthus* termesztésébe kezdő farmereket, a „Biomass Crop Assistance Program" (BCAP) keretein belül. SHASTRI ET AL. (2011) két évig járó, 40-45 EUR/t kiegészítő támogatásról, míg DOLGINOW ET AL. (2014) 75 %-os telepítési támogatásról, illetve ezen felül 20 EUR/ha kiegészítő támogatásról számolt be. A növény termesztését elősegítő további lehetőség az állam részéről indirekt támogatás biztosítása, amely célja a biomassza piaci árának versenyképessé tétele a fosszilis tüzelőanyagokkal szemben. KHANNA ET AL. (2008) és ARAVINDHAKSHAN ET AL. (2010) szerint erre jó megoldást kínál a fosszilis üzemanyagok elégetése során keletkező szén-kibocsájtás megadóztatása. KHANNA ET AL. (2011) számítása alapján a szén égetésekor kibocsájtott CO_2 mennyiség után 15,8 EUR/t mértékű adó kivetése szükséges annak érdekében, hogy a *Miscanthus* elégetése versenyképessé váljon az energetikai célú széntüzeléssel szemben. Számos kutató szerint a növény szénnel történő együttégetésének kötelezővé tétele, illetve a *Miscanthus* termesztésével az ökoszisztémára gyakorolt pozitív hatások pénzben, támogatások formájában történő kifejezése kézzel fogható jutalmat jelent a gazdálkodó számára a közjavak szolgáltatásáért, biztosításáért. Ilyen közjószág a termőföld széntartalmának csökkentése, a talajerózió elleni védelem, a nehézfémek kivonása a talajból, a szennyvízkezelési lehetőségek kiaknázása és a biodiverzitás növelése (ERICSSON ET AL., 2009; SMEETS ET AL., 2009; COPE ET AL., 2011 IN: WITZEL & FINGER, 2015). Ha összehasonlítjuk a megfelelő támogatási rendszert fenntartó Egyesült Királyságban, illetve az egységes állami támogatást nem garantáló Németországban telepített *Miscanthus* ültetvények nagyságát (~ 10.000 ha, illetve ~ 4.500 ha), arra a következtetésre juthatunk, hogy az elérhető támogatások rendszere megfelelő mértékben képes motiválni a gazdálkodókat a növényre alapozott gazdálkodás megkezdésére (WITZEL & FINGER, 2015).

HUISMAN ET AL. (1997) foglalkozott a *Miscanthus* ültetvények üzemeltetésével, betakarításával kapcsolatos valamennyi költség mérésével, összesítésével. LEWANDOWSKI ET AL. (2000) szerint egy ültetvény gazdaságossága számos tényezőtől függ. Ilyen a szaporítás módja, a várható hasznos élettartam, a betakarítás módja, az elérhető hozam nagysága, a földhasználat és a szállítás költsége, illetve a gazdálkodó profit-elvárása. A földhasználat költségét általában nem veszik figyelembe a különböző biomasszákkal előrhető profit összehasonlítása során. Ennek ellentmond HUISMAN ET AL. (1997) kalkulációja, aki több, különböző üzemeltetési, betakarítási módszer költségeit hasonlította össze a földhasználat költségének számszerűsítése mellett. Számításai során 15 éves termelési időszakot, 72 km-es szállítási távolságot (összesen), 12 t/ha szárazanyag-hozamot és zéró profitot vett alapul. Feltételezte, hogy a betakarítást alvállalkozó végzi, a biomassza szárítására nincs szükség, a telepítéshez haszált rizómákat pedig maga a termelő állította elő. A földhasználat költségét 725 EUR/ha-ban állapította meg 15 évre vonatkoztatva, továbbá feltételezte, hogy a költségek évente 7 %-kal emelkedtek (HUISMAN ET AL., 1997 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). A növény termesztésére fordított összeg nagysága a betakarítást megelőzően, 15 év után 26 EUR/t volt (szárazanyagra vetítve). Ilyen feltételezések mellett HUISMAN ET AL. (1997) szerint a *Miscanthus* különböző betakarítási módjainak költségei, 15 éves periódusra vonatkozóan 62,6-102,4 EUR/t között mozogtak (a kapott értékek már tartalmazzák a korábbi 26 EUR/t költséget) (HUISMAN ET AL., 1997 IN: LEWANDOWSKI ET AL., 2000). JORGENSEN & VENEDAAL (1997) feljegyzése szerint *Miscanthus* ültetvény telepítésének költsége 10-12 év alatt térül meg.

A betakarítás költsége LEWANDOWSKI ET AL. (2000) szerint nagyban függ a választott módszertől (egymenetes / többmenetes) és a közreműködő munkaerő költségétől. Az alkalmazott betakarítási mód meghatározza az azt követő tárolás és szállítás díját, mivel a sűrűség, tömörség a használt gépek típusától függ. Ezért csak teljes betakarítási ciklusokat, láncokat, illetve azok költségeit lehet egymással összehasonlítani. A betakarítás költségét VYN ET AL. (2012) és VENTURI ET AL. (1999) szerint a végfelhasználó erőművek által megkövetelt, a tüzelési alapanyagra vonatkozó formai kritériumok (apríték / nagy hasábbála), az alkalmazott módszer (egymenetes, többmenetes), illetve a gépek típusa határozza meg (járva szecskázó / szárzúzó + rendsodró + bálázó). Számos publikációban a *Miscanthus* gazdasági elemzése során a növény betakarítása kimerül a bálázás, vagy aprítás költségeinek figyelembe vételén, míg más források a szállítás és raktározás munkafolyamatot, illetve ezek költségét is számításba veszik (KHANNA ET AL., 2008; VYN ET AL., 2012 IN: WITZEL & FINGER, 2015). A nemzetközi szakirodalom egy részében a kutatók az 1 ha *Miscanthus* ültetvény betakarításának költségét határozták meg, míg mások az ültetvényekről származó 1 t biomassza betakarításának költségét mérték fel. Ez igencsak megnehezíti a különböző országokból származó adatok összevetését, értékelését (KHANNA ET AL., 2008; DE LAPORTE ET AL., 2014 IN: WITZEL & FINGER, 2015).

A *Miscanthus* energiamérlegével kapcsolatos kutatásokról kevés számú hiteles forrás áll rendelkezésre. LEWANDOWSKI ET AL. (1995) 20 t/ha szárazanyag-hozamot feltételezve, az ültetvény telepítéséhez, betakarításához, illetve a biomassza elszállításához és őrléséhez használt energia mennyiségét 1.251 MJ/t-ra, míg a keletkező CO_2 kibocsátást 112 kg/t-ra becsülte, aminek 23 %-a (374 MJ/t) a feltételezett, évi 100 kg/ha N műtrágyázásra vezethető vissza. A kibocsátás további 17 %-a (324 MJ/t) a kazánban történő égetésre előkészítés, feldolgozás, porlasztás eredménye (LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Vizsgálatok alapján az ültetvényekről „betakarítható" energia 5-7 %-át emészti fel az előállítás, betakarítás, előkészítés műveletsor, így az E_{inp} / E_{out} aránya 1:14-1:20 között alakul (HARTMANN & STREHLER, 1995; LEWANDOWSKI ET AL., 1995; JORGENSEN & JORGENSEN, 1996 IN:

LEWANDOWSKI ET AL., 2000). MOLENAAR ET AL. (1996) számításai alapján az energiamérleg 1:9,6 (fluid tüzelésű, kogenerációs erőműben való égetés során).

WANG ET AL. (2012) az Egyesült Királyságban vizsgálta a *Miscanthus* termesztésével összefüggő költségeket és ÜHG kibocsátását. A legalacsonyabb termesztési költséget Angliában, Wales-ben és Észak-Írországban jegyezte fel (35 GBP/t), a legmagasabbat Skóciában (55 GBP/t). Az átlagos termesztési költséget 40 GBP/t-ban állapította meg, a termesztéssel összefüggő ÜHG kibocsátás mértékét 1.72 kg/t/év szén-egyenétrékűnek becsülte (abszolút szárazanyag). WANG ET AL. (2012) érzékenységvizsgálata szerint a *Miscanthus* termesztésével összefüggő költségeket legfőképpen a növény hozama, illetve csapadék-ellátottsága befolyásolja. Ajánlása alapján, termőföldeken kell *Miscanthus* ültetvényeket létrehozni, azt mérlegelve, hogy az élelmiszer-termelés elől vesszük-e el a termőföldet.

A növény termesztésének- és az ültetvények üzemeltetésének költségei, illetve az ezekkel kapcsolatos bizonytalanságok LEWANDOWSKI ET AL. (2000) prognózisa szerint a jövőben csökkennek, ezáltal lehetőség nyílik a növény szélesebb körben, kereskedelmi mennyiségben történő telepítésére. Az ültetvények változatos, de igen magas telepítési költségéről számos európai kutató számolt be a ’90-es években. Ez a költség LEWANDOWSKI ET AL. (2000) jövőbe látó publikációjában leírtaknak megfelelően, az utóbbi közel 20 évben, a technológiák tökéletesítése és továbbfejlesztése révén mára jelentősen csökkent.

2.3 *MISCANTHUS SINENSIS* ÉS *MISCANTHUS X GIGANTEUS* ÜLTETVÉNYEKKEL KAPCSOLATOS MAGYARORSZÁGI TENDENCIÁK

Hazánkban a *Miscanthus* fajokkal kapcsolatos kísérletek nemzetközi viszonylatban még gyerekcipőben járnak. Habár az ország különböző részein indultak kutatások már a ’90-es évek végétől, a megfigyelt, néha újszerű eredményeket csak ritkán dokumentálták megfelelően, ezért ezek tudományos adatbázisokban, hiteles, lektorált közleményben korlátozott számban állnak rendelkezésre. A Magyarországon folytatott, általában kisméretű, széttagolt ültetvények üzemeltetésével, hozamaival kapcsolatos megfigyelések eredményeiről főleg szakmai konferenciákon, fórumokon hangzik el a legtöbb információ.

A hazánkban létesített ültetvények szaporítóanyagát Angliából, Ausztriából, Németországból és Írországból importálták magánszemélyek és vállalatok. *Miscanthus x giganteus* rizómákat, illetve *Arundo donax* rizómákat és palántákat vásároltak. Valószínűleg az Európában is alacsonyabb számú kísérletek, a növényről kialakult szűkebb körű tudásbázis, az ismeretség hiánya miatt *Miscanthus sinensis* fajokkal kapcsolatos kísérletek száma hazánkban alacsonyabb, mint az előző két faj esetében.

A kutatások hangsúlyozzák a növény magas biomassza hozamát, alacsony tápanyag igényét, illetve kiemelik a jövőben a hazai energia-mixben egyre nagyobb szerephez jutó biomassza, mint szilárd energiahordozó soraiba tartozó lágyszárú energianövények között betöltött jövőbeli, lehetséges szerepét. Az ország különböző talajtípusokkal rendelkező részein létesített kisebb ültetvényekről betakarított biomasszát a kutatók részben a hazai lakossági szektor napjainkban döntően földgázhasználaton alapuló lakásfűtésének helyettesítésére szánják, részben a hazai biomassza erőművek tüzelési alapanyagbázisát kívánják növelni. Ennek megfelelően a legtöbb fórum, konferencia alkalmával a kiemelkedő hozamadatok mellett olyan, *Miscanthus*-ra alapozott termelési-gazdálkodási rendszerekről, láncokról beszéltek az előadók, amelyek nagyobb volumenű elterjedése képes megoldani lakóházak,

irodák, önkormányzati épületek, sőt kistérségek fűtésproblémáit. Az ismeretterjesztő, figyelemfelkeltő fórumokon gyakran beszéltek különböző nagyszabású projektekről, melyek keretein belül több ezer hektár hazai szántó különböző *Misacnthus* fajokkal történő betelepítését kívánták megvalósítani, állami szintű közbenjárás és támogatás mellett. Ilyen projektek kivitelezéséhez saját szaporító-laboratórium, földvásárlás, hazánkban szelektált, önálló *Miscanthus* fajta, valamint óriási mennyiségű forgótőke bevonása szükséges. Az ehhez hasonló elképzelések hazánkban a tervezés- és kezdeti kivitelezés fázisánál nem jutottak tovább. Irodalomgyűjtés, illetve személyes tapasztalataim alapján az alábbiakban a magyarországi kutatásokat ismertetem.

PERCZE (2010) számolt be a 2008-ban alakult BIOWATT kutatási konzorcium *Miscanthus sinensis* „energianád" magyarországi termesztésének tapasztalatairól. Megfigyelései nem mutatnak eltérést a növényről nemzetközi szakirodalomban leírtakhoz képest. Beszámolója alapján a növény a környezeti hatások közül a vízellátottságra és a hőmérsékletre a legérzékenyebb. A talajra ezzel ellentétben nem különösebben érzékeny, 10-15 aranykoronás területen sikeresen termeszthető. A legmagasabb termésátlagot jelentős csapadékellátottság mellett (600 mm felett), valamint melegebb éghajlatú területeken produkálja (8 °C feletti átlaghőmérséklet). A *Miscanthus* C_4-es növény, az 1 g szárazanyag előállításához felhasznált (légzés során elpárologtatott) víz mennyisége kb. fele a C_3-as növényekének. Ez a tulajdonsága jelentős előnyhöz juttathatja az „energianádat" biomassza termesztés terén a trópusi, szubtrópusi, de még a mérsékelt övben is. PERCZE (2010) szerint Magyarország szántóföldjeinek nagy része alkalmas az intenzív mezőgazdasági művelésre. Úgy ítéli meg, hogy kb. 1,5 M ha az extenzív gazdálkodást szolgálja. Ezeken a területeken volna megfontolandó erdők, gyepek, vagy energetikai célú ültetvények létesítése, a felvevőpiac keltette igények és a jövedelmezőség szem előtt tartása mellett. Hazánkban az energetikai célú biomassza termesztés egyelőre nem jelentős, a termesztést befolyásoló szabályozás, a támogatási rendszer, a felvásárlás és hasznosítás teljes körű rendszere még nem alakult ki teljesen, ezért egy jövőbeni beruházás megtérülésének, jövedelmezőségének kiszámítása ma még nehézkes, kockázatos. PERCZE (2010) szerint a *Miscanthus* nem kedveli a hosszú ideig tartó vízborítást, de a talaj magas nedvességtartalmát és az időszakos vízben-állást jól tolerálja. Ez alapján a mélyebb fekvésű, nedvesebb, agyagosabb talajokon is termeszthető, ahol más növények termesztése kedvezőtlen, esetleg kockázatos.

A növény palántával, vagy rizómával történő szaporításáról nehéz egyértelműen eldönteni, hogy melyik a jobb, preferálandó megoldás. Kutatása során PERCZE (2010) megállapította, hogy a palántáról történő szaporításkor előnyt jelent, hogy a palánta az ültetéskor már gyökérzettel rendelkezik, amely segít a növény vízfelvételében. Az kísérletek keretein belül telepített palánták beállottsága meghaladta a 90 %-ot, de megjegyzi, hogy a beszerzett palánták igen jó minőségűek, fejlettek voltak (30 cm-nél hosszabb, ceruzavastagságú szár, fejlett gyökérzet). A rizómák nagy mennyiségű tápanyagot tartalmaznak, ezért optimális talajnedvesség-tartalom és talajhőmérséklet mellett erőteljes a kihajtás, a növény gyorsan fejlődik. Az ültetés időpontjának helyes megválasztása gyökér nélküli rizómával történő telepítés esetén igen fontos, mert a szaporítóanyagnak a talajban magasabb nedvességtartalomra van szüksége a kihajtáshoz. Szárazabb tavaszon, vagy késői telepítés során számolni kell a rizómák nagyarányú inaktivitásával. PERCZE (2010) vizsgálatai alapján megállapította, hogy a telepítés évében a rizómák minőségétől függően az állomány eredése 50-80 %-os, de állományvizsgálatai szerint a telepítést követő 2. évben további 15-35 % közötti eredés várható, amellyel az állomány beállottsága a 90 %-ot is meghaladhatja. A növény három év alatt éri el a teljes fejlettséget, de PERCZE (2010) szerint ez gyengébb minőségű területeken 4-5 évig is eltarthat. Az „energianád" a kezdeti éveket követően még

legalább 15 évig hoz termést. A termésátlag az ültetvény életkorának és a környezeti tényezőknek függvényében változik. A Felsőpetényen zajlott kísérletek során, 11-14 aranykoronás (AK) barna erdőtalajon extenzív körülmények között – gyomirtás és tápanyag-utánpótlás elvégzése nélkül – termesztett *Miscantus sinensis* 2009-ben történt betakarítása alkalmával 14,37 t/ha biomassza hozamot mértek 14,7 %-os nedvességtartalom mellett (PERCZE, 2010). A hároméves kutatás utolsó évében a *Miscanthus* gyomszabályozását és tápanyagellátását vizsgálták. Az ültetvények egy részénél nem alkalmaztak vegyszeres gyomirtást, melynek következtében a telepítést követő 1. és 2. évben a gyomborítás a mértéke meghaladta 70 %-ot. Ennek ellenére a *Miscanthus* élet- és versenyképesnek bizonyult a gyomokkal szemben, ezért PERCZE (2010) szerint a növény extenzív körülmények között is termeszthető.

PÓSA ET AL. (2009) Angliából, Lengyelországból, Németországból és Ausztriából származó *Miscanthus* szaporítóanyag minőségét, az állomány telepítés utáni beállottságát és a rizómák aktivitását, regenerálódását vizsgálta. A kis- és nagyparcellás kísérleteket a Nógrád megyei Felsőpetényen végezték, 43 aranykoronás, közepes vízgazdálkodású, agyagbemosódásos, 1,5-1,9 % közötti humusztartalmú erdőtalajon. A rügyaktivitási, regenerálódás-dinamikai vizsgálatokat Keszthelyen, a Pannon Egyetem, Növényvédelmi Intézet – Herbológiai és Növényvédőszer Kémiai Tanszékén 2008.03.25.-2008.12. hó között, havonta végezték. Egy-egy vizsgálati ciklus 22 napig tartott, ezen belül több alkalommal végeztek a rügyek aktivitásának és a hajtások hosszúságának megállapítására vonatkozó méréseket. A kutatás eredményeképpen PÓSA ET AL. (2009) megállapította, hogy március végén, április elején a rizómák csúcsrügyeinek növekedése dinamikusabb, ezzel egyidejűleg az axilláris rügyek gátlása sokkal nagyobb mértékben érvényesült. Ezek az eredmény alátámasztja az apikális dominancia, vagyis a csúcsrügy és oldalsó rügyek közötti korrelatív gátlás érvényesülését. Utóbbi egy szerv által a másik szerv- vagy rügy növekedésére kifejtett gátló hatást jelenti. Az apikális dominancia olyan korrelatív gátlás, amely során az axilláris rügyek növekedését az apex (csúcs-hajtás) gátolja. A talajművelések során a földalatti szervek feldarabolásával megbomlik az apikális dominancia rendszere és az addig alvó rügyek – a gátló hatás alól kikerülve – növekedésnek indulnak. Ez a növekedés addig tart, amíg a megmaradt rizómadarabon újra kialakul a dominancia rendszer, ami következtében az apikális (csúcsi) részen ülő hajtások ismét dominánssá válnak és kifejtik gátló hatásukat a többi hajtásra. Ennek a rendszernek köszönhetően a rizómákon mindig marad nyugalomban lévő rügy, amelyből később új hajtás képződhet, biztosítva ezzel a növény folyamatos regenerálódását és túlélését. A rizómák regenerálódó képessége kisebb három időszakban: március elején, április végén és június közepén. Szeptembertől megkezdődik a tápanyagok rizómákba történő visszaáramlása, vagyis leáll a zöld növényi részek növekedése, a rizómák pedig nyugalmi állapotba kerülnek a következő év márciusáig (PÓSA ET AL., 2009). Felsőpetényen szántóföldi körülmények között vizsgálták különböző európai országokból érkezett szaporítóanyag minőségét. A növény eredése a telepítést követő első évben 50-80 % közötti volt. A 2. évben 10-40 %-os utólagos kihajtást figyeltek meg, mely eredményeként az osztrák és angol rizómákkal telepített ültetvények az év végén 90 %-os, míg a német szaporítóanyaggal telepített „energianád” ültetvény 60 %-os beállottságot mutatott. PÓSA ET AL. (2009) szerint az „energianád” sikeres termesztésének egyik alapfeltétele a megfelelő telepítés, majd az azt követő első két évben a lehető legnagyobb beállottság elérése, ami a magas terméshozamok révén elősegíti a beruházás mielőbbi megtérülését. Megállapítják továbbá, hogy *Miscanthus* telepítését a talajhőmérséklet és a csapadékviszonyok figyelembe vétele mellett, március vége és május közepe között javasolt elvégezni (PÓSA ET AL., 2009).

SZANISZLÓ ET AL. (2015) a *Miscanthus* alternatív termőhelyen történő termesztésének és hasznosításának lehetőségéről számol be. Kutatása során vizsgálta a növény alkalmazását a biológiai szennyvíztisztításban, a technológiába való beillesztésének és hasznosításának lehetőségeit. Beállított kísérletei és termelési tapasztalatai alapján megállapította, hogy az „energianád" bevonásával kombinált szennyvíztisztítási technológia alkalmazása a szennyvíztisztítás hatékonyságában jelentős potenciállal bírhat és gazdasági előnyök elérése mellett a környezetvédelemben is fontos szerepet tölthet be. Ilyen környezetvédelmi hatás lehet az ÜHG kibocsátás csökkentése.

FOGARASI ET AL. (2009) a különböző életciklusban lévő felsőpetényi *Miscanthus* ültetvények telepítésével, üzemeltetésével, betakarításával kapcsolatos költségeket jegyezte fel, valamint vizsgálta az ültetvények különböző megoldásokkal történő betakarítása során az anyagveszteség mértékét. Megállapította, hogy hároméves ültetvény kétmenetes betakarítása során (John Deere kenderszecskázó + John Deere hasábbálázó) a betakarítás összköltségének 53 %-át a vágás és bálázás tette ki. Jelentős, 41 %-os költséggel bírt a bálák kazalba állítása és elszállítása. A műtrágyázás költségét az összköltség 5 %-ában határozta meg, a maradék 1 %-ot „egyéb költségek"-nek nevezte. Utóbbi tétel a telepítést követő 4. évtől zéró értéket vett fel, a bálák mozgatásának 1 %-os növekedése mellett. A betakarítást követően megállapította, hogy a téli időszakban bekövetkezett levélhullás miatti anyagveszteség 6,25 t/ha (43 %) volt. A kenderszecskázóval történő aprítás után kárba veszett 0,5 t/ha (3,5 %), a bálázás után pedig 6,75 t/ha (47 %). Körkaszával történő vágás és bálázás után az anyagveszteség 5,25 t/ha (36,5 %) volt. A kenderszecskázó 1,5-2,4 ha, míg a körkasza 0,7-0,8 ha „energianádat" vágott le egy óra alatt. A bálázó kb. 1 ha/h teljesítménnyel dolgozott.

A növény magas nedvességtartalmát FOGARASI ET AL. (2009) a téli időjárásnak tulajdonítja. A bálázáskor tapasztalt veszteség oka a rossz rendfelszedés, illetve, hogy a bálázó kerekei a puha talajba tapossák a talajra hullott levelek egy részét. A betakarítási költségek, valamint anyagveszteségek csökkentése érdekében FOGARASI ET AL. (2009) indokoltnak és szükségesnek tartja a bálázó gépek és egymenetes betakarítási technológiák fejlesztését.

PERCZE ET AL. (2008) végzett *Miscanthus* ültetvények rizómával és palántával való pótlására vonatkozó kísérletet. Megállapította, hogy *Miscanthus* palánták beszerzése nehézkes, ezért a növény telepítése javarészt rizómával történt. A tavaszi telepítést követően 3 hónappal az állományok beállottsága 75-85 % közötti volt, a szaporítóanyag minőségétől függően. Ezért a növény pótlására volt szükség. Az első telepítés 2008.05.17-én történt. Külön parcellán telepítettek 20 db növényt 06.24-én, ez szemléltette magát a pótlást. A szaporítóanyagot átlagos nedvességtartalmú, 1,5-1,9 % humusztartalmú, 43 AK-s, agyagos, barna erdőtalajra ültették. A növényeket az ültetést követően háromszor számolták meg. Az első ültetvényen 50 %-os eredést mértek. A rizómával „pótolt" parcellán a 20 db-ból egy sem indult fejlődésnek. Ezzel szemben a palántával beültetett táblán a száraz, nyári időjárás dacára a növények 58-77 %-a életben volt. PERCZE ET AL. (2008) szerint *Miscanthus* ültetvények nyáron történő pótlása során rizóma, mint szaporítóanyag használata a száraz, meleg időjárási körülmények és az öntözés hiánya miatt nagyon kockázatos, ezért a pótláshoz palánták használatát javasolja.

NAGY ET AL. (2009) félautomata, rizómára alapozott ültetőgép fejlesztéséről számolt be. Megállapította, hogy *Miscanthus* termesztésének legnagyobb kihívása a telepítés és betakarítás gépesítése. A telepítés során a következő kritériumoknak kell megfelelni: 0,75-1 m közötti sortávolság, 0,5-1 m közötti tőtávolság és 10 cm-es ültetési mélység. NAGY ET AL. (2009) az egyszerű, manuális burgonya-palántázó gépeket alkalmasnak véli változatos méretű

és formájú rizómák ültetésére, bár megjegyzi, hogy ilyen gépek használata során a személyzetnek folyamatosan oda kell figyelnie, hogy a szaporítóanyagot egyszerre, állandó tőtávolság tartása mellett juttassák a talajba. Éppen ezért célszerű automatizálni a rizómák talajba juttatását, így a személyzetnek csak a gép állandó ellátására kell koncentrálnia. Az utóbbi kritériumok alapján fejlesztett prototipus 2009-ben állt munkába, Felsőpetényen. NAGY ET AL. (2009) beszámolója alapján a gép megfelelően működött. A telepítés gördülékenyebbé tétele, tökéletesítése érdekében a jövőben kisebb változtatások végrehajtására, fejlesztésre van szükség.

BENSTE ET AL. (2010) a *Miscanthus* magyarországi betakarításának különböző módjaira tesz javaslatot. Megállapítja, hogy a növény termesztésének gépesítése során a telepítés és a betakarítás problematikus. Hazai körülmények között a forgótáras burgonyaültetőhöz hasonló, kézi töltésű, mechanikus adagolós rizóma-ültetőgép kifejlesztését javasolja. A betakarítás a szálastakarmány-begyűjtés gépeivel oldható meg. BENSTE ET AL. (2010) szerint járvaszecskázó gép használata után anyag-tárolási nehézségek adódnak, bálázás során pedig felszedési veszteséggel, illetve a bálák földdel való szennyezettségével kell számolni. A legjobb megoldásnak egymenetes önjáró, arató-és bálázógép használatát tartja, de ilyet jelenleg nem gyártanak és egyedi gyártásban való megrendelését csak igen nagy termelési volumen esetén célszerű mérlegelni. BENSE ÉS NAGY (2012) szerint a betakarítási munka általában kora tavaszi időszakban, a talaj menti fagyok megszűnését követően indul, de több példa található késő ősszel, illetve télen történő betakarításra is.

Magas hozamú *Arundo donax* (Olasznád) palántákat telepített az Arundo Cellulóz Farming Kft. Szihalmon, Gávavancsellőn és Tiszadadán, közmunkaprogram keretein belül. A növényt helyi önkormányzatoknál szervezett fórumokon népszerűsítik, legutóbb 2016.02.11-én tartottak bemutatót, Magyarcsanádon.

Új *Miscanthus sinensis* genotípusok szelektálásával kísérleteztek Tatán és Halmajon. *Miscanthus sinensis* 'Tatai' néven nemesítettek új „energianád" fajtát hazai kutatók, Marosvölgyi Béla vezetésével, Tatán. A növénnyel kapcsolatos szelekciós munka a '90-es évek elején kezdődött. A kutatás célja a faj magyarországi időjárási viszonyokra való optimalizálása, illetve nagyobb léptékű ültetvényhálózat létrehozása volt.

Megfigyelhető, hogy a hazánkban zajlott kísérletek tendenciaszerűen a *Miscanthus* telepítésének és gépesítésének jól működő, olcsó megoldásait keresik. Elenyésző számban találhatunk új fajok nemesítésére irányuló kutatást. Az itthoni tőkeszegény környezetben, a külföldön már használt, drága, egymenetes betakarítógépek alkalmazása fel sem merül, ezért a vállalatok, magánszemélyek a mezőgazdaságban már bevált gépparkon végrehajtott kisebb-nagyobb módosításokkal kívánják megoldani az „energianád" betakarítását, úgy, hogy a végeredményként rendelkezésre álló biomassza alkalmas legyen a hazai erőművek kazánjaiban történő elégetésre. Mivel a lakossági szektor, mint felvevőpiac napjainkban egyelőre nem jelentős, a növény nagyobb volumenű, üzemi szintű termesztéséből keletkező, jó minőségű tüzelési alapanyag potenciális végfelhasználói egyértelműen a különböző biomassza-erőművek lehetnek.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 A *MISCANTHUS SINENSIS* 'TATAI' „ENERGIANÁD" FAJTA BEMUTATÁSA

A kutatás „alapanyaga" az MsT volt. A *Miscanthus* – más néven kínai nád, japánfű, energianád – távol-keleti eredetű, a Himalája délkeleti lejtőiről származó, rizómával/gyöktörzzsel rendelkező C_4-es növény, amely rokonságban áll a cukornáddal (FAIX ET AL., 1989; LEWANDOWSKI & KICHERER, 1997 IN: PETERSEN ET AL., 2002). A növényt az 1980-as években kezdték széles körben tanulmányozni (BROSSE ET AL., 2012). A külföldi és hazai kutatók körében alacsony tápanyag-igénye, magas biomassza hozama és szénmegkötő képessége miatt vált népszerűvé (LEWANDOWSKI ET AL., 2003; STEWART ET AL., 2009; SACKS ET AL., 2013). A növény Ázsia változatos klimatikus részein megfigyelt, szárazsággal és faggyal szemben mutatott ellenálló-képessége miatt is számos kísérlet zajlik Európában (CLIFTON-BROWN ET AL., 2008 IN: HASTINGS ET AL., 2009). Nem tartozik a hagyományos mezőgazdasági kultúrnövények közé. A korlátozott számú, és drágán reprodukálható *Miscanthus x giganteus* genotípusokkal szemben a *Miscanthus sinensis*-t viszonylag egyszerű szaporítás-technológiája, biológiai sokszínűsége teszi vonzóvá (CHRISTIAN ET AL., 2005; CLIFTON-BROWN ET AL., 2011; NISHIWAKI ET AL., 2011 IN: DWIYANTI ET AL., 2014). A *Miscanthus sinensis* 'Tatai' energianád-fajtát 15 éves kutatómunka eredményeként Prof. Dr. Marosvölgyi Béla és Pintér Zoltán erdőmérnök kifejezetten a magyarországi éghajlati viszonyokra optimalizálta, szelektálta. A növényt 2006-ban az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet önálló fajtaként jegyezte be.

Az MsT egyenes, nádszerű szárai vékonyak, kemények, nem elágazóak, belül szivacsosak, átmérőjük átlagosan 10 mm. A növény hajtásainak magassága a telepítést követő első év végére eléri az 1-1,5 m-t, az utána következő években pedig a 3-4 m-es magasságot is (MAROSVÖLGYI IN: BAI ET AL., 2002). Az első évi alacsonyabb növekedés oka az, hogy a növény a földalatti szaporító-hajtásait (rizómák), illetve gyökérrendszerét fejleszti, ami igen intenzíven felhasználja a növény energiáit. A teljes érettséget csak a harmadik, negyedik évben éri el. A növény gyökérrügyei vastagok, erőteljesek a növekedési csúcs körül, illetve a földalatti rizómákon is találhatók rejtett rügyek, amelyek mint alvórügyek, csak egy rendkívüli elfagyás esetén hajtanak ki (MAROSVÖLGYI ÉS HORVÁTH, 2010). A rizómák rendkívül elágazó, hatékony raktározó rendszert képeznek, a gyökerek mélyen, kb. 1 m-re hatolnak a talajba. A növény föld feletti szárrésze minden évben ősszel elszárad, a következő évben a rizómákból új szárakat növeszt (PINTÉR, 2016).

A telepítést követő első esztendőben a hajtásszám 5-8 db, a hektáronkénti hozam 2-3 t zöldanyag. A második évben a hajtások száma lényegesen nagyobb lesz (15-25 db), a származmagasság 1,5-2 m, a hozam 5-10 t hektáronként. A harmadik évben a tövek átmérője már közel 1 m-es, a hozam 10-15 t/ha zöld anyag. A negyedik-ötödik évben az állomány záródik, ideális adottságok mellett beáll, nagyjából homogénné válik, a tövek átmérője 1-1,5 m-ben állandósul. A következő évek során a növény 20-25 t/ha zöldanyag hozamot produkálhat, termőhelytől és időjárási körülményektől függően (PINTÉR, 2015). Első éves MsT ültetvényt mutat az 1. Mellékletben szereplő 1. ábra.

A betakarításra érett *Miscanthus* biomasszájának fő elemi összetevői a következők: C: 47,1-49 %, H: 5,38-5,92 %, O: 41,4-44,6 % (Lewandowski & Kicherer, 1997; Hodgson et al., 2011; Lygin et al., 2011).

Számos kutató számolt be nemzetközi folyóiratokban az Egyesült Államokban, Olaszországban, Angliában, Németországban végzett *Miscanthus giganteus* és *Miscanthus sinensis* fajokkal kapcsolatos, több éven át tartó kísérletek alapján az ültetvények változatos hozamadatairól, különböző mennyiségű N tartalmú műtrágyák talajba juttatása esetén (HEATON ET AL., 2008; DOHLEMAN & LONG, 2009; MIGUEZ ET AL., 2009; ERCOLI ET AL., 1999; CHRISTIAN ET AL., 2008). Mivel a kutatók között nincs egységes konszenzus a N műtrágya talajba juttatásának az ültetvények biomassza-hozamára gyakorolt pozitív hatását illetően, ezért, illetve környezetvédelmi szempontok miatt MsT-re vonatkozóan nem végeztünk ilyen jellegű kísérletet az ültetvények üzemeltetése során.

A növény az égetésekor káros emissziókat képező anyagokból – Cl: 0,9-1,0 %, S: 0,8-0,9 % – az egyéb lágyszárú növényekhez viszonyítva keveset tartalmaz. A kémiai szempontból fontos alkotók aránya kedvező: cellulóz: 32-34 %, pentozán: 28-29 %, lignin: 14-15 %, hamu: 3-5 %. A hamutartalom a növény tőrészének korától és a levélmennyiség arányától függően változik. A különféle *Miscanthus* fajok sejtfal-alkotóira vonatkozóan változatos adatokat találhatunk a szakirodalomban. A cellulóztartalom 43,18-52,2 %, a lignin mennyisége 9,23-10,32 %, míg a hamutartalom 2,22-3,19 % között alakul (HODGSON ET AL., 2011).

Tüzeléstechnikai szempontból fontos jellemző a fűtőérték, amely az MsT esetében viszonylag magas, átlagosan 17,8 MJ/kg (MAROSVÖLGYI, 2001). Ezt összehasonítva *Miscanthus x giganteus* nemzetközi szakirodalomban jegyzett fűtőértékével (17-20 MJ/kg), megállapítható, hogy a két fajta fűtőértéke közel megegyezik (BROSSE ET AL., 2012). Jól ég, termikus és fermentációs folyamatokban intenzíven gázosodik. A hagyományos – aprítékként kazánokban történő – elégetése mellett jól felhasználható energetikai tömörítvény (brikett, pellet) előállításához is.

Számos tudományos folyóiratban írnak kutatók a *Miscanthus sinensis* és *Miscanthus x giganteus* fajok időjárással szembeni ellenálló-képességéről (CLIFTON-BROWN ET AL., 2008 IN: HASTINGS ET AL., 2009). Az MsT szárazságtűrése és fagyállósága kiemelkedő, kísérletek során a rizómák -22,5 °C fagyot is túléltek. Az energianád a vad számára nem jelent táplálékot, az ültetvényeken vadkár nem lép fel. Az Egyesült Királyságban zajlott kísérletek során vizsgálták a *Miscanthus* különböző madárpopulációk életére gyakorolt hatását. A kutatás eredményeképpen megállapították, hogy *Miscanthus* ültetvények által kínált menedék vonzó és hasznos lehet a szántóföldi madarak számára (BELLAMY ET AL., 2009). Az MsT ültetvények kis-és nagytestű vadnak is védelmet, menedéket nyújtanak. Az MsT „energianádnak" nincs jelenleg ismert károkozója, vagy allergén hatása. Nedvességtartalma a tavasszal történő betakarításkor 8,5-15 %, élettartama 20-25 év. A *Miscanthus sinensis* 'Tatai' CO_2 neutrális energiahordozó. Fejlődése során ugyanannyi CO_2-t épít be szöveteibe, mint amennyi elégetésekor a légkörbe jut. Energetikai célú hasznosítása fosszilis energiahordozókat helyettesíthet (HASTINGS ET AL., 2008; MAROSVÖLGYI, 2001.a; ANONYMOUS, 2006 IN: BELLAMY ET AL., 2009).

Az MsT nem invazív növény és nem zsákmányolja ki a talajt. Az évekénti jelentős mennyiségű levélhullás megfelelő talaj tápanyag-utánpótlást jelent a növény későbbi fejlődéshez. Főleg a humuszos vályogtalajt kedveli, de 7-8-as pH értékű, 10-15 AK-s talajon már termeszthető. Laza talajon egyszerűbb a telepítése, de kötött talajokon magasabb hozamok érhetők el. Meglehetősen igénytelen növény, ezért ajánlott parlagon hagyott területeken is telepíteni. A magas éves, megfelelő eloszlású csapadékmennyiséget kiemelkedő biomassza-hozammal hálálja meg, de 500-600 mm-es csapadék mellett is jól terem.

3.2 A KUTATÁS MÓDSZEREI

A kutatás során elméleti-, kísérlet-, laboratóriumi-, adatgyűjtés- és gyakorlati jellegű munkát végeztem. A mért eredményeket Microsoft Excel táblázatkezelő program segítségével dokumentáltam, rendszereztem.

3.2.1 A szántóföldi kísérletek módszerei

A szántóföldi kísérletek nagyrészt gyakorlati jellegűek voltak, melyeket a Komárom-Esztergom megyében, Tatán, Ácson, illetve Győr-Moson-Sopron megyében, Nagyszentjános térségében elhelyezkedő, a Komárom-Esztergom Megyei Parképítő és Kertészeti Zrt. (Parképítő Zrt.) tulajdonában álló, 5 különböző helyszínen elterülő, 50 ha nagyságú, 2, 3, 4 éves MsT „energianád" ültetvényeken, valamint a Parképítő Zrt. tatai telephelyén végeztem, nagyrészt a vállalat dolgozóinak segítségével. A disszertációban ezért azon kísérletek ismertetésénél, amelyekben kollégáim is részt vettek, többes szám egyes személyt használok.

3.2.1.1 Szaporítás

Az MsT szaporítás-technológiájának kidolgozása során külföldi tudományos irodalomra, kísérletekre, valamint hazánkban alkalmazott módszerekre támaszkodtunk. „Rizómákra darabolás" módszert végeztem 2009.04.27-én, Tatán és 2010.05.04-én, Ácson kiszedett töveken. Mindkét alkalommal tavaszi esőzéseket követően 1-2 nappal, a felső 3-5 cm-es rétegben nedves talajon történt a 3 éves MsT tövek talajból való kiemelése Hitachi típusú munkagéppel. A növények föld feletti magassága ~ 17 cm és ~ 22 cm volt. Az 1-1,5 m átmérőjű töveket üvegházban, illetve fóliasátorban fejszével és ásóval daraboltam szét. A szétszedés igen lassan ment, 4,5 óra alatt sikerült a töveket 8-15 cm hosszú rizómákká darabolni. Tatán 438 db erős szaporítóanyagot nyertem 1 db MsT tőből, 87 db-ot továbbnevelésre, illetve kiültetésre alkalmatlannak ítéltem meg kis mérete és alacsony fejlettségi foka miatt. Ácson 654 db rizómát számoltam, 58 db selejt mellett. Megjegyzendő, hogy az esetek 25 %-ában 2-3 db összeállt, összenőtt rizómát vettem 1 db szaporító anyagnak. A rizómákat a szétszedést követően zsákokba helyeztem, majd beöntöztem. A szaporítóanyagot mindkét helyszínen már másnap kézi erővel előkészített (ásóval kiásott gödrök), ~ 500-500 m^2 nagyságú parcellákra ültettük, 1 db/m^2 ültetési hálóba, 10 cm-es mélységbe, megfelelő föld-borítással. Tatán, 7,9 pH értékű homokos vályog talajon létesítettük a „mini ültetvényt", csapadékmentes napon. A talaj hőmérséklete 10 cm-es mélységben átlagosan 10,2 °C volt. Ezt a parcella 5, véletlenszerűen kiválasztott pontján, 10 cm-es mélységben mért értékek átlagából határoztam meg. Ácson, 2010-ben 7,7 pH értékű homokos talajon hoztuk létre az ültetvényt, aznap 2 mm csapadék hullott. A talajhőmérséklet átlagosan 13,3 °C volt.

„Tőosztásos" módszerrel alacsony számú szaporítóanyaghoz jutottunk. Az így nyert „féltövekkel" olyan 2. éves ültetvényeken hajtottunk végre pótlást, ahol a beállottság igen magas, 90 % feletti volt. Ácson, 2011.05.08-án jelöltem ki egy 7 ha-os ültetvényen 100 m^2 nagyságú parcellát, amelyen 65 db élő, fejlett növény volt. A többi 35 db növény elpusztult. Korábban, 2011.05.06-07-én is minimális mennyiségű csapadék hullott a területen (~ 1 mm). Május hónapban a teljes csapadékmennyiség 28 mm, a napsütéses órák száma 328 óra volt (OMSZ, 2016). Az erős, 40-68 cm átmérőjű töveket ásóval kettévágtuk, majd Stihl gödörfúró gép használatával az elpusztult tövektől 30 cm-re gödröket fúrtunk, 20-25 cm-es mélységben. A kettévágott tövek egyik felét kiemeltük, a másikat eredeti helyén hagytuk és visszatemettük, majd beöntöztük 1,5 l csapvízzel. A kiemelt felet behelyeztük a gödörbe, majd betemettük

úgy, hogy növény szára és levelei a föld felett voltak. Ezeket is beöntöztük. A pótolt növények föld feletti része 1 héten belül elszáradt. Ezután szükség esetén öntöztem a növényeket. Három héttel a pótlás után megjelentek az új hajtások. Tőszámlálással határoztam meg a pótolt növények eredését.

Új szaporítási módszer kidolgozására vonatkozó kísérletet végeztünk kutatótársaimmal 2009-2010-ben, Sopronban, a Nyugat-magyarországi Egyetem (NYME), Erdőmérnöki Kar EMKI Energetikai Tanszéke-, illetve a NYME Kooperációs Központjának (és Partnereinek) laboratóriumaiban, illetve Tatán, a Parképítő Zrt. egyik üvegházában. A kutatást az MsT azon adottságának kihasználására alapoztuk, hogy az éves hajtások tőrészén kifejlődnek olyan rügyek, melyek alvórügyek, aktiválódásukhoz az szükséges, hogy a növény tőrésze, vagyis a rizóma-rügyek valamilyen okból gátolva legyenek, így új tő létrejöttének alapjául szolgálhatnak. Ezekre a rügyekre alapoztuk a későbbi palántanevelést. A kísérlet során 10-15 cm hosszú darabokra aprítottunk fel MsT szárakat úgy, hogy mindegyik szárdarabon egy nódusz volt. Ezeket vízzel teli edénybe helyeztük. A vizet hetente kétszer cseréltük. Megindult a hajtás növekedése, majd a gyökérzet kialakulása. Az 1-2 cm-es gyökereket a nagyobb túlélési arány elérése érdekében gyökereztető hormonnal kezeltük, majd víztartó készítménnyel kevert perlitbe ültettük. Erősödést követően a 3-4 cm magas növényeket először 3 cm, 2 hét múlva 5 cm, 4 hét múlva 10 cm átmérőjű, virágfölddel teli nevelőedénybe helyeztük, majd figyeltük fejlődésüket.

3.2.1.2 Talaj-előkészítés, optimális sor-és tőtávolság meghatározása, telepítés-technológia

Ácson és Tatán történt MsT palánták telepítése 2009-ben, illetve Ácson 2011-ben hoztunk létre 3 ha MsT ültetvényt rizómákra alapozva. Mindhárom esetben 30-32 cm mélységű szántást végeztünk, Kühne M40 típusú, 4 fejes, függesztett mélyszántó eke használatával, amit John Deere 8320-as típusú erőgép vontatott. Ennek eredményeként tömör rétegektől mentes talajállapot alakult ki. A szántást a felső 5-8 cm-es felszíni talajréteg elmunkálása, boronálása követte. Tatán a munkát John Deere 8320-as erőgép által vontatott Omikron 5.6 típusú tárcsás borona végezte. Ácson KSMK 6-os típusú sorművelő kultivátort használtunk, amit Fendt 824-es traktor vontatott.

Az optimális sor-és tőtávolság meghatározása során a nemzetközi gyakorlatban alkalmazott távolságokat tanulmányoztam. Tatán folytattunk az MsT telepítésekor optimális sor- illetve tőtávolság nagyságának meghatározására irányuló kísérletet, a Parképítő Zrt. tulajdonában álló (a) 1 ha, (b) 2 ha, (c) 5 ha, (d) 7 ha térmértékű szántókon, Komárom-Esztergom megyében. Az (a) és (b) terület közvetlenül egymás mellett fekszik, (c) és (d) ezektől eltérő helyszíneken, (a)-tól és (b)-től közúton 3 km, illetve 4,5 km-re, egymástól 6,3 km távolságra. Ez az elhelyezkedés igen szerencsés volt, mert relatíve nagyméretű, földrajzilag egymáshoz közel fekvő területeken nyílt lehetőség kísérletezni és a telepítést követően azonos időjárási feltételek mellett tudtam megfigyelni a változatos hektáronkénti darabszámmal telepített ültetvények beállottságát, a növények fejlődését. A sortávolságot érdemes előzetesen a későbbi betakarítási munkákat végző munkagépek keréktávolságához igazítani, mert ezáltal lehetővé válik a tövek megközölése és elkerülhető azok esetleges megnyomása. A telepítés 2009.04.03-06. között zajlott, 30-32 cm-es mélyszántást és boronálást követően, burgonya-palántázó használatával. Az (a) és (b) terület esetében 8,0 pH értékű, öntés réti talajon történt a telepítés, száraz időben. Az (a) jelű parcellán 2 m-es tő-és sortávolságot választottunk, így erre a területre 2.500 db/ha palántát ültettünk. A közvetlenül mellette fekvő (b) jelű parcellán 1,5 m-es sortávolságot és 1 m-es tőtávolságot határoztunk meg, ezért (b) területen 6.600 db/ha palántát telepítettünk. A (c) jelű területen a sortávolság 0,8 m volt, a tőtávolság 1 m. Ezen a

parcellán 12.500 db/ha palánta telepítése valósult meg 7,7 pH értékű, homokos vályogtalajon. A legnagyobb, 7 ha térmértékű (d) jelű parcellán 1 m x 1 m-es hálózatban telepítettünk MsT palántákat, 7,8 pH értékű, homokos vályogtalajon, 10.000 db-ot egy hektárra.

A Parképítő Zrt.-vel közösen folytatott kísérleteink során a növény telepítését tavasszal – a talaj menti fagyok megszűnését követően – és kora ősszel végeztük, burgonyapalántázó-gép használatával, amit MTZ-820-as típusú erőgép vontatott. A palántázón, típustól függően 4-6 fős személyzet dolgozott, így egy ütemben ugyanennyi, egymással párhuzamos sor telepítése zajlott. Egy hektár mélyszántással és kultivátorozással előkészített területre 10.000 db MsT palántát, vagy 12.000 db MsT rizómát ültettünk. Ez 1 m x 1 m-es telepítési hálózatot jelent. A telepítési folyamat fél-automata, így az emberi munkaerő szereplése miatt lehetetlen állandó (mindig 1 m) tőtávolságot tartani. Ehhez teljesen automata, a szaporítóanyagot azonos időközönként a talajba juttató, állandó sebességgel mozgó ültető gépre van szükség. Külföldön már használt, modern, teljesen automata ültető gépek kipróbálására forráshiány miatt nem nyílt lehetőségünk. Rizómával történt telepítés során célszerűbbnek bizonyult magasabb számú egyedet a talajba juttatni, mert ezek a palántákhoz képest kevésbé erősek, ellenállóak. A palánták telepítéskor 15-20 cm magasak, a rizómák 5-10 cm hosszúak voltak. A kísérletek során 8 órás munkanapok alatt átlagosan 3-7 ha MsT-vel való betelepítése valósult meg.

A növény optimális telepítési időpontjának meghatározására irányuló kísérletek során a Parképítő Zrt. tatai telephelyén jelöltem ki 4 db egymáshoz közel fekvő, egyenként 100 m^2 nagyságú parcellát, amelyekre a következő időpontokban ültettem MsT palántát és rizómákat, 1 db/m^2 ültetési hálózatban: (1) 2009.10.28., MsT palánták, (2) 2009.10.28. MsT rizómák, (3) 2010.04.12., MsT palánták, (4) 2010.04.12., MsT rizómák. A késő ősszel telepített (1), (2), illetve a következő év tavaszán telepített (3), (4) ültetvények közvetlenül egymás mellett helyezkedtek el. A 7,8-as pH értékű réti csernozjomtalajba felásást és gereblyézést követően 10-15 cm mély gödröket ástam, majd azokba helyeztem a palántákat, illetve rizómákat. Nitrogén műtrágyát nem juttattam a talajba, a növényeket nem öntöztem. Az (1). és (2). számú területeken ültetéskor a talaj hőmérséklete 10 cm mélyen átlagosan 3 °C volt. Az év végéig hullott csapadék mennyisége (november és december hónapokban) 124 mm, a napsütéses órák száma 120 óra volt (OMSZ, 2016). A telepítését követően 5 hónapon keresztül, havonta 5-5 db növényt ástam ki, majd vizsgáltam életben maradásukat. A (3). és (4). számú ültetvények telepítése száraz, meleg időben történt, 2010 tavaszán. 2010.04. hó és 2010.09. hó között hullott csapadék mennyisége 619 mm, a napsütéses órák száma 1.135 óra volt (OMSZ, 2016).

További kísérletet folytattunk Ácson, ahol 2 ha térmértékű MsT ültetvényt telepítettünk palántákkal, 2010.10.12-én. Ez volt az (5.) számú ültetvény. Az ültetés palántázó géppel történt 7,5-ös pH értékű homokos vályogtalajon, száraz, hideg, de az előző évihez képest mérsékeltebb időjárási körülmények között. A kemény talaj hőmérséklete 10 cm mélyen 4,5 °C, a levegő hőmérséklete 5 °C volt. A telepítést követő télen a legalacsonyabb dokumentált hőmérséklet -11 °C volt, éjjel. A telepítéstől az év végéig hullott csapadék mennyisége 175 mm, a napsütéses órák száma 294 óra volt (OMSZ, 2016).

Kísérletet folytattam nyári, száraz időben, burkolt gyökerű palántákkal történő ültetésre vonatkozóan. Azt kívántam megvizsgálni, hogy ilyen palánták használatával tágítható-e az MsT ültetésre alkalmas időintervallum. A kísérletet Ácson, a (7.) és (8.) számú, 100-100 m^2-es, előzetesen felásott, elgereblyézett, egymás mellett fekvő parcellákon végeztem. A 100-100 db, egyenként 10 x 10 cm-es konténerben nevelt MsT palántát 2010.07.14-én kézi erővel

ültettem el, 8,0 pH értékű öntés réti talajon, száraz, meleg, csapadékmentes időben (29 °C). A palántákat mikorszaporítást követően neveltük a Parképítő Zrt. tatai üvegházban. Kiültetés előtt a palánták 25-30 cm magasak, üde zöld színűek voltak, erős gyökérzettel rendelkeztek. A (7.) számú területen a növényeket az elültetést követően 2 héten keresztül minden nap, azt követően igény szerint öntöztem, 1 l/db vízzel. Nitrogén műtrágyát nem használtam. A (8.) számú parcellán nem öntöztem a palántákat. A természetes csapadékmennyiség Ács térségében, 2010. július és augusztus hónapokban 206 mm, a napsütéses órák száma 540 óra volt (OMSZ, 2016).

3.2.1.3 Hozambecslés

Hozambecslést a Parképítő Zrt. tulajdonában álló, Tatán, Ácson és Nagyszentjánoson elterülő, 1 ha-nál nagyobb térmértékű, legalább 2. éves, eltérő fejlettségi fokú MsT ültetvényekre vonatkozóan készítettem. Ennek keretein belül az aktuális évi betakarítási munkát megelőző hónapban (általában március, vagy április), 5 különböző ültetvény esetében hektáronként 3 x 10 m^2 nagyságú, véletlenszerűen kijelölt, átlagos, a parcella nagyobb részéhez hasonló fejlettségű növényzettel fedett területről motoros fűrésszel vágtam le valamennyi MsT tőről a szárakat, a talaj fölött 10-15 cm-es magasságban. A kivágást követően megmértem az egyes összekötött kévék tömegét. A mérést 0 %-os nedvességtartalomig történő szárítást követően megismételtem. A két érték különbsége alapján állapítottam meg a tövek nedvességtartalmát. Az ültetvényenként 30 db tőről levágott kéve tömegének meghatároztam az átlagát, majd az egyes ültetvények beállottsága alapján becsültem meg a betakarításkor várható zöld biomassza-hozamot és szárazanyag-hozamot. A különböző fejlettségi fokú ültetvények eredése 81-95 % között mozgott, ezért az 1 db tövön lévő szárak átlagtömegét 8.100-9.500 közötti számmal szoroztam meg.

3.2.1.4 Tartós vízborítás / elárasztás, extrém szárazság hatása

A 2010.05-06. hónapokban lehullott, szokatlanul magas csapadékmennyiség következtében kutatótársaimmal lehetőségünk nyílt Ácson telepített 3 éves, 0,27 ha MsT ültetvény tartósan víz alatt állás során mutatott viselkedésének megfigyelésére. A növények túlélési arányát egyedszámlálással határoztuk meg. A növény szárazságtűrésére vonatkozó kísérletet a Parképítő Zrt. Pusztaszeren létesített 3 éves, 7 ha térmértékű ültetvényén végeztem, 2012.07.-08. hónapok között. A térségében ebben az évben a sokéves csapadékmennyiség 50-60 %-a hullott. A növény szárazságtűrő-képességére a teljes terület 4 alkalommal történő teljes bejárása-, illetve az ültetvényen szúrópróbaszerűen kialakított, hektáronként 10-10 m^2-es parcellákról származó mintavételezés alapján következtettem. A mintákat, illetve az ültetvényen lévő növények fejlettségi fokát összehasonlítottam a Parképítő Zrt. Ácson létesített, 2012-ben átlagos mennyiségű csapadékkal ellátott ültetvényinek fejlettségi fokával, illetve a nemzetközi szakirodalomban leírt, különböző *Miscanthus* fajok szárazságtűrésére vonatkozó adatokkal.

3.2.1.5 Betakarítás-technológia

Az MsT betakarítási technológiájával szembeni alapvető kritérium az volt, hogy alkalmazása eredményeként az MsT ültetvényekről letermelt „energianád” a biomassza-erőművek kazánjaiban történő elégetésre alkalmas formában álljon rendelkezése, vagyis megfeleljen a végfelhasználók által a tüzelési alapanyaggal szemben támasztott formai, minőségi, kezelhetőségi követelményeknek. Adatgyűjtés jellegű kutatást végeztem különböző európai

országokban nemesített *Miscanthus sinensis* és *Miscanthus x giganteus* „energianád” fajok betakarítására kifejlesztett és alkalmazott technológiák megismerése érdekében.

Szárzúzás

Az MsT levágására 3 különböző kísérletet folytattunk. HUISMAN & KORTLEVE (1994) szerint a vágómagasság helyes megválasztásával jó megoldást nyújt a „Kemper”-kasza. Az 1. kísérlet során lengyel gyártmányú, forgódobos, 1,85 m-es vágószélességű körkaszával kezdtük levágni az MsT „energianádat”, Ácson, száraz időjárási körülmények között, kemény talajon. A kaszát Belarus 820.2 típusú erőgép vontatta. A kasza a talaj felett 20-25 cm-rel vágta el a növényt, ami ezután a földre hullott, a traktor menetirányával egyező irányban.

A 2. kísérletet 2010.04.10-én, száraz, meleg időjárási körülmények között, kemény talajon kezdtük meg Ácson, alternáló mozgást végző kasza használatával, amely vágószélessége 1,5 m volt. A kaszát Belarus 820.2 típusú traktor vontatta maga mögött, az „energianád” száraira merőleges irányban, oldalra kilógatva. Kb. 25-30 cm-re a talaj fölött vágta el a szárakat.

A 3. kísérletet az MsT hosszú, 3-4 m-es szárainak bálázható méretűvé (15-75 cm) alakítására, aprítására szárzúzó használatával kezdtük meg, 2010.04.12-én, Ácson, száraz időben, kemény talajon. A gép a szárakat a talajszint felett 10-15 cm-es magasságban vágta el, 1,5 m-es szélességben. Vágás közben zúzás, aprítás történt. Több típus kipróbálását követően legalkalmasabbnak egy RZ-2 Z119/Z010-es típusú szárzúzó bizonyult, amit MTZ-820-as traktor vontatott. A már lezúzott nádszárak hossza igen változatos volt, 10-100 cm között mozgott. Az erőgép lassan, terep 2-es fokozatban haladt a sűrű ültetvényen.

Rendsodrás

A szárzúzott növény rendsodrásával kapcsolatban 2 kísérletet végeztünk. Az (1.) számú kísérlet során, Ácson, 2010.04.27-én kezdtük meg csillagos típusú rendsodró használatát, amit MTZ-820-as traktor vontatott.

A (2.) számú szántóföldi kísérletünket 2011.04.22-én indítottuk el, Tatán, majd a kiterjesztettük az Ácson és Nagyszentjánoson helyet foglaló ültetvényekre. Az MsT korábbi szárzúzását követően 2 nap alatt összesen 3 mm csapadék hullott. A kísérlet során Class Liner 390 típusú, kardános rendsodrót használtunk, amit Massey Ferguson 5435-ös erőgép hajtott meg. A gépsor megbízhatóan, gyorsan dolgozott, kb. 90-100 cm magas rendeket készített, kb. 2 ha/h teljesítménnyel.

Bálázás

Az MsT bálázására 4 különböző kísérletet végeztünk. A Parképítő Zrt. tulajdonában álló MsT ültetvényeken 2009-2012 között végzett betakarítási kísérleteink során MsT „energianádból” hasábbála és hengerbála készült. A bálázást megelőző munkafolyamat – a nád bálázhatóvá alakítása – a végtermék formájától függetlenül megegyezett (szárzúzás, rendsodrás).

Az első kísérlet (1) 2010.04.29-én, Ácson zajlott, száraz, meleg időben (25 °C). Ennek során a „Kemper” kaszával és az alternáló mozgást végző kaszával levágott, kb. 2,5 ha térmértékű MsT „energianád” bálázása történt. A rendsodrás munkafázis elhagyásával a hosszú, zúzatlan szárak egy irányba fekve, összesűrűsödve feküdtek el a talajon. Krone Bigpack 1270-es hasábbálázó állt munkába, amit John Deere traktor vontatott. A hasábbálák mérete 220 cm x

70 cm x 120 cm volt, átlagosan 70 mp alatt készült el 1 db. A kamrapresszió alacsonyan tartása miatt a bálák tömege igen alacsony, átlagosan 270 kg volt.

A következő kísérletet (2) szintén Ácson indítottuk el, 2010.05.03-án, száraz időjárási körülmények között, 28 °C-os melegben. Ugyanazt a John Deere traktor által vontatott Krone Bigpack 1270-es típusú hasábbálázót használtuk, amit (1.) számú kísérletnél. Az RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzó által levágott, összezúzott biomasszából csillagos rendsodró készített rendeket.

A (3.) számú kísérletet is 2011.04.27-én indítottuk el Tatán, majd Ácson és Nagyszentjánoson folytattuk. Az „energianádat" a kísérletet megelőzően RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzó aprította össze, majd Claas Liner 390-es típusú kardános rendsodró sodorta rendre. Ezt követően hengerbálákat készítettünk Krone F155-ös bálázóval. A bálázót 75 LE-nél nagyobb (55 kW) teljesítményű traktor képes volt működtetni. A kísérletek során Belarus 820.2-es erőgép vontatta a bálázót, ami szabványos, 150 cm x 120 cm-es méretű, 270 kg tömegű bálákat kötött. Átlagosan 34 mp-be tellett 1 db bála elkészítése (PINTÉR, 2015).

A (4.) számú kísérlet szintén Tatán indult el 2012.04.29-én, majd Ácson és Nagyszentjánoson folytatódott. A bálázást megelőzően az RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzóval összeaprított „energianádat" Claas Liner 390-es típusú kardános rendsodróval sodortuk össze, száraz meleg időben. Ebben az évben nagy hasábbála készítéséhez Krone BigPack 1290 HDP típusú, magas kamranyomású bálázót használtunk. Ez a típus igen megbízhatónak bizonyult és a legtömörebb, legnagyobb tömegű bálákat kötötte. A gépet 270 lóerős (200 kW) John Deere traktor vontatta. A Krone BigPack 1290 HDP-es bálázó a korábbiaknál 20 cm-rel magasabb – 220 cm x 90 cm x 120 cm-es méretű –, átlagosan 400 kg tömegű MsT bálákat készített, átlagosan 45 mp-ként 1 db-ot (PINTÉR, 2015).

Bálák kezelése, kamionra rakása, elszállítása

Az MsT-ből készült henger-, és hasábbálák logisztikájának kialakítására vonatkozóan 3 kísérletet végeztünk.

Az első kísérlet (1) 2010.05.11-én indult, Tatán. Ennek keretein belül a *Miscanthus* nagyhasáb bálákat Hitachi és Bobcat típusú munkagépek MTZ-820-as erőgép által vontatott pótkocsira rakták, ami azokat a terület szélére, kamion által jól megközelíthető helyre hordta. A pótkocsira 6 db, átlagosan 270 kg tömegű bála fért fel egyszerre, a gépek teljesítménye kb. 1 ha/h volt. A lehordást követően a bálák kamionra rakását szintén Hitachi és Bobcat típusú munkagépek végezték. A bálákat kettesével tudták felrakodni a közúti forgalomban résztvevő legnagyobb, 24 t összteherbírású nyerges vontatóra, amely megkezdte azok beszállítását a Vértesi Erőmű Zrt. Bokodon található telephelyére. Egy munkagépnek átlagosan 45 percre volt szüksége egy kamion megrakásához. A bálák lekötése átlagosan 15 percet vett igénybe.

A (2.) számú kísérletet 2011.05.04-én, Tatán kezdtük meg. Ennek során Belarus 820.2-es traktor hordta le a területek szélére, 24 tonnás kamionnal jól megközelíthető helyre az MsT-ből készült, szabvány méretű, átlagosan 270 kg tömegű hengerbálákat. Az erőgép az orrára rögzített bálatüske segítségével emelte meg a bálákat, egyesével. A Belarus 820.2-es típusú erőgép kb. 0,3 ha/h teljesítménnyel dolgozott. A már a terület szélén álló bálákat Hitachi típusú munkagép rakta kamionra. A felrakodás átlagosan 30-35 percig tartott. A bálák lekötözése – ami elengedhetetlen fontosságú a biztonságos szállítás érdekében – további 10-15 percet vett igénybe.

A (3.) számú kísérletet, ami MsT-ből készült bálák logisztikai műveletsorának kidolgozására irányult 2012.05.07-én kezdtük meg Tatán. A nagy hasábbálákat Manitou típusú munkagép kettesével, bálafogó tüskék használatával, 10-12 db-os depókba hordta össze az ültetvényeken. A kamionra rakást Manitou típusú munkagép végezte, egyszerre két bálát mozdított meg. Átlagosan 40 perc elég volt a munkagépnek egy kamion megrakásához. A bálák lekötése, biztosítása 10-15 percbe tellett. A kamionokra 46 db, egyenként 400 kg tömegű, 220 cm x 90 cm x 120 cm méretű, MsT-ből készített nagy hasábbálát lehetett biztonságosan felrakodni, így átlagosan 18-19 t között alakult az egy fordulóval beszállított biomassza mennyisége.

3.2.2 Egyéb kísérletek módszerei

3.2.2.1 Ökonómiai elemzés

Az MsT termesztésének és hasznosításának ökonómiai elemzése során 3 csoportra különítettem el a növény termesztésével összefüggő költségeket. Az (1). csoportba tartoznak azok a költségek, amelyek a szaporítóanyag megvásárlásával / reprodukálásával, nevelésével, a talaj-előkészítéssel, a növény telepítésével, az első két évben szükséges gyomirtással és az elhalt tövek pótlásával, illetve életútja végén az ültetvény felszámolásával kapcsolatosak. A (2). csoportba az ültetvények gondozásával összefüggő tevékenységek költségei kerültek. A (3). csoportba azokat a költségeket helyeztem, amelyek az MsT betakarításával és végfelhasználóhoz (erőművek) történő eljuttatásával kapcsolatosak. A 3 különböző csoport költségeit az erőművek által fizetett átvételi árral és az elérhető támogatásokkal a (4). csoportba tartozó bevételekkel vetettem össze. Az elemzés során a pénzben kifejezhető hasznokat és költségeket mértem. Az MsT ültetvények rentabilitásának vizsgálatára nettó jelenérték (NPV) számítást végeztem, ami a jövő pénzmozgásainak jelenlegi értékét mutatja meg, csökkentve a beruházás kezdeti költségeivel. *Miscanthus* ültetvény létesítése hosszú távú pénzügyi befektetés, amelynek bizonyos idő elteltével bevételt kell generálnia, hogy fedezze a létrehozás költségét. A beruházás nettó jelenértékének meghatározása során az ültetvény üzemeltetésével kapcsolatos, jövőben várható pénzmozgásokat (kiadás / bevétel) jelen időre számítottam át diszkont ráta, a tőke lehetőségköltségének alkalmazásával. Egy gazdálkodó alternatív befektetéséből származó, előre látható jövőbeli bevételeinek szemléltetéséhez a pénz időbeli értékét kifejező diszkont-rátát kell használni, amely nemcsak a kölcsön, vagy hitelbe kapott pénzösszeg költségeit, vagy a saját tőke lehetőségköltségét, hanem a befektetési döntés kockázatosságát is magyarázza. Érzékenységvizsgálattal határoztam meg az 1 hektár ültetvényről betakarítható biomassza-hozam, a bálatömeg, a közúti szállítási távolság, a szállítási díj és az erőműi átvételi ár változásának az MsT-vel kapcsolatos pénzügyi beruházás nettó jelenértékére gyakorolt hatását. A növény életútja során fellépő valamennyi költséget nettó költségként tüntettem fel, melyek nem tartalmazzák az ÁFA-t.

Az NPV számítás során az évek nettó jelenértékét a következő képlet használatával számítottam ki:

$$NPV = C_n * [1 / (1 + r) \wedge n], \text{ ahol:}$$

- *n:* az évek száma
- C_n*:* nettó pénzmozgás az n-edik évben
- *r:* a tőke költsége + kockázati ráta.

A 0-20. évig terjedő időszakra számított cash-flowkat összesítve jutottam a teljes beruházás nettó jelenértékéhez. Az NPV számítás végeredményének vonatkozásában az alábbi törvényszerűségek állnak fenn:

- ha $NPV > 0$, a beruházást gazdasági szempontból érdemes megvalósítani.
- ha $NPV < 0$, a beruházást gazdaságilag értelmetlen megvalósítani.
- ha $NPV = 0$, akkor a ráfordítások éppen megtérülnek a beruházás hozamaiból, ilyen esetben közömbös, hogy azt megvalósítjuk-e, vagy sem.

3.2.2.2 Szállítási határtávolság

Az MsT-re kidolgozott betakarítási technológia költségeinek felmérése mellett megvizsgáltam azokat a logisztikával kapcsolatos költségeket, melyek az „energianád" biomassza-erőművekig történő eljuttatása közben merülnek fel, majd ezeket összevetettem az erőművek által fizetett, aktuális átvételi árral. A szállítási km-díj, a biomassza termesztési helye és a végfelhasználó közötti közúti szállítási távolság, illetve az egy 24 t összteherbírású kamionnal egy fordulóval erőműbe szállítható tüzelési alapanyag voltak azok a paraméterek, amelyek változtatásával, illetve a különböző távolságok, mennyiségek során a beszállítói oldal által megfizetett költségek elemzésével határoztam meg azt a közúti szállítási távolságot, amelyen belül a végfelhasználó részére még gazdaságosan szállíthatók be MsT bálák.

3.2.2.3 Energetikai hatékonyság

Az MsT energetikai hatékonyságának vizsgálata során az „energianád" erőműi körülmények között történő elégetésével nyerhető energiamennyiséget vetettem össze az előállításához felhasznált összes energiával, tehát a biomassza telepítésével, betakarításával, logisztikájával, illetve az önfogyasztással összefüggő energiaigények összegzett értékével. Ennek keretein belül elkülönítettem az egyes műveleteket, majd ezekre vonatkozóan meghatároztam a bevitt energia mennyiségét primer energiahordozóra visszavezetve. Dokumentáltam az erőgépek által fogyasztott gázolaj-mennyiséget, majd meghatároztam a folyamatok összesített fűtőértékét (MJ). A gázolaj fűtőértéke ~ 43 MJ/kg. Egy liter gázolaj tömege átlagosan 0,83 kg. A literben megadott különböző fogyasztási adatokat 0,83-mal szorozva határoztam meg kg-ban a felhasznált gázolaj mennyiségét. Utóbbi adat és a gázolaj fűtőértékének (43 MJ/kg) szorzata adta az egy hektár MsT „energianád" betakarítása közben felhasznált üzemanyag fűtőértékét (MJ). Az energetikai hatékonysági hatásfok kiszámításakor a termék energia-bevitellel csökkentett energiatartalmát osztottam el a termék energiatartalmával, majd megszoroztam százzal (SEMBERY ÉS TÓTH, 2004). Adatgyűjtés jellegű kutatást végeztem különböző európai országokban nemesített *Miscanthus sinensis* és *Miscanthus x giganteus* energianád-fajok betakarítására kifejlesztett és alkalmazott technológiák energiaáramának megismerése érdekében.

4. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

4.1 A SZÁNTÓFÖLDI KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI

4.1.1 Szaporítás-technológia

4.1.1.1 Szaporítás magvakkal

Miscanthus szaporítása elméletileg magvakkal, vagy vegetatív úton végezhető (XUE ET AL., 2015). A magvakkal történő szaporítás a lehető legolcsóbb, a hazánkban nemesített MsT fajtára azonban nem alkalmazható, mert a téli elszáradás következtében a növény termést nem hoz, magot sem érlel. Külföldről Magyarországra hozott magokat lehet számításba venni, azonban ezek fajtaazonossága nem biztosított és a hazai klimatikus viszonyok számukra vélhetően nem ideálisak.

4.1.1.2 Vegetatív szaporítás

A vegetatív szaporítás tőosztással, rizómákra osztással és mikroszaporítással végezhető. Ezek a módszerek biztosítják a biológiailag azonos tulajdonságokat hordozó, egységes utódok reprodukálását.

A „rizómákra darabolás" megoldással létesített parcellák fejlődését 2 éven keresztül követtem nyomon. A területeken lévő növényeket szükség esetén öntöztük, így fejlődésük szárazabb időjárási körülmények között is igen gyors, a nem öntözött ültetvényekhez képest erőteljes volt. Nitrogén műtrágyázást egyik esetben sem alkalmaztunk. Tatán 2009.04. hó és 2010.03. hó között 629 mm csapadék, 2010.04. hónap és 2011.03. hónap között 916 mm csapadék hullott. A megfigyelt két évben a napsütéses órák száma 2.097 és 1.928 óra volt. Az éves csapadékmennyiség Ácson 2010.05. hó és 2011.04. hó között 899 mm volt, 2011.05. hónap és 2012.04. hónap között 398 mm volt. A napsütéses órák száma az előbbi két időszakban 1.928 óra, illetve 2.292 óra volt (OMSZ, 2016). A növények beállottsága a telepítést követő első év végére mindkét parcellán 85 % feletti értéket mutatott. Az értékeket a tövek módszeres megszámolásával mértem. A második évben a növényborítás meghaladta a 90 %-ot. Megállapítható, hogy a módszer eredményeképpen erős szaporítóanyaghoz jutottunk. Az így nyert rizómák alkalmasak voltak a kiszedést követő 1-2 napon belül szántóföldi kiültetésre, majd azt követően igen magas eredést produkáltak. A megoldás nagyüzemi elterjesztésével olcsó szaporítóanyag nyerhető, ami jelentős előnyt jelent a drágább, mikroszaporításos szaporítás-technológiával szemben.

A módszer pontos költsége nehezen meghatározható. Ha feltételezzük, hogy 1 db 3 éves MsT tő kiemelésével ~ 500 db rizómához jutunk, akkor 20 db tő szétdarabolásával 1 ha ültetvény betelepítéséhez elegendő szaporítóanyagot nyerünk (1 db/m^2 ültetési hálózat = 10.000 db/ha). Ezzel szemben mindössze 20 db tő elvesztése áll, ami egy 90 %-os fejlettségű állomány (9.000 db tő) mindössze 0,22 %-a, tehát elenyésző mennyiség. A tövek kiemelése Hitachi munkagéppel, 2 fő kisegítő személyzettel 10-15 percbe telt. A tövek szétdarabolása 4 fő fizikai munkásnak fejsze és metszőolló segítségével kb. 1-1,5 órát vesz igénybe. A Tatán tapasztalt magasabb selejt szám feltehetően az eltérő talajtípusra, korábbi csapadékmennyiségre, a tövek eltérő fejlettségi fokára és életkörülményeire vezethető vissza. A 2009-ben és 2010-ben történt kísérletek körülményeit a 3. táblázat mutatja be. Az 1. Mellékletben szereplő 2. ábra kiemelt MsT tövön összeállt rizómákat szemléltet.

	Tata	Ács
Kísérlet időpontja	2009.04.27	2010.05.04
Munkagép típusa	Hitachi	Hitachi
Kiemelt tövek száma (db)	1	1
Kapott rizómák száma (db)	438	654
Selejt (db)	87	58
Selejt (%)	17	8
Újratelepítés időpontja	2009.04.28	2010.05.05
Telepítési háló (db/m^2)	1	1
Telepített mennyiség (db)	500	500
Talajtípus	homokos vályog	homokos
Talaj pH	7,9	7,7
Tajalhőmérséklet 10 cm mélyen (°C)	10,2	13,3
Öntözés (I/N)	I	I
N műtrágya (I/N)	N	N
Eredés az 1. évben (db)	435	425
Eredés az 1. évben (%)	87 %	85 %
Beállottság a 2. évben (db)	471	457
Beállottság a 2. évben (%)	90 %	90 %

3. táblázat: MsT szaporítása rizómákra osztással, Tata, 2009, Ács, 2010

A „tőosztásos módszer” eredményeként összesen 2 db tő nem hozott új hajtást, ezért a túlélési arány 94 %-os volt. Megállapítottam, hogy ez a módszer igen lassú, de hatékony. Alkalmazásával kisebb területeken pótolhatunk elhalt töveket. A megoldás 3. éves, vagy idősebb ültetvényeknél csak korlátozottan alkalmazható, az erőteljes, 1-1,5 m átmérőjű tövek robosztussága miatt.

A kutatótársaimmal kidolgozott „szárdarabolásos” megoldás eredményeként megállapítottuk, hogy a kísérlet megkezdése után 2 hónappal a palánták kiültethetőek voltak. Sopronban összesen 30 db ilyen palántát neveltünk, amelyekkel szántóföldi kísérletet is végeztünk. A kísérlet során ezeket az MsT palántákat ültettük ki 30 m^2 nagyságú parcellába 2009 júniusában, Kópházán és vizsgáltuk fejlődésüket, valamint növekedésük ütemét. Kiültetéskor a növények átlagos magassága 29 cm volt. Szeptemberre a növények elérték a 120 cm-es magasságot. Száraik jól fejlettek, erősek, üde zöld színűek voltak.

A Tatán végzett „szárdarabolásos” kísérlet során 30-35 cm hosszú szárakat helyeztem esővízzel teli hordóba. A vizet egyszer sem cseréltem, gyökereztető hormont nem használtam. A hajtásnövekedés a Sopronban tapasztaltakhoz képest jelentősen lelassult. A kísérlet elindítását követően 3 hónappal jutottam kiültethető állapotú palántákhoz, melyek magassága 15-20 cm volt. Ezeket Ácson ültettem el júniusban. A növényeket szükség esetén öntöztem. Fejlődésük nem mutatott eltérést a Sopronban megfigyelt intenzitáshoz képest. Szeptemberben a növények magassága maximum 100-110 cm volt. Megállapítottam, hogy ezzel a módszerrel lassan, több lépés megtételével juthatunk szaporítóanyaghoz. Nagyüzemi

elterjedése jelenleg nem megvalósítható és nem is javasolt. A „rizóma darabolásos” megoldással szemben nem kínál olcsóbb, gyorsabb szaporítóanyag-nyerési perspektívát.

MsT szaporítóanyag előállítására jelenleg az in vitro kultúrarendszerekkel (biotechnológiai rendszerek integrációja) történő szaporítás alkalmazható a leghatékonyabban. Hazánkban ugyanazzal a mikroszaporításos eljárással nyerhetünk biológiailag teljesen azonos MsT szaporítóanyagot, amely *Miscanthus x giganteus*-nál is bevált. A technológia lényege az, hogy a termesztés során egyes növényekből a megfelelő biológiai állapotban lévő osztódó szövetet vesznek ki és ezt a szövetanyagot használják a továbbiakban szaporítóanyagként úgy, hogy mikroszaporító laboratóriumban steril körülmények között speciális táptalajon az osztódásra késztetett szövetekből kis növénykéket nevelnek és gyökereztetnek, majd a gyökeres növényeket a táptalajból kimosva, (mosott gyökerű növények) kis nevelő-edényekbe ültetve üvegházban továbbnevelik. Az üvegházi nevelés kb. 3 hónapig tart. Ez idő alatt a növényt 2-3-szor átültetik, egyre nagyobb nevelőedénybe. A megerősödött, átlagosan 20 cm-es palánták kiültethetők. Az 1. Mellékletben helyet foglaló 3. ábra mosott gyökerű MsT növényeket mutat be.

A Parképítő Zrt. nagy mennyiségben vásárolt mikroszaporított MsT palántákat 2006-2010 között, Szegedről. Palánták felhasználásával létesítették ültetvényeik 80 %-át, a maradék 20 %-ot saját erőből, üvegházi körülmények között előállított rizómákkal. A telepítést követő első 2 év tapasztalatai alapján elmondható, hogy a palántákra alapozott ültetvények fejlődése, erőssége és beállottsága meghaladta a rizómákra alapozott ültetvényekét, a 3. évtől ez a különbség az állomány záródásával megszűnt. A telepítést követő 1-2. évben megfigyelt jelentős dominancia nem volt képes kompenzálni azt a 4.3 fejezetben bemutatott költségtöbbletet, amit a mikroszaporított MsT palánták megvásárlása és továbbnevelése jelentett a vállalat számára.

4.1.2 A talaj előkészítése

A talaj megfelelő előkészítése az MsT telepítésének fontos előzménye. A *Miscanthus* ültetvény tervezett életkora 15-20 év (ANONYMUS, 2007 IN: BELLAMI ET AL., 2009). A talaj előkészítése tehát hosszú távon meghatározza a telepített szaporítóanyag életkörülményeit. Az MsT telepítését megelőzően olyan talajviszonyokat kell kialakítani, ami a palánták gyökérzónája számára kedvező feltételeket biztosít, a rizómák és a növény megfelelő fejlődését támogatja. A nemzetközi szakirodalomban 20-30 cm-es mélyszántás elvégzését javasolják a kutatók (LEWANDOWSKI ET AL., 2000; BOELCKE ET AL., 1998; PUDE ET AL., 1997; SCHWARZ ET AL., 1995). PERCZE (2010) szerint a talaj előkészítés része a talaj porhanyóssá tétele. A talaj előkészítésére vonatkozó kísérletek alapján megállapítható, hogy a mezőgazdaságban régóta használt gépekkel MsT palánták és rizómák telepítésére alkalmas talaj-előkészítés valósítható meg, amely ideális feltételeket teremt a növény fejlődéséhez. Megtörtént a megfelelő magágy-készítés, az ültetési mélységben (10-15 cm) porhanyós talaj alakult ki.

4.1.3 Optimális sor- és tőtávolság

A növény telepítésekor alkalmazott optimális sor- és tőtávolság megállapítására létrehozott ültetvényeket a telepítés után nem öntöztük, N műtrágyázás nem történt. Az (a) jelű parcellán 2 m-es tő-és sortávolságot választottunk, így erre a területre 2.500 db/ha palántát ültettünk. A közvetlenül mellette fekvő (b) jelű parcellán 1,5 m-es sortávolságot és 1 m-es tőtávolságot határoztunk meg, ezért (b) területen 6.600 db/ha palántát telepítettünk. A (c) jelű területen a

sortávolság 0,8 m volt, a tőtávolság 1 m. Ezen a parcellán 12.500 db/ha palánta telepítése valósult meg 7,7 pH értékű, homokos vályogtalajon. A legnagyobb, 7 ha térmértékű (d) jelű parcellán 1 m x 1 m-es hálózatban telepítettünk MsT palántákat, 7,8 pH értékű, homokos vályogtalajon, 10.000 db-ot egy hektárra. A telepítést követő 1-2. évben látványos volt az ültetvények fedettsége, beállottsága közti különbség. Megállapítható volt, hogy (c) és (d) jelű ültetvényeken a kisebb telepítési hálózat és magas egyedszám miatt (a) és (b) parcellákhoz képest sűrűbb állomány fejlődött ki. Utóbbi táblákon szellősebben nőtt az MsT és jelentős problémát okozott a gyomosodás. Az (a) jelű parcellán a telepítést követő 1. és 2. évben, évente háromszor kellett mechanikus gyomirtást végezni. A (b) jelű területen egy év alatt kétszer történt gyomirtás. A sűrűbb telepítési hálózatú táblákon a telepítést követő 1. évben kétszer, a 2. évben egy alkalommal végeztünk gyommentesítést. A 3. év végére az ültetvények nagyjából záródtak, a gyomokat elnyomták, ebben az évben már nem került sor gyomirtásra. Az 1 m x 1 m-es hálózatban telepített (d) jelű tábla fedettsége megfelelt a korábbi telepítések során tapasztalt beállottságnak. A telepítés utáni negyedik évben (c) és (d) ültetvények közötti különbség már nem volt szembetűnő. Az (a) jelű tábla sűrűsége, zártsága mindhárom másik ültetvény zártságát feltűnően alulmúlta. Megállapítottuk, hogy az 1,5-2 m-es sortávolság és 1-2 m-es tőtávolság tartása indokolatlanul nagy hely-kihasználatlansággal párosult és teret engedett a gyomnövények elszaporodásának.

LARSEN ET AL. (2013) szerint – aki 1997-2012 között Dániában folytatott kutatása során 18.000 db *Miscanthus* palántát ültetett 1 hektárra – a telepítésekor kisebb sortávolság tartásával nagyobb átlagos éves biomassza-hozam érhető el. A Tatán telepített MsT ültetvények létrehozását követő 3. és 4. évben mért biomassza hozamok alapján megállapítottam, hogy 1 ha szántóra 10.000 db MsT palántát érdemes telepíteni, 1 m x 1 m-es ültetési hálózatban. Magasabb egyedszám, sűrűbb telepítési hálózat választását, plusz 2.500 db palánta telepítését indokolatlan költségnövelésnek tartom, mert a 3-4. évtől az állomány záródik, beáll és helyhiány miatt fizikailag már képtelen sűrűbbé, átjárhatatlanabbá válni. A növény betakarítása az ültetvény záródását követően indul, mikor már közel egyező hozam érhető el az 1 x 1 m-es hálózatban telepített ültetvény hozamával. Tehát az 1-2. évben még fejletlen, de sűrűbb állomány a betakarítás elmaradása miatt nem generál plusz bevételt. A 10.000 db/ha növényszámnál alacsonyabb mennyiség (6.600 db/ha) telepítését, szellősebb telepítési hálózat megválasztását nem javasolom, mert az MsT ültetvény létrehozását követő kezdeti években kihasználatlanná válik az értékes termőterület, az állomány feltehetően csak az 5-6. évben záródik, így alacsonyabb mennyiségű biomassza takarítható be hektáronként, mint sűrűbb telepítési hálózat tartása esetén. Továbbá teret engedünk a gyomnövények elszaporodásának, ezért az évenkénti háromszori gyomirtás is szükségessé válhat, még a telepítést követő 3-4. évben is, ami emeli a költségeket.

A kísérletek eredményeképpen a 2010 után történt telepítések alkalmával a Parképítő Zrt. 1 m x 1 m-es hálózatban ültette a palántákat. Rizómák telepítésére alapozott sor-és tőtávolság meghatározására irányuló kísérletet nem folytattunk. Mivel a *Miscathus* rizómák a nemzetközi és hazai szakirodalomban leírtak alapján gyengébb és kevésbé erős szaporítóanyagnak bizonyultak, mint a palánták, ezért MsT rizómákra alapozott „energianád" ültetvény telepítésekor magasabb, 12.000 db/ha-os egyedszámot választottunk. A későbbiekben így létrehozott területeken megfigyelt túlélési arány és növény-borítottság alapján ez helyes döntések bizonyult.

Fent bemutatott ültetvényeken végzett kísérletek adatait, jellemzőit foglalja össze a 4. táblázat.

	(a)	(b)	(c)	(d)
Kísérlet időpontja	2009.04.03	2009.04.03	2009.04.04	2009.04.05-06
Kísérlet helyszíne	Tata	Tata	Tata	Tata
Terület nagysága (ha)	1	2	5	7
Talajtípus	öntés rétitalaj	öntés rétitalaj	homokos vályogtalaj	homokos vályogtalaj
Talaj pH	8,0	8,0	7,7	7,8
Talajhőmérséklet 10 cm-es mélységben (°C)	10,0	10,0	10,6	10,6
Telepítés alapanyaga	MsT palánta	MsT palánta	MsT palánta	MsT palánta
Telepítési hálózat (m x m)	2 x 2	1,5 x 1	0,8 x 1	1 x 1
Telepített mennyiség (db/ha)	2 500	6 600	12 500	10 000
Öntözés (I/N)	N	N	N	N
N műtrágya (I/N)	N	N	N	N
Gyomosodás mértéke	rendkívül erős	erős	átlagos	alacsony
Éves csapadékmennyiség, 2009* (mm)	661	661	661	661
Éves csapadékmennyiség, 2010* (mm)	962	962	962	962
Éves csapadékmennyiség, 2011* (mm)	382	382	382	382
Éves csapadékmennyiség, 2012* (mm)	443	443	443	443
Napsütéses órák száma, 2009* (h)	2 053	2 053	2 053	2 053
Napsütéses órák száma, 2010* (h)	1 852	1 852	1 852	1 852
Napsütéses órák száma, 2011* (h)	2 237	2 237	2 237	2 237
Napsütéses órák száma, 2012* (h)	2 058	2 058	2 058	2 058
Gyomirtás az 1. évben (I/N)**	3	2	2	2
Gyomirtás a 2. évben (I/N)**	3	2	1	1
Gyomirtás a 3. évben (I/N)	N	N	N	N
Eredés az 1. évben (%)	90 %	85 %	85 %	85 %
Beállottság a 2. évben	ritka	szellős	nagyon sűrű	sűrű
Záródás a 3. évben (I/N)	N	N	I	I
Biom. hoz. a 3. évben (t/ha)	6	8,2	12	10,7
Biom. hoz. a 4. évben (t/ha)	8,4	12,1	14,4	13

*: OMSZ, 2016

**: I az alábbi érékeket veheti fel: (1, 2, 3…n)

4. táblázat: Különböző sor-és tőtávolsággal telepített MsT ültetvények jellemzői, Tata, 2009

4.1.4 Telepítés-technológia

2009.04.02.-tól kezdődően egészen 2012.04.22.-ig vettem részt, összesen 31 ha MsT ültetvény telepítésében. A kísérletek eredményei alapján megállapítható, hogy a telepítés időpontjának megválasztása kiemelkedő fontosságú a növények túlélése, megeredése szempontjából. A túl száraz időjárás legalább annyi kárt tehet a növényekben, mint a rendkívül csapadékos. Fontos a megfelelő takarás és kerülendő, hogy a fiatal növényeket fagyhatás érje. A szaporítóanyag ültetése akkor ideális, amikor az ültetési mélységben a talaj hőmérséklete 10 °C-nál magasabb. Ez az állapot általában legkorábban április-május eleji időszakban következik be. Kísérleteket végeztem MsT „energianád” palánták és rizómák

tavasszal és télen történő ültetésére. A tavasszal telepített ültetvények túlélési aránya ~ 90 %-kal magasabb volt, mint az ősszel létrehozott ültetvényeké. Az 1. Mellékletben található 4. ábrán erőgép által vontatott palántázó gép látható MsT palánták telepítése közben, Ácson.

A növény telepítési időpontjának megválasztására irányuló kísérletek során az (1). számú parcelláról származó palánták az október végi telepítést követően, novemberben és decemberben még életben voltak. Januárban, a téli hideg idő beköszöntével (-16 °C éjszaka) és az azt követő hónapokban összesen 4 db életképes egyedet találtam. A (2). számú parcellára telepített rizómák már novemberben sem mutattak életjelet. Ezen a területen kipusztultak a növények, tavasszal nem hoztak hajtásokat. A (3). és (4). számú ültetvényeken hónapról-hónapra a ki nem hajtott egyedek számát figyeltem meg. Megállapítottam, hogy 2010. szeptemberben a (3). számú parcella beállottsága 91 %-os, a (4). számú ültetvényé 84 %-os volt.

Az (5.) számú parcellán végzett késő őszi telepítés során a palánták 80 %-a nem indult fejlődésnek a hideg talajban. Télen az ültetvény nagyrészt kifagyott, tavasszal összesen ~ 3.890 db növény hozott hajtást. A parcella teljes újratelepítése 2011.04.18-án, száraz, meleg időben (19 °C) történt, palántákkal (6). Az új hajtások ugyan gyorsan előbukkantak a talajból, de a növekedésük május végétől június elejéig lassú volt. A kedvező nyári hőmérséklet és esőzés igen gyors növekedést eredményezett. Az április, május, június, július, augusztus hónapokban lehullott csapadék mennyisége 245 mm, a napsütéses órák száma 1.329 óra volt (OMSZ, 2016). A szárak az első év végére átlagosan 1,4 m magasra nőttek, az eredés 85 % feletti volt. A továbbiakban nem kísérleteztünk MsT palánták és rizómák késő őszi időpontban történő telepítésével. A kísérletek eredményeképpen hasonló következtetésre jutottam, mint WALSH (1997), aki szerint a *Miscanthus x giganteus* faj Észak-Európában történő elterjedésének és hasznosításának fő oka a gyakorta bekövetkező téli elfagyás. Beszámolója alapján Dániában, Írországban és Németországban rizómákkal létrehozott ültetvények nem élték túl a telepítést követő első telet. Megállapítható, hogy késő őszi időszakban MsT palántákat és rizómákat telepíteni indokolatlan. A telepítést követő télig meg nem erősödött gyökérrendszerű növények téli túlélési esélye 20 % alatti volt, ezért MsT telepítését tavasszal javasolt elvégezni.

További kísérletet folytattam 2010. július hónapban, száraz időben, burkolt gyökerű palántákkal történő ültetésre vonatkozóan annak meghatározására, hogy ilyen típusú palánták használatával tágítható-e az MsT ültetésre alkalmas időintervallum. A természetes csapadékmennyiség 2010. július és augusztus hónapokban 206 mm, a napsütéses órák száma 540 óra volt (OMSZ, 2016). A növények fejlődését az első két hétben minden nap, azután heti 2 alkalommal követtem nyomon. Két hónappal az elültetést követően (7.) számú területen a palánták 92 %-a hozott új hajtásokat. A következő év tavaszán a beállottság változatlanul 92 %-os, a telepítést követő második évben 88 %-os volt. A (8.) számú kísérleti parcellán a növények eredése ~ 60 %-kal alulmúlta az öntözött területen megfigyelt eredést. Ezen a területen a palánták 42 %-a hozott új hajtást. A rákövetkező évben az eredés 33 %-os, a 2. évben 30 %-os volt. Burkolt gyökerű, kiültetésre váró palántákat mutat be az 1. Mellékletben szereplő 5. ábra, Tatán, a Parképítő Zrt. üvegházában.

Fenti kísérletek körülményeit, eredményeit mutatja be az 5. táblázat.

	Késő őszi telepítés		Tavaszi telepítés		Késő őszi telepítés	Tavaszi telepítés	Nyári telepítés	Nyári telepítés
	(1)	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**	**(6)**	**(7)**	**(8)**
Kísérlet időpontja	2009.10.28	2009.10.28	2010.04.12	2010.04.12	2010.10.12	2011.04.18	2010.07.14	2010.07.14
Kísérlet helyszíne	Tata	Tata	Tata	Tata	Ács	Ács	Ács	Ács
Terület nagysága (m^2)	100	100	100	100	20 000	20 000	100	100
Talajtípus	réti csernozjom	réti csernozjom	réti csernozjom	réti csernozjom	homokos vályog	homokos vályog	öntés réti	öntés réti
Talaj pH	7,8	7,8	7,8	7,8	7,7	7,5	8,0	8,0
Talajhőmérséklet 10 cm-es mélységben	4,3	4,3	9,7	9,6	3,6	10,2	14,3	14,8
Telepítés alapanyaga (MsT)	palánta	rizóma	palánta	rizóma	palánta	palánta	palánta	palánta
Telepítési hálózat (m x m)	1 x 1	1 x 1	1 x 1	1 x 1	1 x 1	1 x 1	1 x 1	1 x 1
Telepített mennyiség (db)	100	100	100	100	20 000	20 000	100	100
Öntözés (I/N)	N	N	N	N	N	N	I	N
Csapadékmennyiség* (mm)	124**	124**	619***	619***	175****	245*****	206******	206******
Napsütéses órák száma* (h)	120**	120**	1 135***	1 135***	294****	1 329*****	540******	540******
N műtrágya (I/N)	N	N	N	N	N	N	N	N
Gyomosodás mértéke	-	-	-	-	-	átlagos	átlagos	átlagos
Eredés az 1. évben (%)	5 %	0 %	91 %	84 %	20 %	85 %	92 %	33 %
Beállottság a 2. évben	-	-	90 %	85 %	-	80 %	88 %	30 %
Biom. hoz. a 3. évben (t/ha)	-	-	-	-	-	13,7	-	-

*: OMSZ, 2016

**: 2009.11-12. hónapokban hullott csapadék mennyisége / napsütéses órák száma

***: 2010.04.-09. hónap között hullott csapadék mennyisége / napsütéses órák száma

****: 2010.10., 11. és 12. hónapokban hullott csapadék mennyisége / napsütéses órák száma

*****: 2011.04-09. hónap közötti csapadékmennyiség / napsütéses órák száma

******: 2010.07., 08. hónapokban hullott csapadékmennyiség / napsütéses órák száma

5. táblázat: Különböző időpontokban telepített MsT ültetvények eredése, Tata, 2009-2010, Ács, 2010-2011

A konténeres növények nevelése a mikroszaporítás után 3 hónapig tartott. Ezen időszak alatt háromszor ültettük át a palántákat, egyre nagyobb nevelőedényekbe, minden nap öntöztük őket, illetve száraikat két alkalommal vágtuk vissza metszőollóval. Ez a gyökérrendszer és a növények megerősödéséhez vezetett. A burkolt gyökerű, öntözött palántákkal létesített ültetvény fejlődése a meleg, nyári idő ellenére is igen jónak mondható. Az öntözés nélkül hagyott növények eredése igen gyenge volt. Konténeres szaporítóanyagra alapozott, nagyüzemi telepítési kísérletet nem végeztünk. Több hektáros ültetvény öntözésére nem volt lehetőség, a víz hiányát a növények minden bizonnyal megsínylették volna. Megállapítható, hogy meleg, nyári időszakban (május után) nem érdemes MsT palántákat vagy rizómákat telepíteni. Konténeres palántákat lehet ültetni akár augusztus közepéig, abban az esetben, ha az egész ültetvény rendszeres, bőséges öntözése megoldott, de figyelembe kell venni, hogy a nyári hónapokban kiültetésre kerülő palánták hosszú, munkaerő-igényes nevelése oktalanul magas költségnövelő folyamat.

4.1.5 Hozambecslés

A hozambecslésre vonatkozó kísérleteket 5 különböző ültetvényre végeztem el, 2010-2012 között. Az (a), (b) és (c) jelű ültetvény Tatán, a (d) és (e) jelű Ácson és Nagyszentjános található.

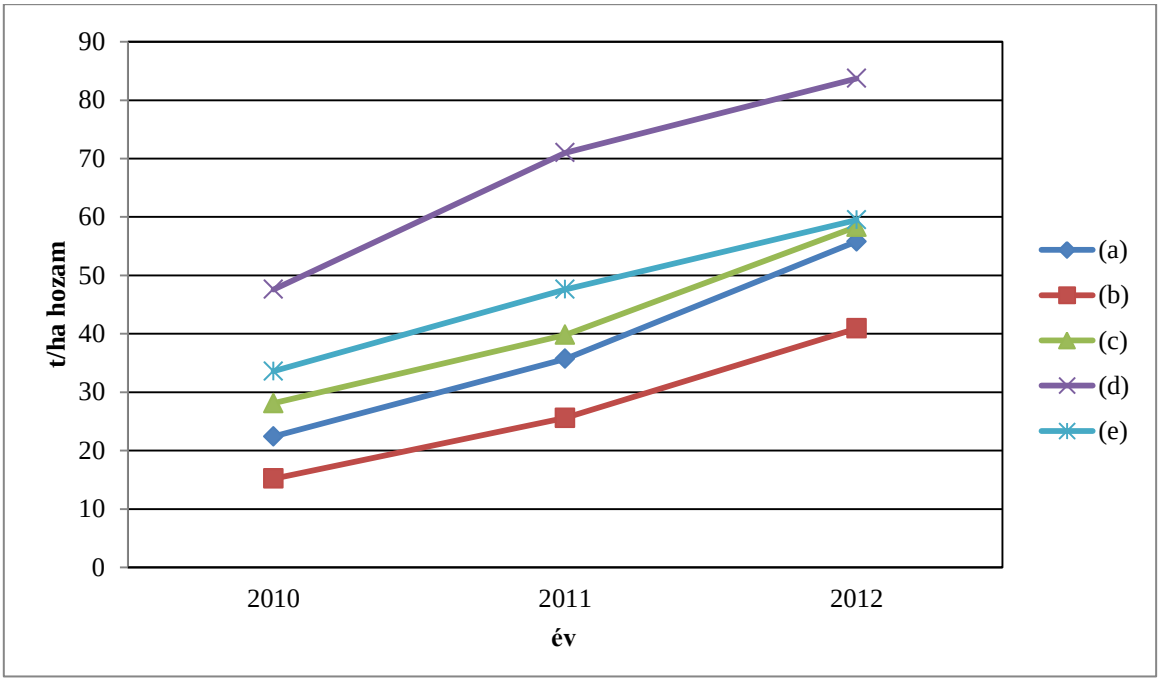
A területekről a mintavételezés 2010.03.27-28-án, 2011.04.02-03-án, 2012.03.29-30-án zajlott, csapadékmentes időjárási körülmények között. Az ültetvényeken öntözés és N műtrágyázás nem történt. A hozambecslések alapját kívánták képezni a Parképítő Zrt. által későbbiekben erőművek részére értékesített biomassza mennyiség meghatározásának és lekötésének. A becsült adatokat a dolgozat későbbi részében összehasonlítom a ténylegesen betakarított mennyiséggel, majd következtetéseket vonok le a hozambecslések megbízhatóságára vonatkozóan. A hozambecslések adatait, az ültetvényekre jellemző adatokat a 6. táblázat mutatja be. (*Megj.*: a táblázatban szereplő fedettségi adatok részben eltérnek a 4. táblázatban található eredési értékektől. Ennek oka, hogy abban relatíve kisebb térmértékű, szellősebb telepítési hálózatban létrehozott ültetvények eredési vizsgálatainak eredményi szerepelnek, melyek során alacsonyabb, könnyebben ellenőrizhető egyedszámot juttattunk a talajba, így a precíz gyomirtás mellett jól „szellőztek”, gyorsan fejlődésnek indultak a növények. Azokat az ültetvényeket a fentiektől részben eltérő talajtípuson hoztuk létre, ami szintén befolyásolhatta az MsT fejlődését.)

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Kísérlet helyszíne	Tata	Tata	Tata	Ács	Nagyszentjános
Telepítés időpontja	2008.03.29	2008.04.04-07	2008.04.09-12	2007.05.03-11	2008.05.04-06
Terület nagysága (ha)	3	17	15	13	2
Talajtípus	öntés réti	homokos vályog	réti csernozjom	homokos vályog	réti csernozjom
Talaj pH (~)	8	7,7	7,8	7,6	7,7
Telepítés alapanyaga (MsT)	palánta	palánta	palánta	palánta	palánta
Telepítési hálózat (m x m)	1,5 x 1	1 x 1	1 x 1	1 x 1	1 x 1
Telepített mennyiség (db/ha)	6 660	10 000	10 000	10 000	10 000
Öntözés (I/N)	N	N	N	N	N
N műtrágya (I/N)	N	N	N	N	N
Gyomosodás mértéke	átlagos	gyenge	átlagos	nagyon gyenge	gyenge
Csapadékmennyiség, 2009* (mm)	661	661	661	664	535
Csapadékmennyiség, 2010* (mm)	962	962	962	1 004	955
Csapadékmennyiség, 2011* (mm)	382	382	382	369	391
Csapadékmennyiség, 2012* (mm)	443	443	443	532	437
Napsütéses órák száma, 2009* (h)	2 053	2 053	2 053	2 053	2 053
Napsütéses órák száma, 2010* (h)	1 852	1 852	1 852	1 852	1 852
Napsütéses órák száma, 2011* (h)	2 237	2 237	2 237	2 237	2 237
Napsütéses órák száma, 2012* (h)	2 058	2 058	2 058	2 058	2 058
Fedettség 2010-ben (%)	80	76	78	85	82
Fedettség 2011-ben (%)	85	80	83	91	85
Fedettség 2012-ben (%)	90	87	87	91	85
Kivágott tövek átlagos tömege 2010-ben (kg)	2,8	2,0	3,6	5,6	4,1
Kivágott tövek átlagos tömege 2011-ben (kg)	4,2	3,2	4,8	7,8	5,6
Kivágott tövek átlagos tömege 2012-ben (kg)	6,2	4,7	6,7	9,2	7,0
Hozambecslés 2010-ben (t/ha)	22,4	15,2	28,1	47,6	33,6
Hozambecslés 2011-ben (t/ha)	35,7	25,6	39,8	71,0	47,6
Hozambecslés 2012-ben (t/ha)	55,8	40,9	58,3	83,7	59,5
*: OMSZ, 2016					

6. táblázat: Különböző helyszíneken telepített MsT ültetvények körülményei és hozambecslése, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2010-2012

A hozambecslések eredményei a külföldi szakirodalomban publikált, 1 ha *Miscanthus* ültetvényről betakarítható biomassza szárazanyag-mennyiségre vonatkozó adatoktól, illetve a később ténylegesen betakarított mennyiségektől nagyban eltértek. Ennek oka az egyes ültetvények homogenitásának hiányában keresendő. A különböző parcellák fedettségi mutatója az 1 ha térmértékű területen életben lévő, legalább 30 cm magasságú növények számára vonatkozik. Ezek fejlettségi foka, magassága, erőssége igen változatos volt. Megállapítható, hogy a parcellánként 30 db tő levágása és tömegének mérése nem

reprezentatív mintavétel, nem képezte alapját megbízható hozam-előrejelzés készítésének. A módszer tökéletesen egyező tulajdonságokkal rendelkező, homogén növényekkel 100 %-osan fedett terület hozam-előrejelzésére volna használható. Ilyen ültetvény az akár egy hektáron eltérő talajviszonyok, selejtes szaporítóanyag telepítése, esetleg a növények eltérő nedvesség- és szárazságtűrése miatt szántóföldi körülmények között nem jön létre. Kb. 1.000 tő/ha levágása már reprezentatív minta lenne és alapját képezhetné egy relatíve megbízható hozambecslésnek, de ekkora mennyiséget kivágni értelmetlen, mert kárba vész a normál körülmények között betakarítható mennyiség kb. 10 %-a. Megjegyzendő, hogy a nemzetközi irodalomban megjelent, különböző *Miscanthus* fajok 1 hektáron produkált biomassza-hozamának előrejelzésére készített és használt bonyolult matematikai modellek is jelentős eltéréseket mutattak a ténylegesen betakarított értékektől. Ezek a modellek számításba veszik pl. a talaj nedvességtartalmát, a N és K talajba juttatásának mennyiségét, az ültetvények földrajzi elhelyezkedését, a napra pontos időjárási körülményeket. A STRULLU ET AL. (2015) által leírt STICS V 8.41-es modell olyan faktorokat vesz figyelembe, mint a növény növekedése során a N tápanyag vándorlása, a gyökérzet hossza, illetve a növények öregedése. A *Miscanthus x giganteus* fejlődését meghatározó életkörülmények, feltételek minden apró részletre kiterjedő, szinte tökéletes körülírása, figyelembe vétele ellenére számos esetben becsülték felül a hozamokat, közel 20 t/ha mennyiséggel. Ezért az ehhez hasonló matematikai modellek használatát nem tartom relevánsnak, megbízhatónak. A 6. táblázatban szereplő hozamadatokat és azok emelkedését mutatja be a 6. ábra.



6. ábra: Különböző helyszíneken telepített MsT ültetvények hozambecslése, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2010-2012

Az ábráról leolvasható, hogy a 2010-ben már 3. éves, ácsi, 13 ha térmértékű telepítésre (d) készített hozambecslése eredménye mindhárom évben jócskán felülmúlja a 2. éves ültetvények biomassza produktumára vonatkozó előrejelzés során nyert értékeket. Az előrejelzés alapján (b) jelű parcellához viszonyítva (d)-ről kb. kétszeres hozam volt várható. Megállapítható, hogy a fenti ábrán szereplő valamennyi érték a nemzetközi szakirodalomban feljegyzett különböző *Miscanthus* fajok hozamaihoz képest erősen túlzó volt, ezért ezeket a Parképítő Zrt. és az MsT-t felhasználó erőművek között évente létrejött biomassza szállítási

szerződésekben szereplő tüzelési alapanyag-mennyiségek lekötéséhez érdemben nem tudtuk felhasználni (CLIFTON-BROWN ET AL., 2007; ANGELINI ET AL., 2009; ARUNDALE ET AL., 2013; LESUR ET AL., 2013).

4.1.6 A betakarítás időpontja

Az MsT évelő növény, minden év végén, a tél beköszöntével elhullajtja leveleit és kiszárad. A Tatán, Ácson és Nagyszentjánoson létrehozott MsT ültetvényeken 2009-2012 között minden év április-május tájékán, száraz időjárási körülmények között történt az „energianád" betakarítása. Ez az időszak több okból is megfelelőnek bizonyult a munkák elvégzéséhez. A technológiához használható mezőgazdasági gépek kihasználtsága az évnek ebben a részében alacsonyabb volt a nyári-őszi időszakhoz képest, ezért szélesebb körben, kedvezőbb áron állt rendelkezésre bérmunkaerő, bérgép. A talaj ilyenkor általában szilárd, az erő- és munkagépek által jól járható volt, ebből kifolyólag a talajban levő rizómák nem károsodtak. Az időjárás ideális esetben csapadékszegény volt. Az MsT nedvességtartalma a kísérletek éveiben, tavasszal 7,5-15 % közé esett vissza. Esős, csapadékos időjárás esetén a nád elázik, nedvességtartalma emelkedhet, továbbá a mezőgazdasági gépek is csak nehezen képesek, vagy egyáltalán nem tudnak a puha, nedves talajon dolgozni.

Amennyiben az „energianád" termesztésének célja biomassza erőművek tüzelési alapanyag-bázisának növelése, akkor a tapasztalatok alapján célszerű tavasszal, száraz időben elvégezni a növény letermelését, mert a biomasszát égető különböző erőművek általában a beszállított termék nedvességtartalmához igazítják a termelő részére fizetett átvételi árat, bonifikációs szorzó alkalmazásával. Ez azt jelenti, hogy minél alacsonyabb a termék nedvességtartalma, annál magasabb árat fizetnek érte. Általában az erőművek 12-15 %-os nedvességtartalom között határozzák meg az átvételi bázisárat. Az ettől lefelé történő eltérés esetén plusz pénzt fizetnek a beszállítónak, felfelé történő eltérés – vagyis nedvesebb áru beszállítása – esetén lefelé korrigálják az átvételi árat (PINTÉR, 2015). Ez a 12-15 %-os érték „arany középútnak" tekinthető. Ha kiemelkedően alacsony a beszállított biomassza nedvességtartalma, akkor a tömege is alacsony lesz, vagyis magasabb összeget fizet az erőmű a beszállító részére a biomassza 1 tonnájáért és összességében kevesebb árut szállít be az alacsony víztartalom miatt, így nem jár jobban, mintha nedvesebb, de több volna a termék. Sőt, ebben az esetben alacsonyabb átvételi ár magasabb 1 tonnára vetített szállítási költséggel párosul. Ez fordítva is igaz. Megállapítható, hogy a termelők számára gazdaságilag nem feltétlenül jobb, kifizetődőbb az alacsonyabb nedvességtartalmú, száraz MsT végfelhasználók részére történő beszállítása. Ha viszont figyelembe vesszük, hogy az erőművek üdvözlik, ha kevesebb energia kell a kazánjaikban égetett biomasszában lévő víz elpárologtatásához, illetve, ha kiváló minőségű, alacsony nedvességtartalmú termékkel látják el őket, akkor hosszú távon mindenképpen kifizetődőbb alacsony víztartalmú árut szolgáltatni a végfelhasználók részére.

Az MsT betakarítását időjárástól függően, legkésőbb május közepéig be kell fejezni. Kísérleteink során indokolatlan volt tovább várni az alacsonyabb nedvességtartalom elérése érdekében, mert a hőmérséklet és a napsütéses órák számának emelkedésével, a tavaszi esőzések beköszöntével robbanásszerűen indultak fejlődésnek az új hajtások. Ha az új növények elérik az 50-70 cm-es magasságot, már nem érdemes elvégezni a betakarítást, mert a friss hajtások megsértésével kárt teszünk az ültetvényben, valamint a betakarított biomassza nedvességtartalma is emelkedhet, a friss, üde, zöld hajtások magas víztartalma miatt.

4.1.7 Az MsT Tatán kidolgozott betakarítás-technológiája

A *Miscanthus sinensis* 'Tatai' „energianád" Tatán kidolgozott betakarítási módja lehetővé teszi a hazai „energianád" ültetvényekről letermelt biomassza különböző biomassza-erőművek kazánjaiban való elégetését, mert az alkalmazásával nyert „energianád" bálák megfelelnek a végfelhasználók (erőmű) által a felhasznált tüzelési alapanyaggal szemben támasztott minőségi, formai, kezelhetőségi követelménynek. Az MsT betakarítása a 2009-2012 között lezajlott szántóföldi kísérletek eredményeképpen a következő részfolyamatokból állt össze: szárzúzás, rendsodrás, bálázás, majd következik a logisztikai műveletsor, tehát a már megkötött bálák területről való lehordása – összekapcsolva a kamionra rakással – és a biomassza végfelhasználóhoz történő elszállítása. A növény betakarítását a munkagépek magas megvásárlási ára miatt – a külföldön és hazánkban is általában bevett szokáshoz hasonlóan – bérgépekkel oldottuk meg. A Parképítő Zrt. ültetvényein 2010.04.07-én kezdtük el a betakarítási munkát, összesen 50 ha térmértékű területen. Ebben az évben már kellően fejlett, legalább 2. éves, betakarításra érett volt az állomány, amelyből 35 ha Tatán, 13 ha Ácson, 2 ha Nagyszentjánoson terül el. A 2 évnél fiatalabb, egyéb, kisebb kísérleti telepítések betakarítását nem találtuk időszerűnek, a növények alacsony fejlettségi foka és beállottsága miatt, ezért ezek betakarítására nem került sor. A 2. éves növények átlagosan 1,8-2,25 m magasak voltak, míg a 3 éves, Ácson található ültetvényen az „energianád" magassága meghaladta a 3 métert. Utóbbi állomány már igen sűrű volt.

4.1.7.1 Szárzúzás

A „Kemper"-kaszával folytatott 1. számú kísérlet eredményeként a levágott tövek sűrű, hosszú szárai nagyjából összerendeződve feküdtek a talajon. Kb. 2,5 óra üzemidő után a körkasza két ékszíja elszakadt (összesen négy hajtja), kései kicsorbultak, a gép sok elhagyással dolgozott, mert nem bírta rendesen elvágni az MsT erős szárait. A vágást leállítottuk. Megállapítottam, hogy „Kemper" típusú kaszával csak gyakori, igen költséges késcsere elvégzésével lehet sikeresen levágni az MsT „energianádat". Habár HUISMAN & KORTLEVE (1994) szerint a vágómagasság helyes megválasztása mellett jó megoldást nyújt a „Kemper" kasza *Miscanthus* ültetvények levágására, a hazai nemesítésű MsT ültetvényeken történő használatát nem javaslom. Ma már igen változatos típusú „Kemper" kaszák léteznek, amelyek vágás közben szártörést, szárzúzást is végeznek gumihenger, vagy kések segítségével. Ezek megfelelően működhetnek az MsT-hez képest vékonyabb szárvastagságú, kevésbé terebélyes *Miscanthus* fajokkal létesített, kevésbé erős és sűrű ültetvényeken.

A 2. kísérlet során használt öreg, gyenge minőségű alternáló kasza 1 óra 5 perc üzemidő után darabjaira hullott, a vágás leállt. Megállapítottam, hogy az alternáló mozgást végző kasza sem működött megfelelően nagyüzemi méretű ültetvényrendszereken lévő, sűrű „energianád" erős és vastag szárai vágása során. Valószínűsíthető, hogy a sikertelenségben szerepet játszott az alternáló kasza magas kora és rossz műszaki állapota, de a megoldással alapvetően az volt a probléma, hogy a kaszát csak egy ponton lehetett hozzákapcsolni a traktorhoz, így az 1,5 m-es szélességben lógott ki oldalirányban. Menet közben erősen kilengett vertikálisan, a talaj egyenetlenségei miatt. A gépkezelő indokolatlanul nagy sebességgel haladt az ültetvényben, annak ellenére, hogy ettől óva intettük. Ilyen körülmények között a kasza szerkezete nem bírt el a sűrű, 1,5 m-es tövek nagy sebesség melletti elvágásával.

A 3. kísérlet keretein belül használt RZ-2 Z119/Z010-es típusú szárzúzót az MTZ-820-as traktor maga mögött vontatta, ezért a még lábon álló MsT tövekbe kellett belegázolnia. Az erőgép hűtőjét a kísérlet 3. napján átszúrta egy erős MsT szár, így 2 napra, a hiba elhárításáig

leállt a munka. Az ilyen jellegű problémák kiküszöbölésére acélból készült terelőlemezt hegesztettünk a traktor vázára, a hűtőrács elé. Ez menet közben elhajlította a traktor előtt a nádat és megóvta a hűtőjét. A szárzúzó változatos, 10-100 cm hosszúra aprította a nádszárakat, amelyek a későbbi kísérletek során alkalmasnak bizonyultak bálázásra. Megjegyzendő, hogy külföldön végrehajtott tesztek során járvaszecskázó gépekkel aprítottak fel *Miscanthust*, igen kisméretű, 3-5 cm-es chipekre, aminek a bálázását problémamentesen megoldották.

Az MsT levágására jó megoldást kínált volna a későbbi, 4.1.7.3 fejezetben bemutatott, Luxemburgban alkalmazott technológia, melynek során a traktor elejére szerelt Kemper Champion 2200-as típusú szecskázó végzi a nád zúzását. Ezzel a megoldással a lábon álló ültetvénybe gázolás nélkül, kevesebb nehézség árán megvalósulhatott volna az „energianád" szárzúzása. A környéken azonban nem állt rendelkezésre ilyen típusú szecskázó és azzal kompatibilis traktor, a külföldi technológia hazahozatalára pedig forráshiány miatt nem nyílt lehetőség. Az 1. Mellékletben helyet foglaló 7. ábra MsT ültetvény szárzúzását szemlélteti Ácson, 2010-ben. A 7. táblázat az MsT ültetvények szárzúzására vonatkozó kísérletek során mért adatokat mutatja be.

Munkafázis	**Erőgép és munkagép típusa**	**Levágott nádszárak hossza (cm)**	**Üzemanyag-fogyasztás (l/h)**	**Teljesítmény (ha/h)**	**Üzemanyag-fogyasztás (l/ha)**	**Eredmény**
Szárzúzás (1)	MTZ-820-as traktor + forgódobos "Kemper" kasza	200-285	7,2	0,7	10,3	alkalmatlan
Szárzúzás (2)	MTZ-820-as traktor + alternáló kasza	185-260	7,0	0,8	8,8	alkalmatlan
Szárzúzás (3)	MTZ-820-as traktor + RZ-2 Z119/010-es szárzúzó	10-100	6,0	0,5	12,0	alkalmas

7. táblázat: Üzemi méretű MsT ültetvényrendszer szárzúzására vonatkozó kísérletek eredményei, Ács, 2010

Ácson, 2010.04.17-én modernebb, 4,5 m vágószélességű, duplakéses szárzúzót próbáltunk ki, amit Fendt 824-es traktor hajtott meg. A gép az MsT töveken lévő szárak kb. 10 %-át érintetlenül hagyta. Ennek oka az volt, hogy a két kés nem ért össze munka közben, így a kb. 10 cm-es hézagban nem végzett zúzást a gép. A kísérletek eredményeképpen megállapítottam, hogy nagyüzemi méretű MsT ültetvények szárzúzására alkalmas az RZ 2 Z119/010-es típusú szárzúzó. Nem értek egyet HUISMAN & KORTLEVE (1994) azon állításával, mely szerint a vágómagasság helyes megválasztásával az „energianád" levágására jó megoldást nyújt a „Kemper"-kasza.

4.1.7.2 Rendsodrás

Az MsT szárzúzásának következtében a felaprított nád vastag, 10-12 cm-es rétegben (paplan) terült el a földön. A télen lehullott levelek mennyisége igen jelentős volt. KATH-PETERSEN (1994) szerint a tömegveszteség mértéke elérheti a teljes tömeg 25 %-át. A vágásterületet beterítő nádzúzalékot és levelet célszerű volt rendezett sorokba fésülni, majd így előkészíteni a bálázáshoz. Az MsT ültetvények betakarításának második lépése a rendsodrás. Kísérleteinket 2010.04.27-én kezdtük meg Ácson (1), majd 2011.04.22-én, Tatán (2).

Az (1.) számú kísérlet során csillagos típusú rendsodrót használtunk, MTZ-820-as traktor vontatott. Az időjárás száraz, csapadékmentes, a talaj kemény volt. Az összezúzott nád kb. 90 %-át összefésülte, de a télen elhullajtott levélzet kb. 50 %-a a földön maradt. Magas, kb. 80 cm-es rendeket készített. Gyakori, átlagosan 10 percenként jelentkező probléma volt, hogy a hosszú, olykor 100 cm-es „energianád" szárak belegabalyodtak a rendsodró 7 db „csillaga" közül egyszerre 2-3-ba. Ilyenkor meg kellett szakítani a munkafolyamatot és kézi erővel kiszabadítani az elakadt „csillagokat", ami átlagosan 2-3 percet vett igénybe. A kísérlet eredményeképpen megállapítottam, hogy csillagos típusú, vontatott rendsodró használatával nehézkesen, a munkafolyamat tördelésével oldható meg szárzúzott MsT ültetvények rendsodrása.

A (2.) számú szántóföldi kísérletünket Tatán indítottuk, 2011.04.22-én. A kísérlet során a Massey Fergusson 5435-ös erőgép által meghajtott Claas Liner 390 típusú rendsodró az Ácson használt csillagos rendsodrónál jóval modernebb gép volt, a télen lehullott levelek 90 %-át összefésülte, tehát alacsonyabb veszteséggel dolgozott, mint a 2010-ben kipróbált típus. A gyakorlati kísérlet során kiderült, hogy a nádtöveken megmaradó, 10-15 cm hosszúságú szárak kiszúrhatják a rendsodró levegővel felfújt gumiabroncsait, ezért azokat tömör gumikerekekre cseréltük. A vontató erőgép esetében nem fordult elő ilyen jellegű probléma. A kísérletek alapján megállapítottam, hogy fenti gépsor alkalmazásával problémamentesen megoldható szárzúzott, üzemi méretű MsT ültetvények rendsodrása. A 2012. évben történt betakarítási munkák során is ezzel a gép-kombinációval oldottuk meg a szárzúzott MsT ültetvények rendsodrását.

A nemzetközi szakirodalomban már fejlettebb megoldásokról olvashatunk. Az Egyesült Államokbeli Illinois Államban például a szárzúzást speciálisan erre a célra kialakított vágófejjel felszerelt, 4,7 m-es vágószélességű, New Holland H8080 (168 kW, 750 HD Specialty Head) típusú önjáró rendképzővel végzik (MATHANKER & HANSEN, 2015). Ennek a gépnek a használata során összekapcsolódik, egymenetessé válik a szárzúzás-rendsodrás részfolyamat, ami a betakarítás egészét szemlélve – a két munkarész szétbontásához képest – jelentősen lerövidíti azt. A mezőgazdasági gépek gyártásával és forgalmazásával foglalkozó Agco vállalattal együttműködve fejlesztette ki azt a különleges vágófejet az Egyesült Államokbeli Texasban található Aloterra Energy vállalat, amellyel a nád szecskázását és rendre rakását egy menetben oldották meg. Az Agco a Hesston by Massey Fergusson WR9700-as szériájú önjáró rendképzőhöz alakította a 9196-os Biomass kaszát/vágófejet. Különleges része az a dugóhúzóra hasonlító, a kasza elejére szerelt henger, ami befelé irányuló mozgásával összehúzza a nádat, így növeli a hatékonyságot, aminek eredményképpen a rendképző-szárzúzó csak elhanyagolható mennyiségű nádat hagy el. A Claas Jaguar szecskázóktól eltérően az Agco gépe nem 2-3 cm hosszúságú „chipeket" készít, hanem változatos, 10-35 cm hosszú szálakat produkál. MsT ültetvény Claas Liner típusú 390-es típusú rendsodróval történő rendképzése látható az 1. Mellékletben szereplő 8. ábrán, Tatán, 2011-ben.

A 8. táblázat a szárzúzott MsT ültetvények rendsodrására vonatkozó, Ácson és Tatán 2010-2011 között végzett kísérletek során mért adatokat mutatja be.

Munkafázis	Erőgép és munkagép típusa	Rendek átlagos magassága (cm)	Üzemanyag-fogyasztás (l/h)	Teljesítmény (ha/h)	Üzemanyag-fogyasztás (l/ha)	Eredmény
Rendsodrás (1)	MTZ-820-as traktor + csillagos, vontatott rendsodró	70-80	7,2	1,0	7,2	részben alkalmas
Rendsodrás (2)	Massey Ferguson 5435-ös traktor + Class Liner 390-es rendsodró	80-100	12,0	2,0	6,0	alkalmas

8. táblázat: Üzemi méretű MsT ültetvényrendszer szárzúzására vonatkozó kísérletek eredményei, Ács, 2010

LEWANDOWSKI ET AL. (2000) szerint a rendre sodort nád gyorsabban szárad, mint a lábon álló, a talajszinti magas páratartalom miatt. Bálázás előtt ezért ajánlatos néhány napig száradni hagyni a felaprított MsT rendeket. A bálázást a reggeli pára felszáradása után kell megkezdeni.

4.1.7.3 Bálázás

A Parképítő Zrt. tulajdonában álló MsT ültetvényeken 2009-2012 között végzett betakarítási kísérleteink során MsT „energianádból" hasábbála és hengerbála készült. A bálázást megelőző munkafolyamat – a nád bálázhatóvá alakítása – a végtermék formájától függetlenül megegyezett (szárzúzás, rendsodrás).

Az első kísérlet (1) 2010.04.29-én, Ácson zajlott, száraz, meleg időben (25 °C). Ennek során a „Kemper" kaszával és az alternáló mozgást végző kaszával levágott, kb. 2,5 ha térmértékű MsT „energianád" bálázása valósult meg. Krone Bigpack 1270-es hasábbálázót használtunk, amit John Deere traktor vontatott. A bálázás lassan, több megszakítással zajlott, mert a gép rendfelszedője nem volt képes magába húzni a hosszú MsT szárakat, így azok begyűrődtek a beetető nyílásba. A bálák felületének nagy részén kiálltak a hosszú, össze nem zúzott MsT szárak. Szabálytalanabb formájú bálák készültek, mint amilyenek egészen apróra szecskázott biomassza kötésekor, külföldön használt technológia alkalmazása során, vagy pl. búzaszalma bálázásakor születnek. A rendsodrás munkafázis kihagyása következtében a levágott „energianád" kb. 25 %-a, továbbá a télen elhullajtott levéltömeg a talajon maradt. Megállapítottam, hogy „Kemper" kaszával, illetve alternáló mozgást végző kaszával levágott MsT bálázása lassan, a bálázó könnyedén eltömődő beetető nyílása miatt a munkafolyamat gyakori megszakításával, jelentős anyagveszteség keletkezésével oldható meg. Az 1. Melléklet tartalmazza a 9. ábrát, ami az (1.) számú kísérlet alatt kötött MsT bálát mutat be.

A (2.) számú kísérletet szintén Ácson indítottuk el, 2010.05.03-án, száraz időjárási körülmények között, 28 °C-os melegben. Ugyanazt a John Deere traktor által vontatott Krone Bigpack 1270-es típusú hasábbálázót, amit (1) számú kísérletnél. Az RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzó által levágott, összezúzott biomasszából csillagos rendsodró készített rendeket. A bálázást csak apróbb fennakadások szüneteltették – pl. a kötőtűk beakadása –, amelyeket 2-3 perces helyszíni javítással orvosolni lehetett. Szabvány méretű – 220 cm x 70 cm x 120 cm-es – hasábbálák készültek, átlagosan 55 mp-ként 1 db. A továbbra is alacsonyra állított kamranyomás következtében átlagosan 270 kg tömegűek voltak a nagyhasáb bálák.

A (3.) számú kísérletet is 2011.04.27-én indítottuk el Tatán, majd Ácson és Nagyszentjánoson. Az „energianádat" a kísérletet megelőzően RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzó

aprította össze, majd Claas Liner 390-es típusú kardános rendsodró sodorta rendre. Ezt követően hengerbálákat készítettünk Krone F155-ös bálázóval, amit Belarus 820.2-es erőgép működtetett. Megállapítottam, hogy ezzel a bálázó típussal megoldható üzemi mennyiségű MsT zúzalék körbálázása. Az 1. Mellékletben található 10. ábra MsT ültetvény hengerbálázását mutatja be.

A (4.) számú kísérletet Tatán indítottuk el 2012.04.29-én, majd Ácson és Nagyszentjánoson folytattuk. A bálázást megelőzően az RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzóval összeaprított „energianádat" Claas Liner 390-es típusú kardános rendsodróval sodortuk össze, száraz meleg időben. Ebben az évben nagy hasábbála készítéséhez Krone BigPack 1290 HDP típusú, magas nyomású bálázót használtunk. Ez a típus igen megbízhatónak bizonyult és a legtömörebb, legnagyobb tömegű bálákat kötötte. A gépet 270 lóerős (200 kW) John Deere traktor vontatta. A Krone BigPack 1290 HDP-es bálázó a korábbiaknál 20 cm-rel magasabb – 220 cm x 90 cm x 120 cm-es méretű –, átlagosan 400 kg tömegű MsT bálákat készített, átlagosan 45 mp-ként 1 db-ot (PINTÉR, 2015). A kísérletek eredményeképpen megállapítottam, hogy fenti típussal gördülékenyen megoldható MsT ültetvényekről származó biomassza felbálázása.

A 9. táblázat az MsT ültetvényekről származó biomassza bálázásával kapcsolatos, (1.), (2.), (3.) és (4.) számú kísérletek során tapasztalt adatokat, eredményeket foglalja össze. A táblázatban szereplő adatok összehasonlítása után megállapítható, hogy szárzúzott, majd rendre sodort MsT ültetvények biomasszájának felbálázására jó megoldást kínál a Krone F155-ös hengerbálázó. A hazai biomassza erőművek túlnyomó részt a szálas tüzelési alapanyag nagy hasábbálák formájában történő beszállítását preferálják, illetve követelik meg a szolgáltatóktól. Ezért ajánlatos magas kamranyomású (HDP) bálázók használata. Ezekkel a gépekkel a korábban használt nagy hasábbálázókkal készített bálákkal azonos méretű, de jóval tömörebb (~ 180 kg/m^3 bálasűrűség), nagyobb tömegű bálák készíthetők, ami a jobb helykihasználás révén (nagyobb tömeg koncentrálódik egységnyi helyre) csökkenti a biomassza egy tonnájára vetített szállítási költséget. Kísérleteink során jó választásnak bizonyult a Krone BigPack 1290 HDP nagyhasáb bálázó. Túlzónak tartom és nem értek egyet FOGARASI ET AL. (2009) megállapításával, aki szerint *Miscanthus* ültetvény bálázása után az anyagveszteség eléri a 47 %-ot. Ezt az értéket MsT bálázása során ~ 20 %-ra becsültem. VETURI ET AL. (1998) és JOHANNING & WESCHE (1993) szerint *Miscanthus* bálázására szinte valamennyi bálázó típus alkalmas. A hengerbálák sűrűségét kb. 130 kg/m^3-ben, a nagy hasábbálákét kb. 150 kg/m^3-ben állapították meg. *Miscanthus* ültetvények betakarítása járva szecskázó gépekkel (pl. Claas Jaguar) is megoldható, amelyek átlagosan 1-5 cm-es hosszúságú „chipeket" készítenek. A tárolt apríték sűrűsége a „chipek" hosszúságától függ. A kutatók 11 mm és 44 mm-es hosszúság esetén 95 kg/m^3, illetve 70 kg/m^3-t mértek. A *Miscanthus* két különböző betakarítási módjának (aprítékolás / bálázás) a biomassza-elszállítás és biomassza-tárolás költségére gyakorolt hatását vizsgálta VENTURI ET AL. (1999). Megállapította, hogy a *Miscanthus* aprítékolása ugyan jelentősen olcsóbb, mint a növény bálázásos betakarítási módja, de a betakarítást követő elszállítás költsége ezzel szemben kb. 30 %-kal magasabb, mint bálák szállítása esetén. A szerzők a felaprított *Miscanthus* szállítása során 4,66 EUR/t átalánydíjról és 0,21 EUR/t kiegészítő díjról írnak, amit a bálák elszállításakor megfigyelt 3,69 EUR/t átalánydíjjal és 0,16 EUR/t kiegészítő díjjal hasonlítottak össze (WITZEL & FINGER, 2015). A felaprított *Miscanthus* helyigénye, így a tárolás költsége is felülmúlja a bálázott formában kazalba állított biomassza költségét (88 EUR/ha szemben 38 EUR/ha-ral) (VENTURI ET AL., 1999).

Munkafázis	Erőgép és munkagép típusa	Bálák mérete (cm)	Bálák tömege (kg)	Bálakötés gyakorisága (mp)	Kamranyomás a bálázóban	Alapanyag előkészítése	Üzemanyag-fogyasztás (l/h)	Teljesítmény (ha/h)	Üzemanyag-fogyasztás (l/ha)	Eredmény
Bálázás (1)	John Deere traktor + Krone BigPack 1270-es nagyhasáb bálázó	220 x 70 x 120	270	~ 70	alacsony	"Kemper" kasza + alternáló kasza	16,7	0,4	41,8	részben megfelelő
Bálázás (2)	John Deere traktor + Krone BigPack 1270-es nagyhasáb bálázó	220 x 70 x 120	270	~ 55	alacsony	RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzó + vontatott, csillagos rendsodró	19,6	0,7	28,0	megfelelő
Bálázás (3)	Belarus 820.2-es traktor + Krone F155-ös hengerbálázó	150 x 120	270	~ 34	magas	RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzó + Claas Liner 390-es, kardános rendsodró	12,0	0,5	24,0	nagyon jó
Bálázás (4)	John Deere traktor + Krone BigPack 1290 HDP típusú nagyhasáb bálázó	220 x 90 x 120	400	~ 45	magas	RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzó + Claas Liner 390-es, kardános rendsodró	18,9	1,0	18,9	nagyon jó

9. táblázat: Üzemi méretű MsT biomassza bálázásával kapcsolatos kísérletek eredményei, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2010-2012

A németországi Bönninghausenben, Bern Fiedler agrármérnök tulajdonában álló Green-Tec vállalathoz köthető *Miscanthus* ültetvény betakarítására kétféle módszert dolgoztak ki a Claas vállalattal együttműködve. Az „energianáddal" betelepített ültetvényen Claas Jaguar típusú járva szecskázó dolgozik, miközben a nádat egy a szecskázó mellett párhuzamosan, azonos sebességgel, traktor által vontatott pótkocsira fújatják. A felaprított biomasszát egy közeli csarnoképületben borítják le a pótkocsiról. Fiedler nagy hasábbálát is készített *Miscanthusból*. A betakarítás során szintén Class Jaguar járva szecskázóval vágták le a nádat, de azt nem pótkocsira fújatták rá, hanem a szecskázó mellet azonos sebességgel, párhuzamosan haladó Claas Quadrant 3200-as típusú bálázó beetető nyílásába vezető, kb. 1,5 m átmérőjű tölcsérbe. Ezzel a módszerrel relatíve alacsony veszteséggel oldották meg az ültetvény betakarítását. Igen szabályos hasábbálák készültek.

Luxemburgban a *Miscanthus* ültetvények betakarításának egymenetes megoldását fejlesztették ki. Ennek során nagyteljesítményű Claas traktor elejé szerelt Kemper Champion 2200-as típusú szecskázó végzi a nád zúzását. A traktor ezzel egyidejűleg maga mögött vontat és meghajt egy Claas Quadrant 3200-as nagy hasábbálázót. A Kemper kasza az apróra zúzott nádat a traktor kabinja fölött a bálázó beetető nyílásához vezetett tölcsérbe fújja. Ez a megoldás hasonlít a Bönninghausenben alkalmazott módszerhez. Ennek a komplett gépsornak a munkába állításával külföldön már megvalósult a különböző *Miscanthus* ültetvények 1 db erőgép használatán alapuló, gyors és gazdaságos, alacsony energiainputtal bíró betakarítása.

A Parképítő Zrt. MsT ültetvényein nem végeztünk kísérletet az „energianád" járvaszecskázóval történő betakarítására vonatkozóan. Ennek oka az volt, hogy a Parképítő Zrt.-től a biomasszát tüzelési alapanyagként felhasználó erőművek kizárólag bálázott formában vették át az MsT-t.

4.1.7.4 Bálák kezelése, kamionra rakása, elszállítása

Az MsT-ből készült hasáb-, vagy hengerbálák kezelésére, kamionra rakására és végfelhasználó erőművekhez történő elszállítására vonatkozó kísérleteinket 2010-2012 között végeztem a Parképítő Zrt. munkatársaival együtt, a vállalat Tatán, Ácson és Nagyszentjánoson található ültetvényein.

Az (1.) számú kísérlet 2010.5.11-én indult, Tatán. Ennek keretein belül az MsT nagy hasábbálákat Hitachi és Bobcat típusú munkagépek MTZ-820-as erőgép által vontatott pótkocsira rakták, ami azokat a terület szélére, kamionnal jól megközelíthető helyre hordta. Egy kamionra maximum 46 db nagy hasábbála fért fel. Két alkalommal a gépek 1 db bálával, egyszer 2 db-bal kevesebbet tudtak felrakni, aminek oka a bálák gyakran eltérő (+/- 2-8 cm) mérete volt. Claas Jaguar típusú géppel összeszecskázott „energianádból" készülő bálák esetén ilyen probléma valószínűleg nem merült volna fel, a bálák homogénebb mivolta miatt. A kísérlet után megállapítottuk, hogy a két munkagéppel, illetve egy utánfutós traktorral a bálák területről történő lehordása lassan oldható meg. A lehordás felgyorsítása érdekében további munkagépek és utánfutót vontató traktorok bevonása szükséges.

A (2.) számú kísérletet 2011.05.04-én, Tatán kezdtük meg. Ennek során Belarus 820.2-es traktor hordta le a területek szélére, 24 tonnás kamionnal jól megközelíthető helyre az MsT-ből készült, szabvány méretű, átlagosan 270 kg tömegű hengerbálákat. Ez a munkafolyamat az előző évben elvégzett, (1.) számú kísérlet során tapasztalt sebességnél jóval lassabb volt. A hengerbálák kamionra rakását szemlélteti az 1. Mellékletben lévő 11. ábra.

Összesen 34 db MsT hengerbála fért fel a közúti közlekedésben még résztvevő legnagyobb, 24 tonnás kamionra. Ez 12 db-bal kevesebb volt, mint az (1.) számú kísérlet során kamionra rakott bálák száma, ami 3,2 t-val kevesebb beszállított biomasszát jelentett fordulónként. A kísérlet eredményeképpen megállapítottuk, hogy az MsT hengerbálák egyesével történő lehordása igen időigényes, gazdaságtalan választás. Javasolt további erőgépek, illetve az (1.) számú kísérlet során használt utánfutós traktor bevonása a munkafolyamatba, annak gyorsítása, gazdaságosabbá tétele céljából.

A (3.) számú kísérletet, ami MsT-ből készült bálák logisztikai műveletsorának kidolgozására irányult 2012.05.07-én kezdtük meg Tatán. A nagy hasábbálákat Manitou típusú munkagép kettesével, bálafogó tüskék használatával, 10-12 db-os depókba hordta össze az ültetvényeken. Ezeknek a depóknak a kialakításával jóval kevesebbet kellett forognia a munkagépnek, mintha azokat az ültetvény szélére hordta volna le, így csökkent a lehordás ideje és költséget lehetett megtakarítani. A májusi száraz időjárási körülmények között a 24 t összteherbírású kamionok zökkenőmentesen, a növényekben tett kár nélkül voltak képesek ráhajtani az ültetvényekre, a depókban álló bálák felrakodása céljából. A kísérletet követően megállapítottuk, hogy az MsT ültetvényeken a báladepók kialakításával a bálák terület szélére hordása munkafolyamat szükségtelenné vált. Ennek a lépésnek a kihagyása jelentősen felgyorsította a betakarítási folyamat egészét, valamint a 4.3 és 4.5 fejezetekben leírt költség- és energiainput csökkentő hatása volt.

A 2010-2012 között folytatott kísérletek eredményeinek összevetése után megállapítottam, hogy MsT bálázása esetén nagy hasábbála készítése sokkal inkább javasolt, mint hengerbála készítése. Ennek több oka van. Egy 24 t teherbírású kamionra 46 db MsT-ből készített hasábbálát (~ 400 kg/db), vagy 34 db MsT hengerbálát (~ 270 kg/db) lehetett biztonságosan felrakodni. Az egy fordulóval beszállított összmennyiség így előbbi esetben átlagosan 18-19 t, utóbbiban átlagosan 9 t volt, ami igen komoly különbség. Azonos méretű pótkocsi esetén minél nagyobb az adott térfogatú bála tömege, annál nagyobb össztömegű biomasszát rakhatunk fel, tehát csökken az egy tonnára vetített szállítási költség. Ezt szem előtt tartva jelentős összeg takarítható meg a szállítási kapacitás maximális kihasználtságára törekedve. Nyomós érv a hasábbála készítése mellett továbbá, hogy a hazai biomassza tüzelésű erőművek a hasábbálák formájába tömörített tüzelési alapanyagot preferálják – szinte kizárólag hasábbálát vesznek át –, mert kezelése, szállítása, újrapozícionálása jóval egyszerűbb, mint hengerbála esetében (PINTÉR, 2015). Az 1. Mellékletben található 12. ábra az MsT betakarítási technológiájának különböző, egymásra épülő műveleteit mutatja be.

A 2010-2012 között zajlott, MsT-ből készült bálák logisztikai műveletsorának kidolgozására irányult kísérletek körülményeit, eredményeit foglalja össze a 10. táblázat.

			Bálák kezelése, kamionra rakása, elszállítása		
			(1)	**(2)**	**(3)**
Bálák lehordása / összehordása	*MsT bálák*	Bálatípus	Nagy hasábbála	Hengerbála	Nagy hasábbála
		Bálaméret (cm)	220 x 70 x 120	150 x 120	220 x 90 x 120
		Bálatömeg (kg)	270	270	400
	Munkagép	Munkagép típusa	Hitachi + Bobcat	-	Manitou
		Teljesítmény (ha/h)	0,75 0,75	-	1,8
		Üzemanyag fogyasztás (l/h)	9 9	-	11,8
		Üzemanyag fogyasztás (l/ha)	12 12	-	6,5
	Traktor	Traktor típusa	MTZ-820 + pótkocsi	Belarus 820.2	-
		Teljesítmény (ha/h)	0,8	0,3	-
		Üzemanyag fogyasztás (l/h)	6,4	8,2	-
		Üzemanyag fogyasztás (l/ha)	8	27,3	-
		EREDMÉNY	nagyobb számú erőgép felvonultatása javasolt	a módszer alkalmazása lassú, nem javasolt	jól alkalmazható megoldás
Bálák kamionra rakása	*Munkagép*	Munkagép típusa	Hitachi + Bobcat	Hitachi	Manitou
		Teljesítmény (ha/h)	0,9 0,9	0,9	2,1
		Üzemanyag fogyasztás (l/h)	7,3 7,3	7,3	10,4
		Üzemanyag fogyasztás (l/ha)	8,1 8,1	8,1	4,9
		EREDMÉNY	jó megoldás	jó megoldás	jó megoldás
Bálák elszállítása	*Kamion*	Kamion típusa	Man, Mercedes (24 t)	Man, Mercedes (24 t)	Man, Mercedes (24 t)
		Felrakható bálák száma (db)	46	34	46
		Felrakott bálatömeg (t)	12,4	9,2	18,4
		Teljesítmény (ha/h)	1	0,77	1,5
		Üzemanyag fogyasztás (l/h)	21,4	21,4	26,5
		Üzemanyag fogyasztás (l/ha)	21	27,3	17,6
		EREDMÉNY	kihasználatlan szállítókapacitás	kihasználatlan szállítókapacitás	megfelelő mennyiség beszállítása
Megj.: az 1 ha MsT ültetvényről betakarítható biomassza mennyiséget 12 t-ban, a szállítási távolságot 75 km-ben állapítottam meg					

10. táblázat: MsT bálák logisztikájával kapcsolatos kísérletek eredményei, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2010-2012

4.1.8 Munkagépek okozta károk a talajban

Az MsT betakarításában résztvevő munkagépek kísérleteink során száraz időjárási körülmények között, nagy körültekintéssel mozogtak az „energianád” ültetvényeken. A 2010-2012 között végzett munkák során csak néhány alkalommal esett az eső. A leghosszabb esőzés másfél napig tartott, ami alatt ~ 35 mm csapadék hullott. Ezt követően kísérletet kezdtünk, mely során a szárzúzást végző Belarus 820.2-es típusú traktort az esőzést követő napon ráengedtük egy 3 ha térmértékű, tatai ültetvényre, 2011 májusában. A felpuhult, nedves talajon a traktor kerekei mélyen belefúródtak a földbe és a rizómaágyakba. A megsüllyedés következtében a szárzúzó gyakran belekapott a földbe és az MsT tövekbe. 20 m x 20 m-es, előre kijelölt parcella szárzúzását végeztük el. A betakarítást követő tavaszi eredés-vizsgálat során megállapítottuk, hogy a traktor kerekei által megnyomott tövekről megindult új hajtások száma átlagosan 40 %-kal volt alacsonyabb a száraz talajon végzett betakarítási munkák után megfigyelt hajtásszámnál. Megállapítottuk, hogy ázott, nedves talajon nem javasolt a betakarítási munkák megkezdése, illetve a már megkezdett munkák folytatása. A nedves, süppedős talajon való munkavégzés során vályúk, nyomvonalak keletkeznek. Ez kerülendő. Ilyen időben az „energianád” is átnedvesedhet, ezáltal emelkedik a nedvességtartalma, ami nem kívánatos. A talaj kiszáradását követően a betakarítás folytatható.

KATH-PETERSEN (1994) szerint normál talajviszonyok között a többmenetes betakarítási módszer nem csökkenti az ültetény biomassza-hozamát a talajt terhelő többszöri préselés, terhelés miatt, abban az esetben, ha a munkagépek gumiabroncsaiban fellépő nyomás alacsonyabb, mint 2 bar (200 kPa). Az MsT ültetvények betakarítását fenti kísérlet kivételével valamennyi esetben száraz időben, kemény talajon végezték a különböző munkagépek, így ezek csak elhanyagolható mértékű talajtömörödést okoztak és a rizómaágy sem sérült. Az esetlegesen bekövetkező, előre nem látható károkozás minimalizálása érdekében javasolt a betakarítási munkák során használt erőgépek számának redukálása, a folyamatok összevonása, ezáltal a betakarítási idő lerövidítése. Ilyen megfontolásból a 4.1.7.3 fejezetben, a 65. oldalon bemutatott, Luxemburgban alkalmazott egymenetes technológia jó perspektívát nyújt.

A téli, fagyott a talajon történő betakarítás során a legalacsonyabb a károkozás mértéke a talajban. Mivel az MsT-t felhasználó hazai biomassza erőművek a száraz tüzelési alapanyagot részesítik előnyben, ezért MsT betakarítását tavasszal, száraz időben, kemény talajon javaslom elvégezni.

4.1.9 MsT ültetvény felszámolása

Tatán, 2014.05.19-én folytattunk kísérleteket MsT ültetvény felszámolására. Záródott, sűrű, 4. éves, 6 ha térmértékű „energianád” ültetvény felszámolása valósult meg, az aktuális évi betakarítást követő 2. héten. A betakarítás előtt oktalan lett volna megkezdeni a munkát. Egyrészt az ültetvény biomassza hozama elérte a 13 t/ha mennyiséget, másrészt ennyire sűrű, robosztus növénytömeget talajba forgatását nem lehetett volna problémamentesen megoldani. Totális gyomirtó szerek használatát környezetvédelmi szempontok miatt elvetettük.

Az első kísérlet (1) során 3,2/560 típusú vontatott V tárcsával próbáltuk beforgatni a talajba az MsT töveket. A tárcsát Massey Ferguson 5435-ös erőgép vontatta. A betakarítás során elhagyott levelek és a fel nem bálázott maradvány-anyag miatt a tárcsa alig 10 cm mélyre hatolt a talajba. 300 m^2 ültetvény megtárcsázását követően a kísérletet eredménytelenség miatt leállítottuk.

A (2.) számú kísérlet során 80 cm mélységű szántást végeztünk, orosz gyártmányú mélyszántó ekével, amit Fendt 824-es erőgép vontatott. Ez a típus sikeresen kiforgatta az MsT töveket a talajból, illetve széthasította őket. A fennmaradó 5,7 ha ültetvényt ezzel a módszerrel szántottuk ki. Az munkateljesítmény átlagosan 1,5 ha/h volt. Megállapítottam, hogy ez a megoldás alkalmas MsT ültetvény felszámolására. A szántás után kukorica vetésére került sor, megfelelő talaj-előkészítést követően. Az összterület kb. 10 %-án, nyomokban újból kihajtott az „energianád", amit vegyszerezéssel távolítottunk el. Az 1. Mellékletben lévő 13. ábra MsT ültetvény felszámolását mutatja be.

4.2 EXTRÉM IDŐJÁRÁSI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT ZAJLOTT KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEI

4.2.1 MsT ültetvény tartósan víz alatt állása

A globális klímaváltozás velejárójaként a Földön, így hazánkban is egyre gyakrabban figyelhetők meg időjárási szélsőségek. A 2010.05-06. hónapokban Ács térségében lehullott, szokatlanul magas csapadékmennyiség következtében kutatótársaimmal lehetőségünk nyílt Ácson telepített 3 éves, 0,27 ha térmértékű MsT ültetvény tartósan víz alatt állás alatt mutatott viselkedésének megfigyelésére. Az ilyen irányú tapasztalatok gyűjtését nagyon fontosnak ítéltük meg, tekintettel arra, hogy biztató eredmények esetén az „energianádnak" jelentős hasznosítási szerepe lehetne olyan területeken, ahol a késő tavaszi-nyári belvíz, vagy elárasztás miatt a hagyományos mezőgazdasági növények termelésbiztonsága a változó klimatikus körülmények között jelentősen csökkenhet. Magyarországon évente átlagosan 600-650 mm csapadék esik, azonban Ács térségében 2010. május, június hónapokban a szokásos havi átlag többszöröse, 311 mm hullott (OMSZ, 2016). A talaj a sok csapadék következtében telítetté vált, így a mélyebb fekvésű területeken a földfelszín felett maradt víz összegyűlt. Ezt a jelenséget tapasztaltuk egy Ácson, 2007.05.03-11. között telepített, összesen 13 hektáros MsT ültetvény mélyebb fekvésű, 0,27 ha térmértékű részén. A területen 2010.05. hónapban a csapadékmennyiség az 1971-2000-ig terjedő időtartamot vizsgálva az addigi átlag négyszerese volt. 2010.06. hónapban a csapadék mennyisége több mint kétszerese volt az 1971-2000-ig terjedő időszakban hullott csapadék átlagának (HORVÁTH ET AL., 2010).

Az ültetvény alacsonyabb fekvésű része 2010.05. hó második felétől kezdődően 2010.07. hó közepéig, kb. 8 hétig teljes vízborítás alatt állt. A területet két eltérő fejlettségi szintű és átlagmagasságú állományra lehetett felosztani. Az alacsonyabb, kb. 0,55 m átlagmagasságú terület mérete 0,11 ha, míg az átlagosan 1,5 m magasságú parcella mérete 0,16 ha volt. Az előbbi területen összegyűlt víz szintje meghaladta a növények átlagmagasságát, így azokat teljesen ellepte. Az utóbbi területen a növények az ültetvényen álló víz szintje fölé magasodtak. Megfigyeléseink során a két terület növényállományának viselkedését követtük nyomon.

A víz leapadását követően megállapítottuk, hogy az alacsonyabb átlagmagasságú állomány – mely teljes vízborítás alá került – 90 %-a elpusztult. Az életben maradt 107 db tő 2 héten belül új hajtásokat hozott. A 0,16 hektáros állomány esetében – a növények átlagosan 50 cm-rel magasodtak a területen összegyűlt víz szintje fölé – a túlélési arány 100 %-os volt. Miután a víz teljesen beszivárgott a talajba, a növények igen gyors növekedésnek indultak. A fejlődésben igen gyorsan, kb. 4 hét alatt utolérték az ültetvény nem víz alatt álló részein helyet foglaló növényeket. Megfigyeléseink eredményeképpen kutatótársaimmal arra a következtetésre jutottunk, hogy az MsT jól tűri az elárasztást / tartós víz alatt állást, ha levelei a vízszint fölé emelkednek. Ilyen körülmények között a növény túlélésére igen magas esély van. Ha az elárasztott területen a vízszint meghaladja a növény magasságát, vagyis az teljesen

víz alá kerül, a fajta túlélési esélye drasztikusan lecsökken, ami akár egy teljes állomány pusztulását is jelentheti (HORVÁTH ET AL., 2010). Az 1. Mellékletben kapott helyet a 14. ábra, amely a teljes vízborítás alatt álló ültetvényt mutatja be, illetve a 15. ábra, ami a nagyobb átlagmagasságú, részleges vízborítású parcellát szemlélteti.

A klímaváltozás egyre erőteljesebben érezhető káros hatásai miatt, tartós víz alatt állást, illetve tartós szárazságot jól tűrő energetikai célú növények szelektálása kiemelkedő fontosságú feladat a biomassza- és papíripar számára. Stephen Moose, az Illinois Egyetem munkatársa szerint ilyen növények nemesítése génmódosítás nélkül nehezen képzelhető el kereskedelmi mennyiségben (MELDOLESI, 2013). A Kaliforniai Egyetem üvegházában folytatott kutatást 2008.08-2009.02. hónap között MANN ET AL. (2013). Ennek keretein belül *Miscanthus* és *Arundo* fajok nedvességtűrő képességét vizsgálták. A rizómák túlélése az elárasztás, illetve normál körülmények között nevelés során 100 %-os volt. Egyetértek *Miscanthus* fajra vonatkozó megállapításukkal, mely szerint az időlegesen elárasztott ültetvény, illetve átlagos időjárási körülmények között nevelt ültetvény hozama között nem figyelhető meg különbség.

A 2010-es évi extrém csapadékos időjárás lehetőséget nyújtott arra, hogy a vegetációs időszak befejeződését követően a víz alatt álló területen a legjobb megmaradást és a legintenzívebb növekedést mutató tövek kiemelésével, illetve azok továbbszaporításával újabb szelekciós munkát kezdjünk, *Miscanthus sinensis* 'Ácsi' elnevezésű klónnal. Ezt a klónt jelentősebb elárasztás-tűrése miatt elsősorban belvizes területekre kívántuk kifejleszteni abban az esetben, ha ezt a tulajdonságát őszi és téli elárasztások esetében is igazolni tudtuk volna (HORVÁTH ET AL., 2010).

4.2.2 Extrém szárazság

Az MsT szárazságtűrésére vonatkozó kísérletet a Parképítő Zrt. 2009.04.17-19. között Pusztaszeren létesített 3. éves, 7 ha térmértékű ültetvényén végeztem, 2012.07-08. hónapokban. A térségében ebben az évben az aszály mértéke meghaladta a korábbi évi szintet. Az ország nagy részén augusztusig mindössze 225–350 mm közötti csapadékmennyiséget mértek, ami a sokéves csapadékmennyiség 50-60 %-a (OMSZ, 2012). Pusztaszeren 2012.01-09. hónap között mindössze 253 mm csapadék hullott, a napsütéses órák száma 2.024 óra volt (OMSZ, 2016). A szárazság növényre gyakorolt hatására a hektáronként 10-10 m^2-es parcellákról származó, összesen 4 alkalommal történt mintavételezés alapján következtettem. A mintákat, illetve az ültetvényen lévő növények fejlettségi fokát a Parképítő Zrt. Ácson létesített, 2012.01-09. hónapok között átlagos mennyiségű csapadékkal ellátott (412 mm), a napsütéses órák számát tekintve is átlagosnak mondható (1.615 óra) ültetvényeinek fejlettségi fokával, illetve a nemzetközi szakirodalomban leírt, különböző *Miscanthus* fajok szárazságtűrésére vonatkozó adatokkal hasonlítottam össze (OMSZ, 2016).

A megfigyelések eredményeképpen megállapítottam, hogy a szokatlanul száraz időjárás igen káros hatással volt a tavasszal megeredő MsT hajtások növekedésére. Az „energianád" fejlődése jelentős mértékben lelassult. A növények levél-ellátottságát, terebélyességét, magasságát, fejlettségi fokát az Ácson telepített növények fejlettségi fokával összevetve megállapítottam, hogy a Pusztaszeren tapasztalt csapadékmentes időjárási körülmények között az MsT növények növekedése, fejlődése az átlagos körülmények között tapasztalt mérték kb. 45 %-ára lassul. A vizsgált 7 ha térmértékű területeken ezen felül összesen 71 db elszáradt, elpusztult tövet találtam, ami nem jelentős mennyiség.

CLIFTON-BROWN ET AL. (2002) kontrollált, irányított kísérletek eredményei alapján megállapította, hogy száraz körülmények között nevelt *Miscanthus sinensis* hibridek megszűntek fotoszintetizálni. Különböző *Miscanthus* fajok nedvesség- és szárazságtűrő képességét vizsgálta MANN ET AL. (2013), aki szerint a tartós szárazságnak kitett növények esetében drasztikus, 92 %-os volt a hozam visszaesés, a túlélési arány a normál körülmények között nevelt növényekéhez képest csökkent. Ezt a kísérletet MANN ET AL. (2013) újonnan telepített, 1-16 hetes növények szárazságtűrésének megállapítására végezte, vagyis eredményeit nehéz összevetni a Pusztaszeren tapasztaltakkal. Mindazonáltal egyetértek előbbi kutatókkal abban, hogy a tartós, csapadékmentes szárazság jelentősen csökkenti a növény levélmennyiségét, a tövek magasságát és tömegét, ebből adódóan a betakarítható biomassza-mennyiséget.

A Pusztaszeren zajlott kísérlet során-, illetve az ácsi kontroll ültetvényen mért adatokat foglalja össze a 11. táblázat. A két ültetvényről kivágott tövek tömege között jelentős különbség mutatkozott. Átlagosan 12 kg volt az eltérés, ami 73 % feletti különbségnek felelt meg. A tövek mérésén alapuló összehasonlítás eredménye tehát jócskán meghaladta a tövek fejlettsége, magassága és levél-ellátottsága alapján, szemrevételezéssel becsült eltérés mértékét. A pusztaszeri ültetvény öntözése enyhíthette volna a hozamcsökkenést, erre azonban nem volt lehetőség.

Kísérleti ültetvény	
Mintavétel helyszíne	Pusztaszer
Telepítés időpontja	2009.04.17-19.
Terület nagysága (ha)	7
Talajtípus	homokos vályog
Talaj pH (~)	8,1
Telepítés alapanyaga (MsT)	palánta
Telepítési hálózat (m x m)	1 x 1
Telepített mennyiség (db/ha)	10 000
Öntözés (I/N)	N
N műtrágya (I/N)	N
Gyomosodás mértéke	nagyon gyenge
Csapadékmennyiség 2012.01-09. hónapok között* (mm)	253
Napsütéses órák száma 2012.01-09. hónapok között* (h)	2 024
Fedettség (%)	80

Kontroll ültetvény	
Kontroll ültetvény	Ács
Telepítés időpontja	2007.05.03-11.
Terület nagysága (ha)	13
Talajtípus	homokos vályog
Talaj pH (~)	7,6
Telepítés alapanyaga (MsT)	palánta
Telepítési hálózat (m x m)	1 x 1
Telepített mennyiség (db/ha)	10 000
Öntözés (I/N)	N
N műtrágya (I/N)	N
Gyomosodás mértéke	nagyon gyenge
Csapadékmennyiség 2012.01-09. hónapok között* (mm)	412
Napsütéses órák száma 2012.01-09. hónapok között* (h)	1 615
Fedettség (%)	91

Mintavétel időpontja	*Mintaterület nagysága (m^2)*	*Kivágott tövek átlagos tömege (kg)*	ELTÉRÉS (kg)	ELTÉRÉS (%)	*Mintavétel időpontja*	*Mintaterület nagysága (m^2)*	*Kivágott tövek átlagos tömege (kg)*
2012.07.07	7 x 10	3,4	*12,1*	78,1	2012.07.07	3 x 10	15,5
2012.07.17	7 x 10	4,2	*11,7*	73,6	2012.07.17	3 x 10	15,9
2012.07.27	7 x 10	4,1	*12,1*	74,7	2012.07.27	3 x 10	16,2
2012.08.04	7 x 10	4	*12,1*	75,2	2012.08.04	3 x 10	16,1

11. táblázat: Extrém szárazságnak kitett MsT növények fejlődése normál körülmények között fejlődő ültetvényhez képest, Pusztaszer, Ács, 2012

4.3 MsT ÜLTETVÉNYEK TELEPÍTÉSÉNEK-, ÜZEMELTETÉSÉNEK- ÉS BETAKARÍTÁSÁNAK ÖKONÓMIAI VIZSGÁLATA

Az ökonómiai vizsgálat célja, hogy feltárja, majd értékelje a vállalkozás gazdálkodását befolyásoló körülményeket és megalapozza a menedzsment döntéseinek előkészítését. Az ökonómiai vizsgálatnak a gazdasági döntések előkészítéséhez kell megfelelő mennyiségű és minőségű információt biztosítania.

Az MsT ültetvények telepítésével, üzemeltetésével és betakarításával kapcsolatos ökonómiai elemzés elvégzése során a 4.1. fejezetben bemutatott szántóföldi kísérletek eredményeként kidolgozott munkafolyamatok költségeit határoztam meg, felosztottam 3 csoportra, majd összevetettem az ültetvényekről letermelt biomasszának a Parképítő Zrt. által hazai végfelhasználó erőművek részére történt értékesítéséből nyert ellenértékével és a lehetséges támogatások mértékének összegével, vagyis a (4.) csoportba tartozó bevételekkel.

A különböző *Miscanthus* ültetvények üzemeltetésének gazdasági elemzése során kézenfekvő, ésszerű megoldás szétválasztani a növény termesztésének rentabilitását befolyásoló életfeltételeket / életkörülményeket, a *Miscanthus* életútja során fellépő költségeket, illetve hasznokat, valamint a nettó jelenérték számítást befolyásoló tényezőket. A WITZEL & FINGER (2015) által leírt körülmények és a saját tapasztalataim alapján ezek a következők:

1. <u>*Miscanthus* gazdaságos termesztését meghatározó életfeltételek / életkörülmények</u>
    a. a növény életútjának hossza
    b. a telepítéstől a bevételtermelésig tartó időszak hossza

2. <u>*Miscanthus* termesztésének költségei</u>
    a. egyszeri kiadások
        i. ültetvény létrehozása
        ii. ültetvény felszámolása
    b. éves kiadások
        i. betakarítás
        ii. szállítás és tárolás
        iii. műtrágyázás, növényvédelem, gyomirtás
        iv. földhasználat és tőkebefektetés lehetőségköltsége

3. <u>*Miscanthus* termesztésével kapcsolatos bevételek</u>
    a. hozam feltételek
    b. átvételi ár
    c. állami támogatások

4. <u>NPV számítással kapcsolatos alapadatok</u>
    a. tőkeköltség
    b. infláció
    c. kockázati ráta.

Különböző országok eltérő gazdasági, támogatási környezetében, különböző *Miscanthus* fajokra alapozott ültetvények létrehozásakor, változó klimatikus viszonyok, biomassza-hozamok, illetve átvételi ár mellett merőben eltérő eredmények születhetnek a gazdasági elemzés elvégzését követően. Megeshet, hogy egy dél-európai országban rentábilisan üzemeltetett ültetvény egy észak-európai országban az eltérő klimatikus viszonyok miatt

alacsonyabb hozamot produkál, amit a végfelhasználó erőművek szabályozás híján alacsony piaci áron vesznek át, így ebben az országban nem érdemes létrehozni a délen gazdaságosan termesztett fajra alapozott *Miscanthus* ültetvényt.

Az MsT termesztésének és hasznosításának ökonómiai vizsgálata során figyelembe vettem a WITZEL & FINGER (2015) által leírt feltételeket, költségeket, hozamokat, melyeket saját MsT-vel kapcsolatos, 4.1 fejezetben ismertetett kísérleteim, megfigyeléseim alapján egészítettem ki, vagy szűkítettem le. A hazai gazdasági-, támogatási rendszerbe illesztve, a növény Tatán kidolgozott betakarítási technológiájának költségei ismeretében elemeztem az MsT ültetvények üzemeltetésének rentabilitását.

4.3.1 Az MsT életútja

A növény életútja gazdasági szempontból a szaporítóanyag megvásárlásától / előállításától az ültetvény felszámolásáig tart. Gazdasági elemzés során a növény hosszabb életútjának felvetése – ezen keresztül nagyobb számú betakarítási ciklus figyelembe vétele – hozzájárulhat a kezdeti költségek egyensúlyozásához. MsT esetében 20 éves életutat vettem figyelembe.

4.3.2 A telepítéstől a bevételtermelésig tartó időszak

Miscanthus ültetvény létrehozását követő időszakban a gazdálkodók a sorozatos kiadások miatt likviditási gondokkal szembesülhetnek. Az MsT telepítést megelőzően merült fel a szaporítóanyag megvásárlásának-, illetve a megfelelő talaj-előkészítésnek a költsége. Ezek után következett a növény eltelepítése, illetve annak költsége. Mindhárom tétel az (1.) számú költségcsoportba tartozik (azok a költségeket helyeztem ebbe a csoportba, amelyek a szaporítóanyag megvásárlásával / reprodukálásával, nevelésével, a talaj-előkészítéssel, a növény telepítésével, a gyomirtással és esetlegesen szükséges pótlással, valamint az ültetvény felszámolásával kapcsolatosak). CLANCY ET AL. (2012) és DOLGINOW ET AL. (2014) szerint állandó biomassza-hozam produkálására képes, záródott *Miscanthus* ültetvény első betakarítása a telepítést követő 2-4. évben valósul meg (3. éves modus). Az NPV számítás során az MsT betakarítása a telepítést követő 3. évben indult.

4.3.3 MsT termesztésének költségei

A *Miscanthus* termesztésének költségei igen növény-specifikusak. Jellegükből és mértékükből adódóan eltérnek a hagyományos, egynyári élelmiszeripari növényekre alapozott gazdálkodás költségeitől. A költségek egy része egyszeri kiadás, amelyek az ültetvény létrehozásával kapcsolatos kezdeti befektetés költségei, illetve a növény életútjának végén az ültetvény felszámolásának költsége. További, évente jelentkező költség az ültetvény betakarításának-, a letermelt biomassza szállításának és tárolásának-, valamint az ültetvény fenntartásának költsége. Ökonómiai elemzés során, ezeken a tételeken felül figyelembe kell venni az egyéb célú földhasználat és más irányú tőkebefektetés lehetőségköltségét.

4.3.3.1 Egyszeri kiadások

Az MsT ültetvény létrehozásával kapcsolatos beruházási időszak a telepítést követő két évig tart. Ebben az időszakban jelentkező egyszeri kiadás a szaporítóanyag beszerzése, a telepítést megelőző talaj-előkészítés, a gyomirtás (valójában két éven keresztül jelentkező költségtétel, ezért célszerű az egyszeri kiadások között szerepeltetni) és pótlás, valamint a telepítés. A

növény életútja végén jelentkező egyszeri kiadást jelent az ültetvény felszámolása. Ezek a tételek alkotják az (1.) számú költségcsoportot.

Az (1.) számú költségcsoport

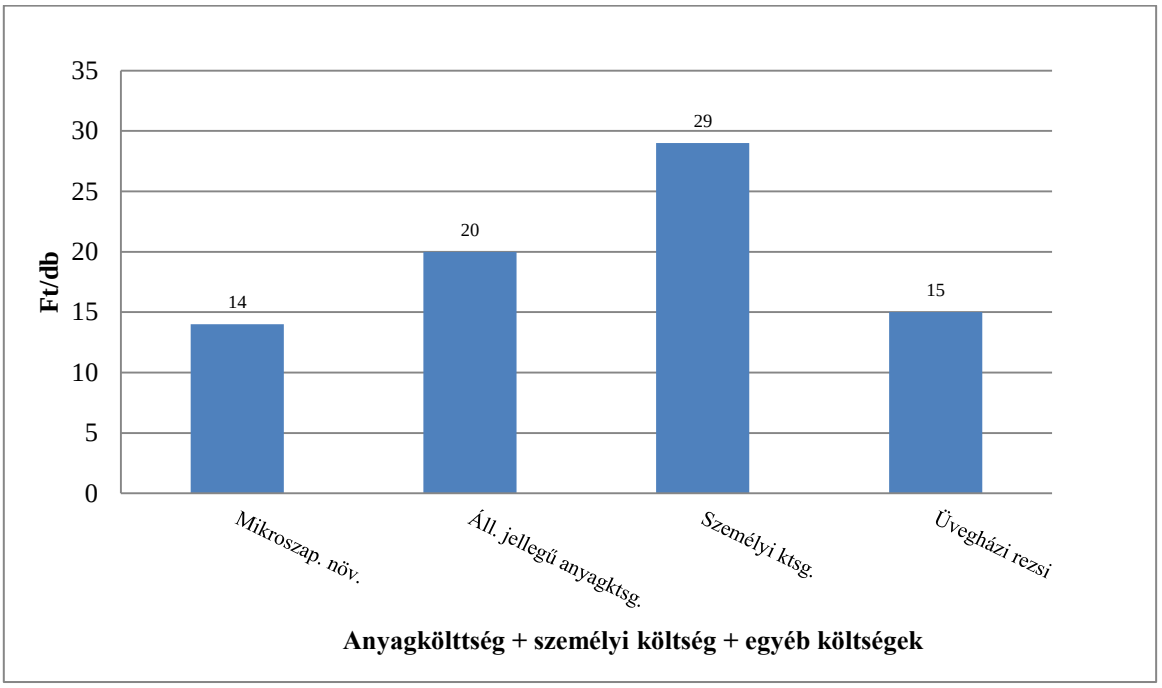
STYLES ET AL. (2007) és ALEXANDER & MORAN (2013) szerint a *Miscanthus* elfogadásának fő gátja az igen magas, kezdeti létesítési költség. A legjelentősebb költségtényező a szaporítóanyag beszerzési ára. WITZEL & FINGER (2015) szerint a rizómák ára teszi ki az ültetvény létrehozásának legnagyobb részét, a teljes létesítési költség 80 %-ára becsüli. A nemzetközi szakirodalomban igen változatos rizóma árakról számolnak be a kutatók. KHANNA ET AL. (2008) és JAMES ET AL. (2010) 0,03-1,02 EUR/db közötti árakról írnak. Az alacsonyabb rizómaár a mikroszaporításos eljáráshoz képest jelentősen olcsóbb, mechanikus makroszaporításon alapuló rizóma-előállítás következménye (LEWANDOWSKI ET AL., 2000). Az MsT palánták, illetve nevelésük költségeit, valamint a „rizómadarabolásos" szaporítási eljárás költségeit mutatja be a 12. táblázat. Ezek mérése a Parképítő Zrt. tatai telephelyén lévő üvegházban történt 2009.01.14-2009.04.28. között. A palánták nevelése kihasználatlan kapacitású üvegházi körülmények között zajlott, kb. 3 hónapon keresztül, ezért üvegházi lehetőségköltséget nem vettem számításba. A rizómák a vállalat saját tulajdonában voltak, így értük vételárat nem kellett megfizetni. Az adatok a Parképítő Zrt.-től származnak. A táblázatban feltüntetett értékek számításának levezetése a 6. Mellékletben található.

		MsT szaporítóanyag költsége (Ft/db)	
		Palánta	**Rizóma**
Anyagbeszerzés	Mikroszaporított növény vásárlása	14	-
	Termesztőedény pikírozáshoz	5	-
	Kiemelés a talajból	-	9
	Feldarabolás, szelektálás	-	5
Nevelés	Táptalaj	3	-
	Konténer /nevelőtálca	4	5
	Átültetés / élőmunka	6	-
	Öntözés	2	-
Utónevelés	Táptalaj	3	3
	Nagyobb konténer	5	-
	Öntözés	2	2
	Élőmunka	4	7
Tárolás	Gondozás, visszavágás	8	-
	Öntözés	2	2
	Üvegházi rezsiköltség	15	-
Előkészítés telepítéshez	Kiszedés a konténerekből	3	3
	Beöntözés	2	2
ÖSSZESEN		78	38

12. táblázat: MsT palánták / rizómák előállításának és nevelésének költsége, Tata, 2009

A táblázatból kiolvasható, hogy 1 db MsT palánta megvásárlása és kiültetésig történő nevelése a Parképítő Zrt. tatai üvegházában nettó 78 Ft-ba, 1 db MsT rizóma nevelése nettó 38 Ft-ba került, vagyis utóbbi szaporítóanyag előállításának költsége kevesebb, mint fele a palántánál mért költségnek. A „Rizóma" oszlopban pirossal szedett adatok elhagyható

munkafolyamatok árát jelzik. A 4.1.1.2 fejezetben bemutatott, „rizómadarabolásos” kísérletek során az MsT tövek kiemelése után azonnal megkezdődött a rizómák szétválasztása, illetve beöntözést követő elültetése. Nevelőtálca, konténer, illetve táptalaj használatára nem került sor. Üzemi méretű ültetvények telepítése esetén szükséges néhány napos tárolás megoldása, de ennek költsége elhanyagolható. A 16. ábra az MsT palánták előállítása során elvégzett munkafolyamatok, illetve egyéb felmerülő összesített, csoportosított költségek egymáshoz viszonyított mértékét szemlélteti.



16. ábra: MsT palánták előállításának és nevelésének költsége, Tata, 2009

Megállapítható, hogy a mikroszaporított növények megvásárlása, illetve a személyi jellegű költség volt a legmagasabb költségtényező az MsT palánták nevelése során. A Parképítő Zrt. a mikroszaporított növényeket egy szegedi laboratóriumtól vásárolta meg.

A Parképítő Zrt. MsT ültetvényeit saját tulajdonú területein hozta létre, ezért éves bérleti díj (átlagosab 45.000-65.000 Ft/ha/év) fizetése nem terhelte a vállalatot. A témával kapcsolatos, néhány nemzetközi publikációban arról számolnak be, hogy *Miscanthus* ültetvények létrehozása során a gépesített munkafolyamatokat alvállalkozók végzik, így a növény tulajdonosának nem kell saját gépparkba beruháznia (STYLES ET AL., 2007; SMEETS ET AL., 2009; ERICSSON ET AL., 2009 IN: WITZEL & FINGER, 2015). A telepítést megelőző talaj-előkészítés során 2009-2012 között Tatán, Ácson és Nagyszentjánoson 30-32 cm mélységű szántást történt, Kühne M40 típusú, 4 fejes, függesztett eke használatával, amit John Deere 8320-as típusú erőgép vontatott. A mélyszántás ára nettó 18.000 Ft/ha volt (3 különböző árajánlat alapján). A szántást a felső 5-8 cm-es felszíni talajréteg elmunkálása, boronálása követte, amit John Deere 8320-as erőgép által vontatott Omikron 5.6 típusú tárcsás borona végzett el. Ennek költsége nettó 5.000 Ft/ha volt (2 alvállalkozó árajánlata alapján). Az MsT telepítése minden esetben burgonyapalántázó-gép használatával történt, amit MTZ-820-as típusú erőgép vontatott. A telepítés ára a 4 fős kiszolgáló személyzettel együtt nettó 45.000 Ft/ha volt. Egy hektár mélyszántással és kultivátorozással előkészített területen 10.000 db MsT palánta, vagy 12.000 db MsT rizómát ültetése valósult meg. MsT ültetvény felszámolásának költsége nettó 30.000 Ft/ha volt Tatán, 2014-ben. A 13. táblázat 1 ha MsT

ültetvény palántával, vagy rizómával történt betelepítésének, illetve az ültetvény felszámolásának költségeit mutatja be.

	MsT ültetvény telepítésének költsége (Ft/ha)		
		Palántával (10.000 db/ha)	**Rizómával (12.000 db/ha)**
Talaj-előkészítés	Mélyszántás (John Deere 8320 + Kühne M40)	18 000	18 000
	Kultivátorozás / boronálás (John Deere 8320 + Omikron 5.6)	5 000	5 000
Telepítés	Telepítés (MTZ 820 + palántázó)	45 000	45 000
Felszámolás	Kiszántás (Fendt 824 + 80 cm-es eke)	30 000	30 000
	Szaporítóanyag	780 000	456 000
	ÖSSZESEN	**878 000**	**554 000**

13. táblázat: 1 ha MsT ültetvény telepítésének és felszámolásának költsége, palánta / rizóma szaporítóanyaggal való telepítés során Tata, Ács, 2010-2011

WITZEL & FINGER (2015) szerint a talaj-előkészítés és telepítés költsége a *Miscanthus* ültetvény-létrehozás költségének 16 %-át adja. Ez az érték MsT palánták telepítésével 8 %, MsT rizómák használatával 13 %, ami kis eltéréssel, de alátámasztja a szerzőpáros észrevételeit. Megállapítható, hogy rizóma szaporítóanyagra alapozott, 1 ha MsT ültetvény létrehozásának költsége annak ellenére sem érte el a palántákkal telepített, azonos térmértékű terület létrehozásának költségét, hogy 12.000 db rizóma ültetése valósult meg 10.000 db palánta telepítésével szemben. A 324.000 Ft/ha-os különbség igen jelentős. Megállapítható, hogy 1 ha palántára alapozott MsT ültetvény árából 1,62 ha rizómával betelepített MsT ültetvény hozható létre. Az (1.) költségcsoportba tartozó tételek közül az ültetvény létrehozásával kapcsolatos költségek összege a két fajta MsT szaporítóanyag használata esetén tehát nettó 848.000 Ft/ha, illetve nettó 524.000 Ft/ha. Ehhez adódik hozzá az ültetvény felszámolásának költsége, ami nettó 30.000 Ft/ha volt Tatán, 2014-ben. Ennek értelmében az egyszeri kiadások között helyet foglaló (1.) költségcsoport végösszege MsT palánta telepítése esetén nettó 878.000 Ft/ha, MsT rizóma használatakor nettó 554.000 Ft/ha.

WITZEL & FINGER (2015) szerint a fennmaradó 4 %-os költséghányadot (80 % + 16 % + 4 %) a telepítést megelőző esetleges műtrágyázás, illetve az azt követő gyomirtás teszi ki, aminek az összegét átlagosan 112 EUR/ha-ban állapítja meg. MsT esetében N műtrágyázásra nem került sor.

Gyomirtást fizikai úton végeztünk, a növény telepítését követő 1-2. években. LEWANDOWSKI ET AL. (2000) megállapításával így egyetértek, aki szerint a gyomirtást a *Miscanthus* termesztésének első két évében szükséges végezni. A gyomirtás az MsT telepítése utáni 1. évben 2 alkalommal, a 2. évben 1 alkalommal történt. Az ezt követő években az ültetvény annyira besűrűsödött, hogy elnyomta a gyomokat. A Mitsubishi traktor által vontatott, 80 cm

széles szárzúzóval és Stihl motoros kaszákkal történt gyomirtást általában június elején és augusztus közepén végeztük. Az alvállalkozó 1 ha ültetvényt 28.000 Ft/ha nettó áron gyommentesített.

A gyomirtás költsége tehát a telepítést követő 1. évben nettó 56.000 Ft/ha, a 2. évben nettó 28.000 Ft/ha. Az MsT ültetvény létrehozásával kapcsolatos beruházás időtartama a telepítést követő 2 év. Ebben az időszakba az (1.) költségcsoportban szereplő tételek összege a gyomirtással kiegészítve 962.000 Ft/ha palánta telepítése estén, 638.000 Ft/ha rizóma használata során. Minimális eltérést, áremelkedést az éves inflációs ráta figyelembe vétele okozhat (1-2. év árszínvonal-változása), ezt a későbbi NPV számítás során szerepeltetem.

A beruházási időszak alatt jelentkezhet az elpusztult, meg nem eredt tövek pótlásának igénye. A pótlást érdemes a telepítést követő első évben elvégezni. A folyamat költségnek becslése igen nehézkes. Mértékét jelentősen befolyásolja a hiányzó tövek száma, a pótláshoz használt szaporítóanyag ára, illetve a pótlás módszere. Az egyszerűsítés kedvéért 90 % feletti eredésű állományok 4.1.1.2 fejezetben leírt, olcsó, tőosztásos megoldással történő pótlását vettem figyelembe, melynek költségét 50.000 Ft/ha-ra becsültem.

4.3.3.2 Éves kiadások

A (2.) számú költségcsoport

Ebbe a csoportba került az MsT ültetvények gondozásával összefüggő tevékenység költsége. Ilyen az ültetvények 3 m-es szélességben történő körbekaszálása (az ültetvény szélén tűzvédelmi sáv létrehozása), ami minden évben elvégzendő. Az ültetvények szélének gyommentesítésére minden évben sor került. Erre a célra RZ-2 Z119/010-es típusú szárzúzót használtunk, amit MTZ-820-as erőgép vontatott. Egy ha MsT ültetvény 3 m-es szélességben történő körbekaszálását 5.000 Ft-os nettó áron végezte el az alvállalkozó. MsT ültetvények esetében vegyszeres növényvédelemre, a növényre ártalmas, ismert kórokozók hiányában nem került sor. A nemzetközi irodalomban is csak kevés számú, *Miscanthusra* veszélyes kórokozóról írnak a kutatók (THINGGAARD, 1997; O'NEILL & FARR, 1996; CHRISTIAN ET AL., 1994 IN: WITZEL & FINGER, 2015). A *Miscanthus* KHANNA ET AL. (2008) szerint kevés törődést igénylő, alacsony tápanyag-igényű növény, amely megelégszik évi egyszeri alkalommal, a betakarítás után történő műtrágyázással. Habár a különböző N műtrágyák talajba juttatásának *Miscanthus* hozamra gyakorolt pozitív hatásáról nincs egységes konszenzus a kutatók között, KHANNA ET AL. (2008) és CLIFRON-BROWN & LEWANDOWSKI (2002) szerint 60 kg/ha N-t javasolt éves szinten a talajba juttatni. MsT ültetvények esetében nem került sor N műtrágya használatára.

A (2.) számú költségcsoportban szereplő évenkénti körbekaszálás tétel összege tehát 5.000 Ft/ha.

A (3.) számú költségcsoport

A csoportosítás során a (3.) számú költségcsoportba helyeztem azokat a tételeket, amelyek az MsT betakarításával és végfelhasználóhoz (erőművek) történő eljuttatásával kapcsolatosak. Ezek az „energianád" szárzúzása, rendsodrása, bálázása, illetve a logisztikai műveletsor, tehát a bálák ültetvényen való összehordása és erőművek részére történő elszállítása.

Az ebben a csoportban szereplő költségek közül a szárzúzás – rendsodrás – bálázás munkafolyamatok teszik ki az évente jelentkező költségek legnagyobb részét. A növény betakarítását végző mezőgazdasági gépek igen magas ára miatt az ültetvény tulajdonosok a munkát gyakran kiszervezik, alvállalkozók és bérgépek bevonásával oldják meg. A szakirodalomban a betakarítás költsége igen széles spektrumon mozog. A legalacsonyabb dokumentált költség 37,09 EUR/ha bálázás és szállítás nélkül, a legmagasabb ezzel szemben 724,05 EUR/ha, amely magába foglalja a növény vágását, rendsodrását, bálázását, kazalba állítását és tárolását (DE LAPORTE ET AL., 2014; KHANNA ET AL., 2008). A *Miscanthus* átlagos betakarítási költségét WITZEL & FINGER (2015) 270,5 EUR/ha-ban állapította meg.

Az MsT ültetvények szárzúzására több típus kipróbálását követően az RZ-2 Z119/Z010-es típusú szárzúzó bizonyult legalkalmasabbnak, amit MTZ-820-as traktor vontatott (PINTÉR, 2015). A 2009-2012 között zajlott kísérletek során, a növény robosztussága miatt átlagosan nettó 15.000 Ft/ha áron vállalták az alvállalkozók a Tatán, Ácson és Nagyszentjánoson található MsT ültetvények szárzúzóval történő levágását. Rendsodráshoz Class Liner 390 típusú, kardános rendsodrót használtunk, amit Massey Ferguson 5435-ös erőgép hajtott meg. A szárzúzott „energianád" ültetvények rendsodrásának az ára nettó 6.000 Ft/ha volt. A legnagyobb tömörségű nagy hasábbálák készítéséhez Krone BigPack 1290 HDP típusú, magas nyomású bálázót használtunk. A gépet 270 lóerős (200 kW) John Deere traktor vontatta. 1 db MsT nagy hasábbála megkötésének az ára átlagosan nettó 1.800 Ft volt (4 különböző árajánlat alapján).

A szállítás és tárolás költsége jelentős mértékben befolyásolja a gazdálkodás rentabilitását Ezeket azonban igen nehézkes összevetni az országonként, régiónként, ültetvényenként eltérő szállítási távolságok, infrastrukturális adottságok és üzemanyagárak miatt. Tovább nehezíti az összehasonlítást, hogy a szakirodalomban a kutatók igen változatos betakarítási és tárolási módokról, hozamadatokról, nedvességtartalomról számolnak be, utóbbi pedig erőteljesen befolyásolja az egy kamionra felrakható biomassza mennyiséget. A szállítási költséget általában 1 t szárazanyag-mennyiségre határozzák meg, ami átalánydíjból és kiegészítő díjból áll. Előbbi mértéke 0,99-5,76 EUR/t, utóbbié 0,06-0,36 EUR/t között mozog (SCHEFFRAN & BENDOR, 2009; SHERRINGTON & MORAN, 2010; JAIN ET AL., 2010; WANG ET AL., 2012 IN: WITZEL & FINGER, 2015). A nemzetközi szakirodalomban a feltételezett átlagos szállítási távolság 49 km közúton (WITZEL & FINGER, 2015). A tárolás költségére vonatkozóan csak kevés számú nemzetközi publikáció áll rendelkezésre. Ezek a betakarítás módjától függően 21-95 EUR/ha, illetve 3,97-6,79 EUR/t között alakulnak (SPICER ET AL., 2012; KRASUSKA & ROSENQVIST, 2012; LAPORTE ET AL., 2014 IN: WITZEL & FINGER, 2015). Az MsT ültetvények betakarítását követően a biomasszát azonnal a végfelhasználó erőművekhez szállította a Parképítő Zrt., így a kazalba állítás és tárolás költsége nem rótt plusz terhet a vállalatra. Ezeket a költségeket az MsT termesztésének és hasznosításának ökonómiai elemzésekor figyelmen kívül hagytam.

Az MsT-ből készített nagy hasábbálákat Manitou típusú munkagép kettesével, bálafogó tüskék használatával, 10-12 db-os depókba hordta össze az ültetvényeken. Az alvállalkozó 1 db 400 kg tömegű bálát az összehordás költségével együtt nettó 500 Ft-os áron rakott kamionra. Egyszerre két bálát mozdított meg. A közúti forgalomban megengedett legnagyobb 24 tonna összteherbírású kamionra 46 db, 220 cm x 90 cm x 120 cm méretű, MsT-ből készített nagy hasábbálát lehetett biztonságosan felrakodni, így – a bálák olykor kismértékben – eltérő tömege miatt 18-19 t között alakult az egy fordulóval a végfelhasználóhoz beszállított biomassza mennyisége (az egyszerűség kedvéért 18 tonnával számoltam).

A hektárra, bála darabszámra, illetve km-re megadott árak eredeti formájukban nem összesíthetők. Ezért meg kellett határozni az összes betakarítással és logisztikával kapcsolatos munkafolyamat 1 t „energianádra” vetített értékét. Ehhez az MsT ültetvényekkel kapcsolatos tapasztalataim alapján a következő kiindulási adatokat vettem figyelembe:

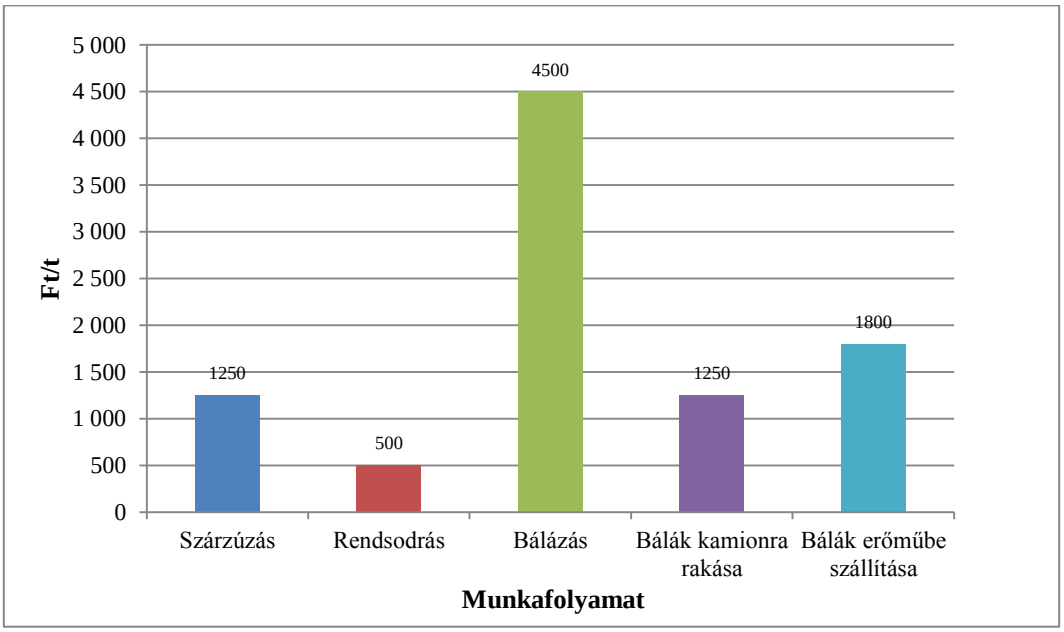
- az különböző fejlettségi fokú, eltérő életkorú MsT ültetvényekről betakarítható biomassza-mennyiség átlagosan 12 t/ha,
- az MsT betakarítás során nagy hasábbálák készültek, melyek mérete 220 x 90 x 120 cm, tömege átlagosan 400 kg,
- az MsT nagy hasábbálából átlagosan 46 db fér fel egy 24 tonnás kamionra,
- a közúti forgalomban megengedett legnagyobb, 24 t összteherbírású kamionra felrakható, bálázott formájú biomassza tömege így átlagosan 18 t,
- a közúti szállítás díját 270 Ft/km-ben állapítottam meg (5 különböző árajánlat alapján, 2015-ben),
- az MsT ültetvények és a végfelhasználó erőművek (Vértesi Erőmű Zrt., Bokod, Hungrana Kft., Szabadegyháza) közötti közúti szállítási távolság átlagosan 60 km (oda-vissza 120 km).

A költségszámítás során fenti 120 km-es szállítási távolságot és 270 Ft-os km-díjat vettem számításba, ami nettó 32.400 Ft szállítási költséget jelentett fuvaronként, a rakomány össztömegétől függetlenül. A feltételezések alapján 1 fordulóval 18 t (vagyis 1,5 ha hozama) bálázott formájú „energianádat” szállíthatunk be rendeltetési helyére (biomassza erőmű), aminek az 1 ha ültetvényre vetített ára [32.400 Ft / 18 t] x 12 t/ha = 21.600 Ft/ha. Ennek értelmében 21.600 Ft / 12 t = 1.800 Ft-ba került 1 t, és 32.400 Ft / 46 db = ~ 705 Ft-ba került 1 db MsT nagy hasábbála beszállítása az ültetvénytől 60 km-re elhelyezkedő erőműbe, 2015-ben (PINTÉR, 2015). (*Megj.*: egy olyan életszerűtlen helyzetben, amikor egy 24 t összteherbírású kamion mindössze 12 t felrakott bálával indul útnak, a beszállítás 1 tonnára vetített költségét 1,5-tel kellene megszorozni, így végül 2.700 Ft-ba kerülne 1 t biomassza elszállítása.) A szárzúzás, illetve rendsodrás 1 tonnára vetített költségének számítása során a munkafolyamatok egy hektárra vonatkozó egységárát osztottam el a tapasztalatok alapján 1 ha térmértékű MsT ültetvényről átlagosan betakarított biomassza mennyiséggel, 12 tonnával. A bálázás, illetve kamionra rakás 1 tonnára vetített költségének meghatározása során 2,5-tel szoroztam meg az 1 db-ra megadott árakat, mivel 1.000 kg / 400 kg = 2,5, vagyis 400 kg tömegű bálákból 2,5 db szükséges az 1 t eléréséhez. A 14. táblázat fenti költségeket felvonultatva és összegezve szemlélteti, hogy mennyibe került 2015-ben Tatán, Ácson és Nagyszentjánoson 1 t MsT felbálázása és a termőhelytől átlagosan 60 km-re lévő végfelhasználó erőműbe történő beszállítása. A táblázatból kiolvasható, hogy 1 t MsT energianád betakarítása, majd a felbálázott biomassza 60 km-es távolságra (oda-vissza 120 km) történő elszállítása összesen 9.300 Ft-ba került a beszállítói oldalnak. Fent leírt feltételek mellett a (3.) számú költségcsoport összege tehát 9.300 Ft/t, vagy 111.600 Ft/ha.

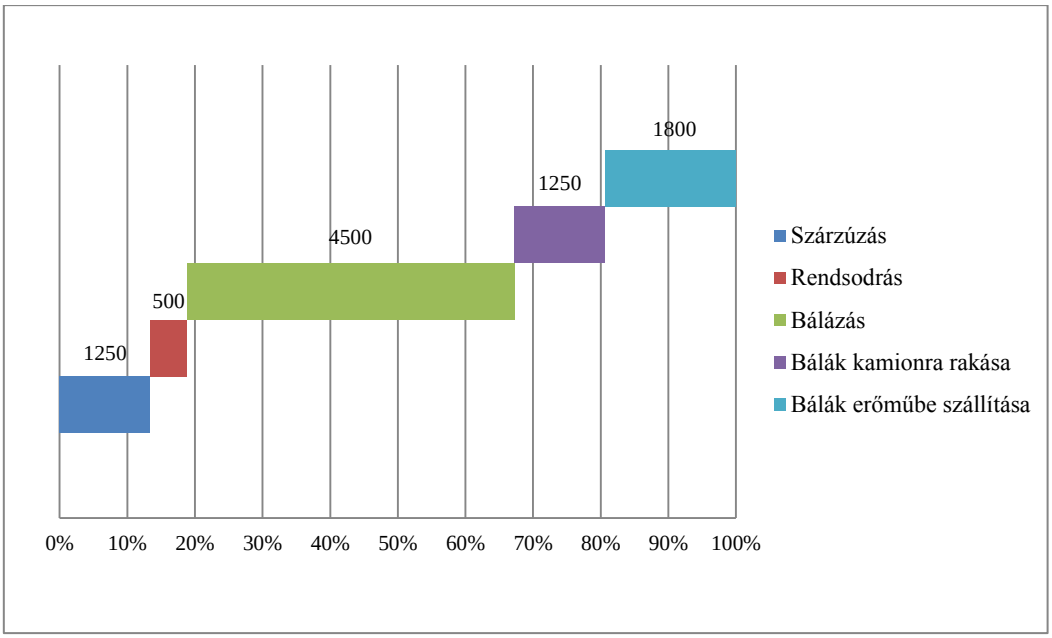
Munkafolyamat	Munkagép típusa	Költség		Átszámított költség Ft/t
Szárzúzás	MTZ-820-as traktor + RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzó	15 000	*Ft/ha*	1 250
Rendsodrás	Massey Ferguson 5435-ös erőgép + Claas Liner 390-es kardános rendsodró	6 000		500
Bálázás	John Deere traktor + Krone BigPack 1290 HDP típusú nagy hasábbálázó	1 800	*Ft/db*	4 500
Bálák összehordása + kamionra rakása	Hitachi / Bobcat / Manitou munkagépek	500		1 250
Erőműbe történő beszállítás	Man, Mercedes kamion (24 t)	21.600	*Ft/ha*	1 800
ÖSSZESEN				9 300

14. táblázat: MsT ültetvény betakarításával és a bálák elszállításával kapcsolatos költségek összesítve, 2015

A 17. ábra az „energianád” betakarítás és beszállítás különböző munkafolyamatainak költségeit szemlélteti egymáshoz viszonyítva. A 18. ábra százalékos formában mutatja be az egyes munkafázisok költségének a teljes betakarítási költséghez viszonyított arányát.



17. ábra: MsT ültetvény betakarításával és a bálák elszállításával kapcsolatos költségek egymáshoz viszonyított mértéke, 2015



18. ábra: MsT ültetvény betakarításával és a bálák elszállításával kapcsolatos költségeknek a teljes betakarítási költséghez viszonyított aránya, 2015

Megállapítható, hogy az MsT ültetvények betakarítása során a bálázás költsége – közel 50 %-át adja a teljes költségnek – a legmagasabb, amit a közúti szállítás költsége követ. A teljes költség többféleképpen csökkenthető. A munkafolyamatok egyszerűsítésével, egymenetessé történő összevonásával jelentős összeget takaríthatunk meg. A bálázás költségének csökkentése, változatlan térfogatú, tömörebb, nagyobb tömegű bálák készítésével oldható meg. Erre napjainkban a Krone HDP II bálázók képesek, 500-600 kg tömegű bálák kötésével. Ezekből mindössze 2 db-ot kell készítenie a bálázónak (400 kg-os bála esetén 2,5 db-ot) és 20 t is felrakható egy 24 t összteherbírású kamionra, ami egyúttal az 1 tonnára vetített szállítási költséget is redukálja. További lehetőség a költségek mérséklésére a közúti szállítási távolság minimalizálása, illetve visszfuvar beépítése a folyamatba Ezzel a lehetőséggel azonban nem számoltam, a kamionok folyamatos, 8 munkaórás forgása miatt. A bálázás után a már elkészült bálák erőművekbe történő beszállítása a legdominánsabb költségtényező. Ezért „energianád” ültetvény megtervezésekor ésszerű törekedni arra, hogy azt lehetőség szerint a végfelhasználó közelében fekvő területeken telepítsük. Az „energianád” ültetvények korosodásával egyre gazdaságosabban végezhető a betakarítás. A 4 évnél idősebb, már záródott, homogén ültetvények hozama 20-25 t/ha (CLIFTON-BROWN ET AL., 2007; ANGELINI ET AL., 2009; ARUNDALE ET AL., 2013; LESUR ET AL., 2013). Ilyen magas hozamadat figyelembe vétele mellett jelentősen redukálódik az 1 ha ültetvény szárzúzására, rendsodrására megadott alvállalkozói ár 1 tonnára vetített értéke. A költségcsökkentés lehetőségének bemutatása érdekében a következő, 15. táblázatban szereplő feltételezések mellett számítottam ki, majd hasonlítottam össze az 1 t MsT betakarításának költségét a 14. táblázatban szereplő bázisadatokkal (a).

A (b) jelű oszlopban változatlan, 12 t/ha biomassza-hozam, 120 km-es közúti szállítási távolság, illetve 500 kg tömegű bálák kötésével kalkulált költségek szerepelnek. Változatlan egységár tartása mellett (Ft/db) a bálák tömegének emelkedése a bálázás-, a bálák mozgatásának- és végfelhasználóhoz történő elszállításának a költségét redukálja. A magas bálanyomással készített nagy hasábbálákból szabályosan maximum 20 t rakható fel egy kamionra, ekkora mennyiséggel számoltam.

A (c) jelű oszlopban szereplő adatokat kedvező, összesen 40 km-es közúti szállítási távolság figyelembe vétele mellett, a többi paraméter változatlanul hagyásával számítottam ki. Ilyen alacsony szállítási távolsággal kell számolniuk pl. a Pannon Hőerőmű Zrt. részére, Pécsre beszállító biomassza-termesztőknek, akiknek az erőmű közelében vannak földjeik. Ez az MsT ültetvény és a végfelhasználó erőmű között feltételezett, igen alacsony távolság jelentős mértékben csökkentette az 1 tonnára vetített szállítási költséget.

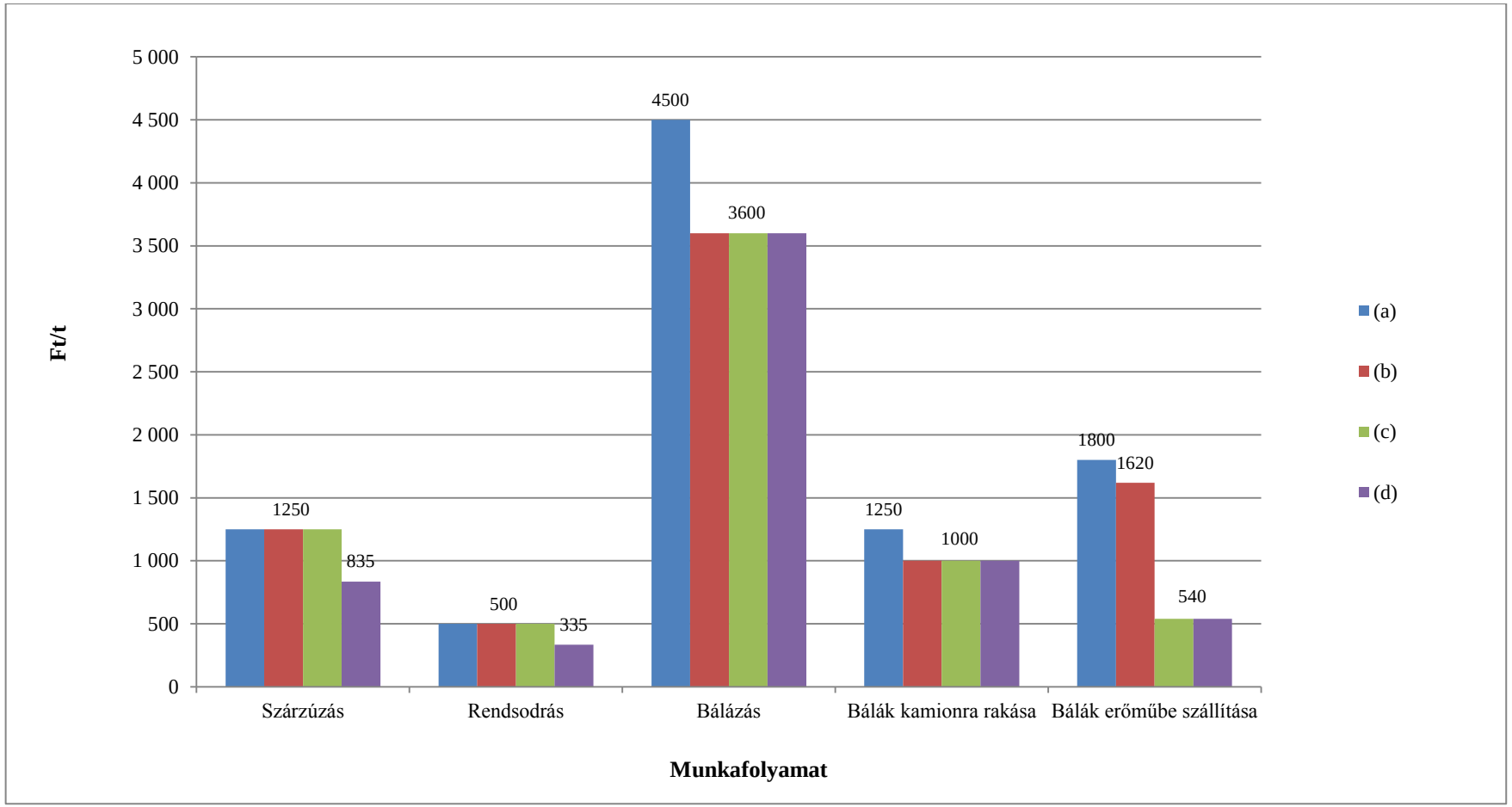
A (d) jelű oszlopban az előbbi feltételek mellett, de az ültetvények fejlődése, erősödése során megemelkedett, relatíve magas, 18 t/ha biomassza-hozam figyelembevételével számítottam ki az 1 ha MsT ültetvény szárzúzására és rendsodrására kapott alvállalkozói árak 1 t MsT-re vetített értékét. A hozamgyarapodás komoly egységár-csökkenést eredményezett. A hektárra megadott árakat az alvállalkozók már 2009-ben a legsűrűbb ültetvényhez igazították. Alapból igen magas árat szabtak meg, mert féltették gépeiket – főleg a szárzúzást végző alvállalkozó – az erős nádtól. Ezeket az árakat minimálisan emelték az évek során, ezt a későbbi NPV számításban az inflációs ráta alkalmazásával érzékeltetem (1,5 %).

A 19. ábra az alábbi, 15. táblázatban szereplő, különböző bálatömeg, szállítási távolság és hozamadatok ábrázolásával szemlélteti 1 t MsT betakarításával és végfelhasználóhoz történő eljuttatásával összefüggő munkafolyamatok egymáshoz viszonyított költségeit.

	(a)	(b)	(c)	(d)
Hozam (t/ha)	12	12	12	18
Bálatömeg (kg)	400	500	500	500
Szállítási távolság (km)	120	120	40	40

Munkafolyamat	*Munkagép típusa*	*Költség*		*Átszámított költség (Ft/t)*			
Szárzúzás	MTZ-820-as traktor + RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzó	15 000	*Ft/ha*	1 250	1 250	1 250	835
Rendsodrás	Massey Ferguson 5435-ös erőgép + Claas Liner 390-es kardános rendsodró	6 000		500	500	500	335
Bálázás	John Deere traktor + Krone BigPack 1290 HDP típusú nagy hasábbálázó	1 800	*Ft/db*	4 500	3 600	3 600	3 600
Bálák összehordása + kamionra rakása	Hitachi / Bobcat / Manitou munkagépek	500		1 250	1 000	1 000	1 000
Erőműbe történő beszállítás	Man, Mercedes kamion (24 t)	1 800	*Ft/t*	1 800	1 620	540	540
ÖSSZESEN				9 300	7 970	6 890	6 310

15. táblázat: 1 t MsT betakarításának és elszállításának költsége, különböző hozamok, bálatömeg és szállítási távolság mellett, 2015



19. ábra: MsT ültetvény betakarításával és a bálák elszállításával kapcsolatos költségek összesítve, 400 kg és 500 kg tömegű bálák készítésekor, 120 és 40 km-es szállítási távolságok, illetve 12 és 18 t/ha hozamok mellett, 2015

Megállapítható, hogy arányait tekintve minden esetben a bálázás a legköltségesebb munkafolyamat az MsT betakarítása során. A bálatömeg növekedése jelentős költségcsökkentést generálhat. A végfelhasználó erőmű közelsége szintén nagymértékben redukálta az 1 t-ra vetített szállítási költséget. Az ültetvény hozamgyarapodása a területi mértékegység után fizetendő mezőgazdasági munkák árának tonnára átszámított költségét csökkentette.

A nemzetközi szakirodalomban található, különböző *Miscanthus* fajok ökonómiai elemzése során a szerzők számos esetben figyelembe veszik a használt földterület és befektetett tőke lehetőségköltségét. Ezeket éves költségnek tekintik, mivel a *Miscanthus* termesztését választó gazdálkodó évről-évre elveszíti mezőgazdasági területe és befektetett tőkéje egyéb irányú hasznosítási lehetőségét. A betelepített földterület költségével vagy nem számolnak a kutatók, vagy az átlagos, helyi földbérleti díjakat veszik figyelembe (STYLES ET AL., 2007; SMEETS ET AL., 2009). A Parképítő Zrt. saját területein hozott létre MsT ültetvényeket, így a gazdasági elemzés elvégzésekor az elmaradó földbérlet díját vettem figyelembe. A föld lehetőségköltsége főleg az adott régióra jellemző, a *Miscanthussal* szemben egyéb alternatívaként számításba vehető növényekkel elérhető hozamoktól függ. Nyilvánvaló, hogy a különböző földrajzi helyszíneken elterülő *Miscanthus* ültetvények változatos „vetélytársai" miatt nem lehet általánosan megállapítani a különböző *Miscanthus* fajok lehetőségköltségének mértékét. Parlagon hagyott területen, vagy egyéb növények megfelelő életkörülményeinek biztosítására alkalmatlan területen létrehozott *Miscanthus* ültetvény lehetőségköltsége jóval alacsonyabb, mint magas termőképességű, pl. zöldségek termesztésére is alkalmas talajon telepített ültetvényé. A Tatán, Ácson és Nagyszentjánoson MsT-vel betelepített területek lehetőségköltségének megállapításakor a közeli parcellákon rentábilisan termesztett növényekkel elérhető bevételeket vettem alapul. A Komárom-Esztergom megyében és Győr-Moson-Sopron megyében az MsT táblák mellett fekvő területeken a leggyakrabban vetett növény a kukorica és búza. Az 1 ha kukorica termesztéséből és értékesítéséből keletkező bevétel nagysága az évenként igen változatos termésátlag, illetve átvételi ár mellett nehezen határozható meg. Az átlagosnak tekinthető 6-8 t/ha hozam és 33.000-45.000 Ft/t közötti átvételi ár alapján kukorica termesztésével átlagosan 280.000-320.000 Ft/ha bevétel érhető el. Emellett igen magas a növény éves termelési költsége, átlagosan 250.000-300.000 Ft/ha. Így az elérhető profit kb. 50.000 Ft/ha. Az MsT-vel betelepített területek lehetőségköltségét ekkora összegben állapítottam meg. A nettó jelenérték számítás elvégzésekor a befektetett tőke lehetőségköltségét vettem figyelembe, olyan mértékű diszkontráta alkalmazásával, amely egyúttal a föld lehetőségköltségét is kifejezi.

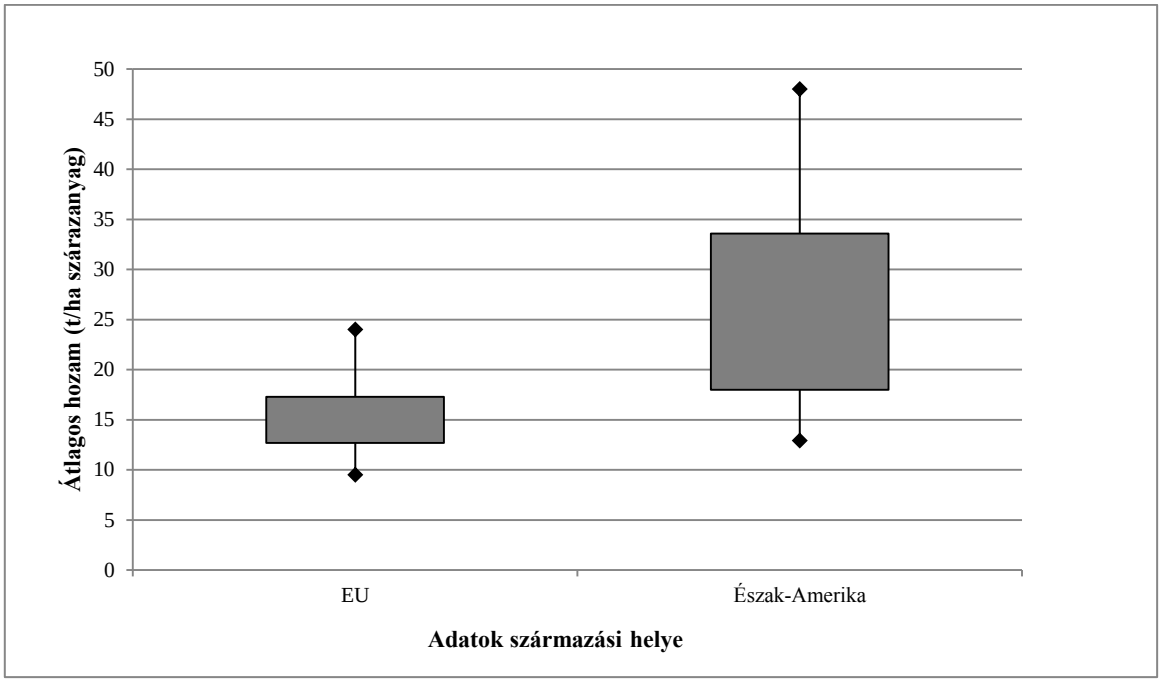
A föld lehetőségköltségén túl a *Miscanthus* termesztésébe invesztált, így más jövedelemteremtő területen be nem fektethető tőke lehetőségköltségét is figyelembe kell venni a növény gazdaságosságára vonatkozó elemzés elkészítése során. WITZEL & FINGER (2015) szerint az alkalmazott diszkont-ráta 4-13 % között mozog, átlagos mértéke 5,8 % (ALEXANDER ET AL., 2013; KHANNA ET AL., 2011). A szakirodalomban a leggyakrabban használt ráta mértéke 5 % (WITZEL & FINGER, 2015). JAMES ET AL. (2010) nyomán az USA-beli farmgazdaságokban 1960-2001 között az átlagos tőke-megtérülési ráta 5 % volt, ennek megfelelően a gazdák átlagosan 5 %-os diszkont rátát használtak a tőke lehetőségköltségének kifejezésére (WITZEL & FINGER, 2015). Saját tőke befektetése során a hosszú távú betéti kamatláb, hiteltőke esetén a hitelkamatláb mérvadó a diszkontráta meghatározásához. Az MsT-be fektetett saját tőke lehetőségköltségének meghatározása során 5 %-os diszkontrátát alkalmaztam, mely magába foglalja a föld lehetőségköltségét is Ezen felül 1,5 %-os kockázati prémiumot építettem be a diszkontrátába, a *Miscanthus* fajok hozamainak viszonylagos

kiszámíthatatlansága miatt, ugyanis a kutatók a nemzetközi irodalomban ezt a tényezőt írják le a *Miscanthus*-termesztés legbizonytalanabb faktorának.

4.3.4 MsT termesztése során keletkező bevételek

Az MsT rentabilitásának megállapításához az (1)-(3). költségcsoportba tartozó költségeket kell összevetni az „energianádért" a végfelhasználó erőművek által fizetett átvételi árral és az egyéb kiegészítő támogatások összegével, vagyis a (4). csoportba tartozó bevételek nagyságával.

Az egyéb, többi szántóföldi növényekhez hasonlóan, *Miscanthus* termesztés esetén is a gazdálkodó bevételét az egyik legmeghatározóbb módon befolyásoló tényező az éves betakarítható hozam mennyisége. A kellőképpen megalapozott, *Miscanthus*-termesztésre vonatkozó döntés meghozatala érdekében a gazdálkodókat megbízható információval kell ellátni a várható éves hozamokra vonatkozóan, amelyekhez jóváhagyott, ellenőrizhető hozambecslésekre van szükség. A növény termesztésével kapcsolatos legnagyobb bizonytalanságra okot adó tényező, hogy a nemzetközi szakirodalomban a hozambecslések során nyert mennyiségek gyakran nagymértékben eltérnek a későbbi tényleges hozamoktól (WITZEL & FINGER, 2015). A megfigyelt eltérések a növény újszerűségéből, illetve nagyszámú, hosszú ideig tartó, üzemi méretű szántóföldi kísérlet hiányából fakadnak. Habár a *Miscanthus* hozamok minimum illetve maximum értékére vonatkozó becslések viszonylagos véleményformáló hatással bírnak a növény termesztésével kapcsolatos döntéshozatal során, mégsem tekinthetők megbízható előrejelzésnek, illetve alapnak, mivel minden esetben a szóban forgó ültetvények saját környezetükben mért, extrém hozamadataira reflektálnak. A 20. ábra a nemzetközi szakirodalomban publikált, 1 hektárra vonatkozó minimális és maximális *Miscanthus* szárazanyag-hozamokat, illetve az átlagos hozamadatok szórását mutatja be ez EU-n belül, illetve Észak Amerikában (WITZEL & FINGER, 2015).



20. ábra: *Miscanthus* ültetvények különböző országokból származó minimális, maximális hozamadatok, illetve az átlagos hozamadatok szórása, 2015 (WITZEL & FINGER, 2015)

A különböző korú MsT ültetvények hozambecsléseire vonatkozó kísérletek eredményei a 4.1.5 fejezetben szerepelnek. Ezeket a kísérleteket 5 különböző ((a), (b), (c), (d), (e)) ültetvényre készítettem el, 2010-2012 között, Tatán, Ácson és Nagyszentjánoson. A hozambecsléseket 2010.03.27-28-án, 2011.04.02-03-án, 2012.03.29-30-án végeztem, az eredményeket a 6. táblázat szemlélteti. A becsült adatokat a 16. táblázat hasonlítja össze az ültetvények 1 hektárra vetített tényleges hozamával, melyet az erőművekből visszaérkező mennyiségi kimutatás alapján állapíthattam meg, az aktuális évi teljes biomassza-mennyiség beszállítását követően. A táblázatban a 2010-2012 között évenként összegzett nedvesanyag-, illetve szárazanyag-hozam is szerepel. Utóbbit a két erőműből érkezett, az MsT átlagos nedvességtartalmára vonatkozó visszajelzések alapján számítottam ki.

A végfelhasználó erőműveknél (Vértesi Erőmű Zrt., Bokod, illetve Hungrana Kft., Szabadegyháza) a beérkező MsT szállítmányok tömegének mérése hídmérleggel történt. A kamion behajtáskor ráhajtott a mérlegre, így mérték a bruttó tömeget. Miután a rakodógépek lerakodták a bálákat, távozás előtt ismét a mérlegre állt, így állapították meg a nettó tömeget. A kettő különbözete adta a biomassza-szállítmány össztömegét.

Az MsT nedvességtartalmát az erőművekben bála-nedvességmérő pálca (pl. Draminski típusú) segítségével határozták meg. Ennek keretein belül még a kamionon lévő szállítmányból véletlenszerűen kiválasztottak 3-6 db bálát, majd bálánként háromszor, különböző pontokon beleszúrták a 68 cm hosszú pálcát, ami néhány másodperc alatt kimutatta a mért eredményt. Általában 15-20 mérést követően az értékekből a műszer átlagot számított. Ezt az értéket fogadták el átlagos nedvességtartalomnak. A bála-nedvesség mérőpálcák általában 8,5-40 % közötti nedvességtartományban mérnek. Amennyiben „LO” (alacsony) felirat jelenik meg a kijelzőn, akkor a bála nedvességtartalma 8,5 % alattinak tekinthető. Ilyen esetben a bevett szokás szerint automatikusan 8,5 %-os értéket tüntetnek fel a szállítólevélen, annak ellenére, hogy a készülék szerint ennél alacsonyabb a nedvességtartalom. Ezt viszont a pálca már nem képes mérni, tehát elméletileg akár 3 %, vagy alacsonyabb is lehet ez az érték (ilyen alacsony nedvességtartalom nem valószínű). Ha „HI” (magas) felirat villan fel az eszközön, akkor a nedvességtartalom 40 % feletti. A módszerrel valójában nem a beszállított biomassza valódi nedvességtartalmát lehet meghatározni. Az eszköz a bálákban lévő nedvességtartalom mérésére alkalmas. A tényleges nedvességtartalom megállapítását laboratóriumi körülmények között végzik, 0 %-os nedvességtartalomig történő szárítással. Ennek során a szárítás előtt mért tömeget, és a 0 %-os nedvességtartalom beálltakor mért tömeget vetik össze. A kettő érték közötti különbség jelenti az anyag valódi nedvességtartalmát, százalékos formában. A Vértesi Erőmű Zrt.-nél pl. minden szállítmány biomasszából mintát vettek, majd laboratóriumban mérték a termék tényleges víztartalmát. Így össze tudták vetni a „pálcás módszer” alkalmazásával nyert értéket a laboratóriumi körülmények között kapott eredménnyel. A két módszer eredményei közötti eltérés általában minimális volt, ezért Bokodon (illetve a jelenleg üzemelő legtöbb hazai erőműben is) a biomassza szállítmány átvételekor a pálcás nedvességmérővel mért, gyorsan rendelkezésre álló adatot tekintik elfogadottnak.

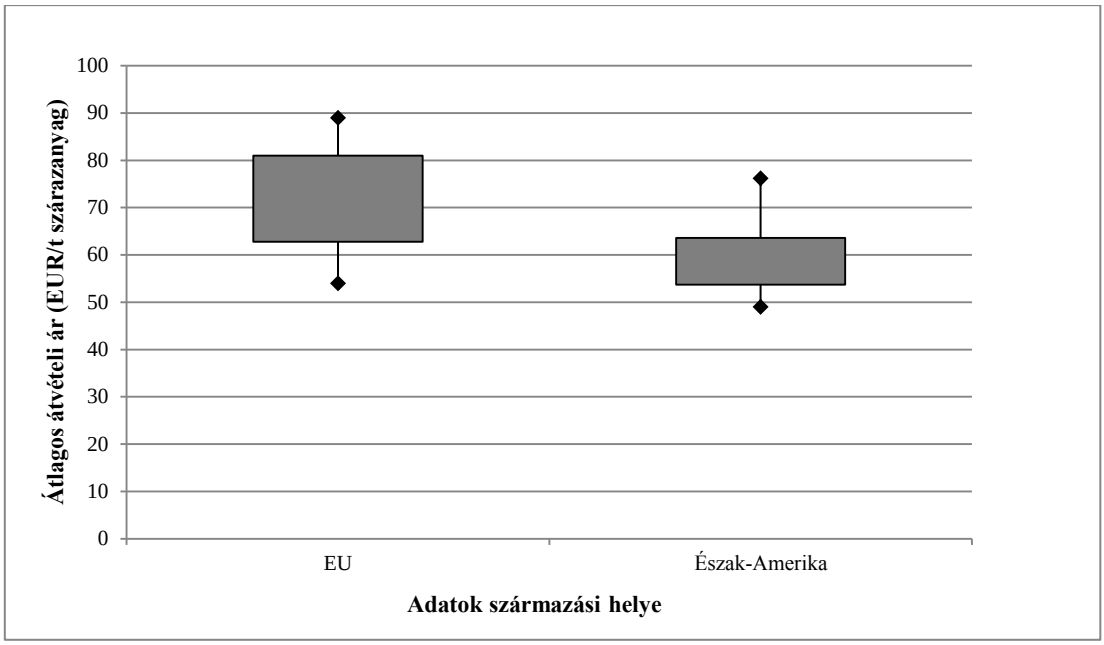
A visszajelzések alapján az MsT bálák nedvességtartalma 2010-2012 között 8,5-8,8 % közötti volt. Ez igen jó eredménynek számított, összehasonlítva az erőművekbe érkező 10-20 % víztartalmú szalmával, illetve gyakran 45 % feletti nedvességtartalmú faanyaggal.

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	össz. nedves hozam (lutro t)	~ nedv. (%)	össz. száraz hozam (atro t)
Kísérlet helyszíne	Tata	Tata	Tata	Ács	Nagyszentjános			
Telepítés időpontja	2008.03.29	2008.04.04-07	2008.04.09-12	2007.05.03-11	2008.05.04-06			
Terület nagysága (ha)	3	17	15	13	2			
Fedettség 2010-ben (%)	80	76	78	85	82			
Fedettség 2011-ben (%)	85	80	83	91	85			
Fedettség 2012-ben (%)	90	87	87	91	85			
Kivágott tövek átlagos tömege 2010-ben (kg)	2,8	2,0	3,6	5,6	4,1			
Kivágott tövek átlagos tömege 2011-ben (kg)	4,2	3,2	4,8	7,8	5,6			
Kivágott tövek átlagos tömege 2012-ben (kg)	6,2	4,7	6,7	9,2	7,0			
Hozambecslés 2010-ben (t/ha)	22,4	15,2	28,1	47,6	33,6	1 432,8		
Hozambecslés 2011-ben (t/ha)	35,7	25,6	39,8	71,0	47,6	2 157,8		
Hozambecslés 2012-ben (t/ha)	55,8	40,9	58,3	83,7	59,5	2 944,2		
Tényleges hozam 2010-ben (t/ha)	8,7	7,3	7,2	14,3	5,6	*455,3*	*8,5%*	*416,6*
Tényleges hozam 2011-ben (t/ha)	11,8	13,2	12,3	15,6	12,3	*671,7*	*8,8%*	*612,6*
Tényleges hozam 2012-ben (t/ha)	13,7	14,6	15,1	18,3	15,4	*784,5*	*8,6%*	*717,0*
Eltérés 2010-ben (t/ha)	13,7	7,9	20,9	33,3	28,0	977,5		
Eltérés 2011-ben (t/ha)	23,9	12,4	27,5	55,4	35,3	1 486,1		
Eltérés 2012-ben (t/ha)	42,1	26,3	43,2	65,4	44,1	2 159,7		
Eltérés 2010-ben (%)	257%	208%	390%	333%	600%			
Eltérés 2011-ben (%)	303%	194%	324%	455%	387%			
Eltérés 2012-ben (%)	407%	280%	386%	457%	386%			

16. táblázat: Különböző helyszíneken telepített MsT ültetvények hozambecslése és tényleges hozamadatai, valamint nedvességtartalma, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2010-2012

Megállapítható, hogy a korábbi hozambecslések igen megbízhatatlanok. Az aktuális évi hozamok előrejelzésére az ültetvények heterogenitása miatt használhatatlan megoldás a tövek tömegének mérésén alapuló módszer. Az ábráról leolvasható, hogy 2010-ben az (e) jelű ültetvény hozamát a tényleges hozam 6-szorosára becsültem utóbbi módszer alkalmazásával. A legkisebb eltérés a prognosztizált, illetve valós hozamadatok között 2011-ben mutatkozott, a (b) jelű ültetvény hozambecslése során. Ebben az évben a később mért tényleges mennyiség közel 2-szeresére becsültem a várható hozamot. ALEXANDER & MORAN (2013) pl. csak 2,9-2,94 t/ha-os eltérésekről számol be, ami 22,7-23 % közötti ingadozást jelent. Egyetértek CLANCY ET AL. (2012), ARAVINDHAKSHAN ET AL., (2010) és DOLGINOW ET AL. (2014) megállapításával, akik szerint a *Miscanthus*-termesztés gazdaságosságának megállapítása során az éves biomassza-hozam a legvéletlenszerűbb, legváltozatosabb tényező. A jelentős eltérések oka egyrészt a növénnyel kapcsolatos nagyüzemi termesztési tapasztalat hiánya, másrészt, hogy az különböző ültetvényeket változatos földrajzi helyszíneken, eltérő klimatikus- és talajviszonyok között hozzák létre, így szinte nincs két „ugyanolyan" ültetvény. Tehát adott esetben az egyik hozamadataiból nem szabad messzemenő következtetéseket levonni a másik ültetvény várható hozamaira vonatkozóan. A 2. Mellékletben szerepelnek a (b), (c), (d), (e) jelű területekre készített hozam-előrejelzések és tényleges hozamok értékeit összehasonlító ábrák.

Lágyszárú tüzelési alapanyag erőművek részére történő értékesítése során – ha úgy tetszik a biomassza piacon – a beszállítók, vagyis a gazdálkodók árkövetők. Az erőművek által megszabott árhoz igazítják az értékesített biomassza mennyiségét. A nemzetközi szakirodalomban két gyakori megállapítással találkozhatunk a *Miscanthus* átvételi árával kapcsolatban. Egyrészt a piac fejletlensége, kialakulatlansága miatt a növénynek még nincs megbízható, viszonyítási alapot nyújtó piaci ára (SHERRINGTON & MORAN, 2010). Másrészt a szakirodalomban feltételezett árak gyakran túl alacsonyak ahhoz, hogy a *Miscanthust* versenyképessé tegyék egyéb, hagyományos szántóföldi növényekkel szemben (ALEXANDER & MORAN, 2013). A különböző országokból érkező átvételi árak összehasonlítása nehézkes, ugyanis azt számos esetben az energiatartalomhoz kötik, gyakran pedig tömegre adják meg. Az energiatartalom, illetve nedvességtartalom ismeretének hiányában az összehasonlítás igen problematikus (WITZEL & FINGER, 2015). MsT esetében az erőművek az átvételi ár nagyságát 1 tonna szárazanyagra vetítve határozták meg, 15-20 %-os maximális nedvességtartalom mellett. Az átvételi ár a szakirodalomban 48,56 EUR/t és 134 EUR/t között ingadozik, az átlagár pedig 48,56 EUR/t és 108 EUR/t közé esik, szárazanyagra vetítve (ALEXANDER ET AL., 2013; JAIN ET AL., 2010 IN: WITZEL & FINGER, 2015). A fosszilis tüzelőanyagok árának változékonyságából kiindulva a *Miscanthus* átvételi ára esetében is bizonytalanságok várhatók. BOCQUÉHO & JACQUET (2010) szerint a növény árának ingadozása a búza árának változását követi, ezért 15 % és 35 %-os koefficienst alkalmaz az áringadozás mérésére, alacsony, illetve magas változékonysággal számoló szcenáriók esetén, 70 EUR/t átvételi ár mellett (WITZEL & FINGER, 2015). A növény átvételi árára vonatkozó általános ár megállapítása szinte lehetetlen kihívást jelent a kutatók számára. A 21. ábra az EU-ból és Észak-Amerikából származó, *Miscanthusra* vonatkozó piaci árak minimumát, maximumát és az átlagos értékek szórását mutatja be.



21. ábra: *Miscanthus* ültetvények különböző országokból származó minimális, maximális ára, illetve az átlagos átvételi ár szórása, 2015 (WITZEL & FINGER, 2015)

A *Miscanthus* átvételi ára körüli bizonytalanság és kockázat mértékének csökkentésére jó megoldás lehet a biomassza felhasználó erőművek és a növény termesztésében gondolkodó gazdák között hosszú távú szálasanyag szállítási szerződések megkötése, amelyek fix (évenként inflációval növelt) áron garantálnak bizonyos átvételi mennyiséget. ALEXANDER & MORAN (2012) és SHERRINGTON & MORAN (2010) szerint a meghatározott kereslet, illetve rögzített átvételi ár kulcsfontosságú tényezők a *Miscanthus* termesztés előmozdításában. ERICSSON ET AL. (2009), illetve BOCQUÉHO & JACQUET (2010) megállapította, hogy a keresletet generáló erőművek és az azokat ellátó beszállítók között kötött szállítási szerződések kínálta kockázatmegosztás a növény termesztésének előfeltétele (WITZEL & FINGER, 2015). Számos kutató az átvételi ár becslése helyett a *Miscanthus* fedezeti pontját állapítja meg. Ez az a minimális ár, amennyiért a növény zéró profittal eladható, vagyis fedezi a termesztésének teljes költségét (KHANNA ET AL., 2011; JAMES ET AL., 2010; DEVERELL ET AL., 2009; ARAVINDHAKSHAN ET AL., 2010 IN: WITZEL & FINGER, 2015). A szakirodalomban 36 EUR/t és 284 EUR/t közötti fedezeti pontokról számolnak be a kutatók, az átlagos érték 76,11 EUR/t (VAVROVA & KNAPEK, 2012; SCHEFFRAN & BENDOR, 2009). A 36 EUR/t fedezeti pontot a föld lehetőségköltségének figyelmen kívül hagyásával számította SCHEFFRAN & BENDOR (2009). Miután ezt számításba vették, az értéke 51,21 EUR/t-ra emelkedett. Az átlagos piaci árral (72,82 EUR/t) történő összehasonlítást követen kiderült, hogy a *Miscanthus* fedezeti pontja némileg magasabb annál (76,11 EUR/t). Ez a megállapítás akár előirányozhatná, hogy a növény termesztése gazdaságilag nem hatékony. Ám mivel az eredmény nem általánosan érvényes és reprezentatív – mert csak alacsony számú adatbázis értékelése alapján született –, valamint mindössze 3,29 EUR/t eltérés figyelhető meg a két érték között, messzemenő, elhamarkodott következtetéseket nem érdemes levonni belőlük (WITZEL & FINGER, 2015). A potenciális gazdálkodók *Miscanthus* termesztésére irányuló döntéseinek meghozatalát utóbbi megállapításnak nem szabad érdemben befolyásolnia. A fedezeti pont minél pontosabb meghatározása, illetve csökkentése érdekében további széleskörű, gyakorlati jellegű kutatásra és tapasztalatgyűjtésre van szükség, melyek hozzájárulhatnak a *Miscanthus*, mint biomassza-forrás versenyképességének növeléséhez (WITZEL & FINGER, 2015).

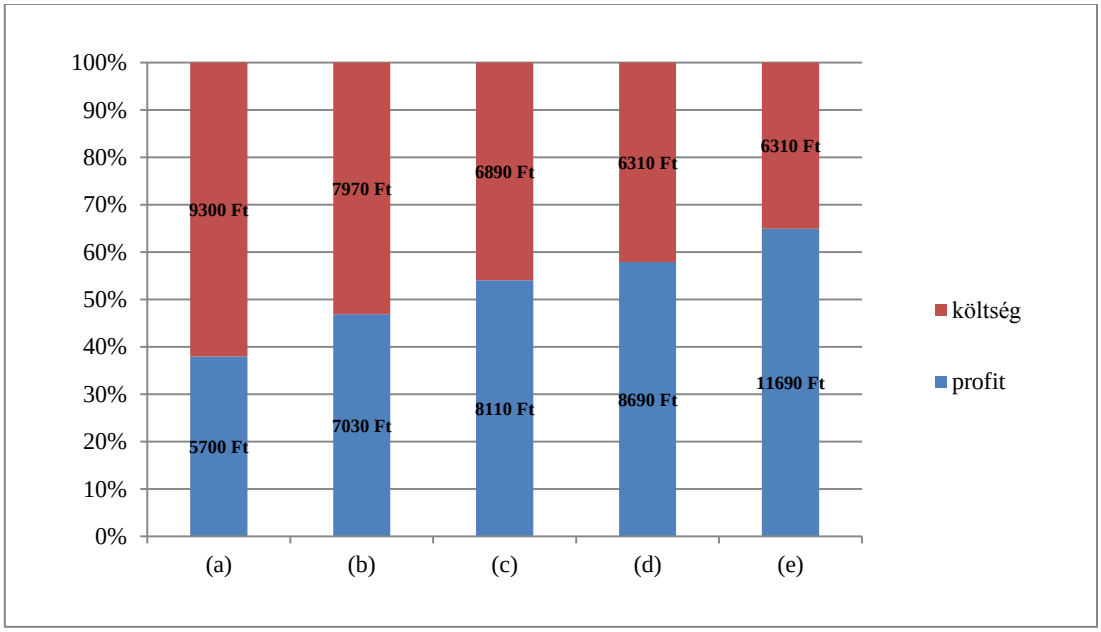
A hazai biomassza piacon az MsT-vel színre lépő Parképítő Zrt., mint erőműi beszállító, árkövető volt. Az „energianád” átvételi árát az erőművek a tüzelési alapanyagként döntően használt búzaszalma piaci árához igazították, ez 2009-2012 között átlagosan 15.000 Ft/t volt. A 17. táblázat a 15. táblázatban szereplő, különböző szcenáriók alapján felálló (3.) számú költségcsoport 1 tonnára meghatározott értékeit veti össze a növényért fizetett átvételi árral. A kettő különbözete a profit, amely a különböző szcenáriók esetén jelentős eltérést mutat. A 16. táblázatban bemutatott (a), (b), (c) és (d) feltételrendszert az alábbi táblázatban kiegészítettem egy újabb változó, az átvételi ár bevezetésével. A korábbi négy esetben ezt az árat 15.000 Ft/t-nak feltételeztem. Az alábbi ábrán megjelenő (e) oszlopban 500 kg tömegű bálák, 40 km-es szállítási távolság, 18 t/ha biomassza-hozam és 18.000 Ft/t átvételi ár figyelembevételével számítottam ki az 1 t MsT értékesítésével elérhető profit mértékét.

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Hozam (t/ha)	12	12	12	18	18
Bálatömeg (kg)	400	500	500	500	500
Szállítási távolság (km)	120	120	40	40	40

Munkafolyamat	*Munkagép típusa*	*Költség*		*Átszámított költség (Ft/t)*				
Szárzúzás	MTZ-820-as traktor + RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzó	15 000	*Ft/ha*	1 250	1 250	1 250	835	835
Rendsodrás	Massey Ferguson 5435-ös erőgép + Claas Liner 390-es kardános rendsodró	6 000		500	500	500	335	335
Bálázás	John Deere traktor + Krone BigPack 1290 HDP típusú nagy hasábbálázó	1 800	*Ft/db*	4 500	3 600	3 600	3 600	3 600
Bálák összehordása + kamionra rakása	Hitachi / Bobcat / Manitou munkagépek	500		1 250	1 000	1 000	1 000	1 000
Erőműbe történő beszállítás	Man, Mercedes kamion (24 t)	1 800	*Ft/t*	1 800	1 620	540	540	540
ÖSSZESEN				9 300	7 970	6 890	6 310	6 310
ÁTVÉTELI ÁR				*15 000*	*15 000*	*15 000*	*15 000*	*18000*
PROFIT				5 700	7 0300	8 110	8 690	11 690

17. táblázat: 1 t MsT betakarításának és elszállításának költsége összehasonlítva eltérő erőműi átvételi árakkal, különböző hozamok, bálatömeg és szállítási távolság mellett, 2015

Megfigyelhető, hogy növekvő bálatömeg, alacsonyabb szállítási távolság és megemelkedett (feltételezett) biomassza-hozam alapján számított betakarítási és beszállítási költségek mellett MsT biomassza erőművek részére történő értékesítéséből egyre növekvő mértékű profit realizálható. Szintén növeli a profitot a piaci átvételi ár emelkedése. Ennek alapján megállapítható, hogy az MsT eladásából származó profit mértéke igen érzékeny a bálatömegre, a szállítási távolság és átvételi ár mértékére, illetve az 1 hektáron elérhető hozam mennyiségére. A 22. ábra a fenti 17. táblázatban szereplő adatok alapján szemlélteti az 1 t MsT „energianád” hazai erőművek részére történő értékesítése során keletkező profit mértékét, a különböző nagyságú betakarítási költségek és piaci ár figyelembe vétele mellett.



22. ábra: 1 t MsT erőművek részére történő értékesítése során realizált profit mértékének változása, különböző bálatömeg, szállítási távolság, hozamok és átvételi ár esetén, 2015

A profitemelkedés szembetűnő mértékű. A fentiek alapján megállapítható, hogy az MsT „energianád" betakarítási munkáinak egyes fázisai költségmegtakarítás szempontjából javíthatók. Eredményes megoldás a bálák tömörségéből, tömegnövekedéséből származó igen jelentős költségcsökkenés, illetve a szárzúzás – rendsodrás – bálázás munkafázisok – a 4.1.7.3 fejezetben bemutatott, Luxemburgban alkalmazott technológiához hasonló – egymenetessé történő összekapcsolása. Tovább javítja a rentabilitást a biomassza átvételi árának emelkedése, illetve a közúti szállítási távolság minimalizálása.

A *Miscanthus* termesztésének ökonómiai kérdéseit vizsgáló számos szakirodalomban az állami, illetve egyéb kiegészítő támogatások juttatása a gazdálkodók számára alapkövetelményként jelenik meg a különböző *Miscanthus* fajok egyéb alternatív energianövényekkel szembeni versenyképességének növelése érdekében. A növény termesztésével kapcsolatos igen magas beruházási költségek miatt a különböző formában nyújtható telepítési támogatás, illetve annak mértéke a gazdálkodók számára az egyik legfontosabb előfeltétele a *Miscanthus* termesztés megkezdésének. Ha összehasonlítjuk a megfelelő támogatási rendszert fenntartó Egyesült Királyságban, illetve az egységes állami támogatást nem garantáló Németországban telepített *Miscanthus* ültetvények nagyságát (~ 10.000 ha, illetve ~ 4.500 ha), arra a következtetésre juthatunk, hogy az elérhető támogatások rendszere megfelelő mértékben képes motiválni a gazdálkodókat a növényre alapozott gazdálkodás megkezdésére (WITZEL & FINGER, 2015).

A hazai nemesítésű MsT magyarországi termesztésének elterjesztésében jelentős szerepet tölthetne be a növény telepítése évében nyújtott telepítési támogatási rendszer ismételt beindítása, a kezdeti igen magas – az átlagos forgótőkével rendelkező gazdálkodókat elrettentő – telepítési költség enyhítése érdekében. A Parképítő Zrt. 2008-2011 közötti telepítési költségeinek redukálásában segítséget jelentett a korábbi években kiírt fás-, és lágyszárú energetikai ültetvények telepítési támogatása, melyet egyszer lehetett igényelni. A támogatás célja alternatív kultúraválasztási lehetőség biztosítása, az eróziós és belvíz okozta károk mérséklése, a kedvezőtlen talajszerkezet javítása, a megújuló energiaforrások

széleskörű elterjesztése, a vidéki lakosság foglalkoztatottságának és életszínvonalának javítása volt. Ezt a támogatást a Parképítő Zrt. 2011-ben kapta meg utoljára (MVH, 2011).

A támogatás a következő fontosabb feltételek teljesülése mellett lehetett igénybe venni:

- nádfélék esetében kórokozóktól mentes szaporítóanyagot lehetett felhasználni,
- évelő, lágyszárúak telepítéséről telepítési napló vezetése volt szükséges,
- a beruházást a támogatási határozat kézhezvételétől számított 12 hónapon belül be kellett fejezni, legalább a telepítéstől számított 5 évig az energiaültetvényt fenn kellett tartani,
- évelő lágyszárú telepítéséhez agrár / kertész szakember által készített telepítési tervet kellett vezetni (mely talajtani szakvéleményt is tartalmaz), fás szárú esetében jogerős telepítési engedéllyel kellett rendelkezni, a termés értékesítését biztosító legalább 5 évre szóló előszerződést, szerződést kellett kötni, a saját célú felhasználás vállalásáról nyilatkozni kellett,
- a 15 millió Ft, vagy azt meghaladó támogatási igényű kérelem esetén üzleti terv készítése volt szükséges,
- a legkisebb támogatható parcella nagysága 1 ha volt.

A támogatás mértéke maximum 250.000 Ft/ha, a beruházás összes elszámolható kiadásának legfeljebb 40 %-a volt. A támogatás maximális összege ügyfelenként és évente 735.000 EUR-nak megfelelő forint összeg volt.

A fenti kritériumoknak a Parképítő Zrt. hiánytalanul megfelelt. A telepítési támogatás kifizetése ennek ellenére nehézkesnek, akadozónak bizonyult. Az igényelt teljes összeg alig felét másfél éves késéssel kapta meg a vállalat. Különböző okokból 2012-ben már nem írták ki a telepítési támogatást. A Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal honlapján a következő sorok voltak olvashatók: „az Európai Unió szabályozása alapján már nem adható az energianövények kiegészítő támogatása. Ezért a 2012. évi egységes kérelemkitöltő program sem kínálja fel azokat a mezőket, amelyben igényelni lehetne ezt támogatást” (MVH, 2014).

Az MsT igen magas telepítési költségét és a későbbi, éves fenntartási, betakarítási munkák költségeit mérsékeli az EU-tól kapható terület alapú támogatás. Az EU által finanszírozott egységes területalapú támogatás (Single Area Payment Scheme – SAPS) a föld hasznosításától függetlenül igényelhető a közösségi jogszabályok által meghatározott területekre. A támogatás jogosultja a föld jogszerű használója. Az uniós közvetlen egységes területalapú támogatás forrása az adott támogatási évre az EU Bizottsága által rendeletben meghatározott összeg. Ezt az összeget az úgynevezett SAPS-területtel (bázisterülettel) elosztva adódik a maximális hektáronkénti támogatás. A támogatás mértékét a Vidékfejlesztési Minisztérium (VM) rendelete határozza meg (MVH, 2011). A támogatás tehát más szántóföldi kultúrák után is igényelhető, vagyis nem csökkenti az MsT egyéb növényekkel szembeni lehetőségköltségét.

A területalapú támogatás mértéke az utóbbi években 45.000-68.000 Ft/ha volt évente, mely évről-évre növekszik. Ez az összeg nagyjából fedezi az éves földbérleti díjat, MsT ültetvény átlagos talajminőségű területen való termesztése során. Ha saját területen történik a növény termesztése, akkor a támogatás minden évben plusz bevételt jelent a gazdálkodó számára, gyorsítva ezzel a beruházás megtérülésének idejét.

4.3.5 Nettó jelenérték számítás

A *Miscanthus* ültetvények rentabilitásának vizsgálatára a leggyakrabban használt módszer a nettó jelenérték (NPV) számítás. Az MsT nettó jelenértékének meghatározására gyakorlati tapasztalatok alapján a következő feltételrendszert állítottam fel:

- az különböző fejlettségi fokú, eltérő életkorú MsT ültetvényekről betakarítható biomassza-mennyisége az ültetvények korosodásával emelkedik; a 9-11. években éri el a csúcsot (20 t/ha), majd a 20 éves életkor végéig fokozatosan csökken (CHRISTIAN ET AL. (2008) feljegyzései nyomán),
- az MsT betakarítás során nagy hasábbálák készültek, melyek mérete 220 x 90 x 120 cm, tömege átlagosan 400 kg,
- az MsT nagy hasábbálából átlagosan 46 db fér fel egy 24 tonnás kamionra,
- a közúti forgalomban megengedett legnagyobb, 24 t összteherbírású kamionra szabályosan felrakható, bálázott formájú biomassza tömege maximum 20 t (500 kg tömegű bálák készítésével), így 1 ha ültetvény csúcshozama is egy fordulóval beszállítható a végfelhasználó erőművekhez,
- az ültetvények betakarítása a telepítést követő 3. évben indul,
- a közúti szállítás díját 270 Ft/km-ben állapítottam meg (5 különböző árajánlat alapján, 2015-ben),
- az MsT ültetvények és a végfelhasználó erőművek (Vértesi Erőmű Zrt., Bokod, Hungrana Kft., Szabadegyháza) közötti átlagos közúti szállítási távolság átlagosan 60 km (oda-vissza 120 km),
- az ültetvények felszámolása a telepítést követő 20. évben történik, az éves betakarítás elvégzését követően,
- a tőkeköltség és a föld lehetőségköltségének számszerűsítésére 5 %-os diszkontrátát, illetve további 1,5 %-os kockázati rátát alkalmaztam (összesen 6,5 %), a növény termesztésével kapcsolatos bizonytalanságok figyelembe vétele érdekében,
- az éves infláció mértékét az egyszerűség kedvéért 1,5 %-ban határoztam meg, a különböző tételek ára minden évben ennyivel emelkedett (*Megj.*: normál esetben az árak számos piaci tényező hatására, valószínűleg eltérő mértékben emelkednek, de ennek megállapítása, megjósolása igen nehézkes feladat, ezért egy átlagos, 1,5 %-os értékkel számoltam.),
- a következő táblázatokban az (1)-(3). költségcsoportokban szereplő, 1 hektárra vonatkozó tételeket, illetve a (4). csoportban helyet kapó piaci átvételi árat és területalapú támogatást jelenítettem meg,
- fenti feltételek azonosak a 4.3.4 fejezetben szereplő, 17. táblázat (a) oszlop értékeinek meghatározása során használt feltételrendszer elemeivel (92. old.).

Az 1 ha MsT ültetvény létesítésébe és üzemeltetésébe történő beruházás nettó jelenérték számítását a fenti tényezők figyelembe vételével végeztem el. Az így kapott eredményt a 18. táblázat mutatja be (Cash Flow Nettó Jelenértéke a bal alsó sarokban), 1 ha „energianád" ültetvényre vetítve. A 19. táblázat a számítás alapját képező feltételrendszert szemlélteti, amelyben az (1)-(3.) költségcsoport, illetve a (4.) csoport tételeinek 1,5 %-os éves inflációval növelt értékei foglalnak helyet, a növény 20 éves élettartamára vetítve.

OUTPUT

Cash Flow (Ft/ha)

Évek száma		**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**Total / Atlag**
Bevétel		**68 000**	**69 020**	**70 055**	**227 958**	**263 218**	**299 485**	**336 781**	**375 128**	**380 754**	**420 768**	**427 079**	**433 485**	**404 119**	**410 181**	**379 381**	**385 071**	**352 778**	**319 429**	**324 220**	**289 275**	**212 803**	**6 448 988**
(4.) csoport (Ft)	árbevétel (15.000 Ft/t)	-	-	-	156 852	191 045	226 230	262 426	299 658	304 153	343 017	348 162	353 385	322 817	327 659	295 621	300 056	266 487	231 844	235 321	199 043	121 217	4 784 993
	kiegészítő támogatások (terület alapú támogatás)	68 000	69 020	70 055	71 106	72 173	73 255	74 354	75 469	76 601	77 751	78 917	80 101	81 302	82 522	83 759	85 016	86 291	87 585	88 899	90 233	91 586	1 663 996
Kiadás		**-585 000**	**-112 665**	**-62 844**	**-121 194**	**-135 218**	**-149 635**	**-164 454**	**-179 684**	**-182 379**	**-198 264**	**-201 238**	**-204 256**	**-193 571**	**-196 474**	**-185 256**	**-188 035**	**-176 262**	**-164 094**	**-166 555**	**-153 794**	**-164 931**	**-3 885 802**
Beruházás		***-524 000***	***-50 750***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***-39 809***	***-614 559***
(1.) csoport (Ft)	szaporítóanyag beszerzése / előállítása (75. old.)	-456 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-456 000
	talaj-előkészítés (77. old.)	-23 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-23 000
	telepítés (77. old.)	-45 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-45 000
	elhalt növények pótlása (78. old.)	-	-50 750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-50 750
	ültetvény felszámolása (77. old.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-39 809	-39 809
Üzemeltetés		***-61 000***	***-61 915***	***-62 844***	***-121 194***	***-135 218***	***-149 635***	***-164 454***	***-179 684***	***-182 379***	***-198 264***	***-201 238***	***-204 256***	***-193 571***	***-196 474***	***-185 256***	***-188 035***	***-176 262***	***-164 094***	***-166 555***	***-153 794***	***-125 123***	***-3 271 243***
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	-56 000	-56 840	-57 693	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-170 533
	ültetvény körbenyírása (78. old.)	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228	-5 307	-5 386	-5 467	-5 549	-5 632	-5 717	-5 803	-5 890	-5 978	-6 068	-6 159	-6 251	-6 345	-6 440	-6 537	-6 635	-6 734	-122 353
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás (81. old.)	-	-	-	-15 685	-15 920	-16 159	-16 402	-16 648	-16 897	-17 151	-17 408	-17 669	-17 934	-18 203	-18 476	-18 753	-19 035	-19 320	-19 610	-19 904	-20 203	-321 379
	rendsodrás (81. old.)	-	-	-	-6 274	-6 368	-6 464	-6 561	-6 659	-6 759	-6 860	-6 963	-7 068	-7 174	-7 281	-7 391	-7 501	-7 614	-7 728	-7 844	-7 962	-8 081	-128 552
	bálázás (1.800 Ft/db) (81. old.)	-	-	-	-47 056	-57 314	-67 869	-78 728	-89 897	-91 246	-102 905	-104 449	-106 015	-96 845	-98 298	-88 686	-90 017	-79 946	-69 553	-70 596	-59 713	-36 365	-1 435 498
	bálák összehordása + kamionra rakása (500 Ft/db) (81. old.)	-	-	-	-13 071	-15 920	-18 852	-21 869	-24 972	-25 346	-28 585	-29 014	-29 449	-26 901	-27 305	-24 635	-25 005	-22 207	-19 320	-19 610	-16 587	-10 101	-398 749
	bálák beszállítása erőművekbe (81. old.)	-	-	-	-33 880	-34 388	-34 904	-35 428	-35 959	-36 498	-37 046	-37 602	-38 166	-38 738	-39 319	-39 909	-40 508	-41 115	-41 732	-42 358	-42 993	-43 638	-694 180
Cash Flow		**-517 000**	**-43 645**	**7 212**	**106 764**	**128 000**	**149 850**	**172 327**	**195 444**	**198 375**	**222 504**	**225 841**	**229 229**	**210 548**	**213 707**	**194 125**	**197 037**	**176 516**	**155 335**	**157 665**	**135 482**	**47 872**	**2 563 187**
Tőkeköltség		6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,5%
Cash Flow Jelenértéke		-517 000	-40 981	6 358	88 384	99 498	109 373	118 101	125 769	119 865	126 238	120 312	114 663	98 891	94 248	80 387	76 613	64 445	53 251	50 751	40 948	13 586	
Cash Flow Nettó Jelenértéke		**1 043 700**																					

18. táblázat: 1 ha MsT ültetvény létrehozásának és üzemeltetésének nettó jelenértéke, 2015

FELTÉTELEZÉSEK

Egységárak

Évek száma			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(1.) csoport (Ft)	szaporítóanyag beszerzése / előállítása	Ft / hektár	-456 000	-462 840	-469 783	-476 829	-483 982	-491 242	-498 610	-506 089	-513 681	-521 386	-529 207	-537 145	-545 202	-553 380	-561 681	-570 106	-578 657	-587 337	-596 147	-605 090	-614 166
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	talaj-előkészítés	Ft / hektár	-23 000	-23 345	-23 695	-24 051	-24 411	-24 778	-25 149	-25 526	-25 909	-26 298	-26 692	-27 093	-27 499	-27 912	-28 330	-28 755	-29 187	-29 624	-30 069	-30 520	-30 978
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	telepítés	Ft / hektár	-45 000	-45 675	-46 360	-47 056	-47 761	-48 478	-49 205	-49 943	-50 692	-51 453	-52 224	-53 008	-53 803	-54 610	-55 429	-56 260	-57 104	-57 961	-58 830	-59 713	-60 608
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	elhalt növények pótlása	Ft / hektár	-50 000	-50 750	-51 511	-52 284	-53 068	-53 864	-54 672	-55 492	-56 325	-57 169	-58 027	-58 897	-59 781	-60 678	-61 588	-62 512	-63 449	-64 401	-65 367	-66 348	-67 343
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	ültetvény felszámolása	Ft / hektár	-30 000	-30 450	-30 907	-31 370	-31 841	-32 319	-32 803	-33 295	-33 795	-34 302	-34 816	-35 338	-35 869	-36 407	-36 953	-37 507	-38 070	-38 641	-39 220	-39 809	-40 406
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	Ft / hektár	-56 000	-56 840	-57 693	-58 558	-59 436	-60 328	-61 233	-62 151	-63 084	-64 030	-64 990	-65 965	-66 955	-67 959	-68 978	-70 013	-71 063	-72 129	-73 211	-74 309	-75 424
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	ültetvény körbenyírása	Ft / hektár	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228	-5 307	-5 386	-5 467	-5 549	-5 632	-5 717	-5 803	-5 890	-5 978	-6 068	-6 159	-6 251	-6 345	-6 440	-6 537	-6 635	-6 734
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	Ft / hektár	-15 000	-15 225	-15 453	-15 685	-15 920	-16 159	-16 402	-16 648	-16 897	-17 151	-17 408	-17 669	-17 934	-18 203	-18 476	-18 753	-19 035	-19 320	-19 610	-19 904	-20 203
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	rendsodrás	Ft / hektár	-6 000	-6 090	-6 181	-6 274	-6 368	-6 464	-6 561	-6 659	-6 759	-6 860	-6 963	-7 068	-7 174	-7 281	-7 391	-7 501	-7 614	-7 728	-7 844	-7 962	-8 081
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálázás (1.800 Ft/db)	Ft / db	-1 800	-1 827	-1 854	-1 882	-1 910	-1 939	-1 968	-1 998	-2 028	-2 058	-2 089	-2 120	-2 152	-2 184	-2 217	-2 250	-2 284	-2 318	-2 353	-2 389	-2 424
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálák összehordása + kamionra rakása	Ft / db	-500	-508	-515	-523	-531	-539	-547	-555	-563	-572	-580	-589	-598	-607	-616	-625	-634	-644	-654	-663	-673
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálák beszállítása erőművekbe	Ft / km	-270	-274	-278	-282	-287	-291	-295	-300	-304	-309	-313	-318	-323	-328	-333	-338	-343	-348	-353	-358	-364
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(4.) csoport (Ft)	átvételi ár	Ft/ tonna	15 000	15 225	15 453	15 685	15 920	16 159	16 402	16 648	16 897	17 151	17 408	17 669	17 934	18 203	18 476	18 753	19 035	19 320	19 610	19 904	20 203
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	kiegészítő támogatások / (terület alapú támogatás)	Ft	68 000	69 020	70 055	71 106	72 173	73 255	74 354	75 469	76 601	77 751	78 917	80 101	81 302	82 522	83 759	85 016	86 291	87 585	88 899	90 233	91 586
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	

Egyéb paraméterek

Évek száma			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	hozam (t/ha)		0	0	0	10	12	14	16	18	18	20	20	20	18	18	16	16	14	12	12	10	6
(3.) csoport (Ft)	bála tömege	kg	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
	szállítási távolság	km	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120

Tőkeköltség / lehetőségköltség

Évek száma	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Teljes	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
Alap	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Kockázati prémium	1,50%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%

19. táblázat: 1 ha MsT ültetvény létrehozásának és üzemeltetésének nettó jelenérték számításához kapcsolódó feltételek, 2015

A 19. táblázatból látszik, hogy fenti feltételrendszer megvalósulása mellett 1 ha MsT ültetvény telepítésébe, majd 20 éven át tartó üzemeltetésébe és hasznosításába történő beruházás nettó jelenértéke *1.043.700 Ft*. Ennek alapján megállapítható, hogy gazdaságilag kifizetődő a növény termesztésébe pénzt fektetni. Megfigyelhető továbbá, hogy a 10-15. években, illetve 16-18. években keletkező árbevételek között minden évben ellentétes tendencia lép fel. Ennek oka, hogy a 10. és 11. évben azonos a biomassza-hozam (20 t), viszont az átvételi ár és a területalapú támogatás összege nagyobb mértékben emelkedik, mint a betakarítás és a beszállítás költsége, ezért nő az árbevétel. A 12. évben a 11. évvel szemben már csak 18 t a hozam, ez okozza az árbevétel csökkenését. A következő évben ugyanekkora a hozam, viszont az átvételi ár és a támogatások mértéke megint csak nagyobb mértékben emelkedik, mint az ültetvény üzemeltetésével kapcsolatos költségek. A 15. évig, majd a 16-18. években ugyanezen okok miatt jelentkezik ellentétes tendencia. Megállapítható továbbá, hogy a beruházás a növény telepítését követő 6. évben már plusz bevételt generál (az első 6 év Cash Flow-jának összesített értéke itt fordul át negatívból pozitívba), egészen a feltételezett élettartam utolsó, 20. évéig, az ültetvény felszámolásáig. Addig a pontig (évig), amíg az MsT őrzi bevételteremtő képességét, gazdaságilag oktalan az ültetvény kiszántása. A 4.3.4 fejezet megállapítása alapján az MsT eladásából származó profit igen érzékeny a bálatömegre, a szállítási távolság és átvételi ár mértékére, valamint az 1 hektáron elérhető hozam mennyiségére. Ebből kifolyólag az imént felsorolt faktoroknak a beruházás nettó jelenértékére is erőteljes hatásuk van. Ezt a hatást hivatottak bemutatni a 20-23. táblázatok, melyek alapját a 4.3.4 fejezetben leírt (b), (c), (d), (e) feltételrendszerek (17. táblázat) képezik. Ennek megfelelően az ábrák a következő körülmények megvalósulása során számított nettó jelenértéket mutatják be:

- 20. táblázat: a 19. táblázatban szereplő éves hozamok, Krone BigPack 1290 HDP II típusú bálázóval kötött, *500 kg* tömegű bálák, 120 km-es közúti szállítási távolság, 15.000 Ft/t átvételi ár,
- 21. táblázat: a 19. táblázatban szereplő éves hozamok, 500 kg tömegű bálák, *40 km-es* szállítási távolság (pl.: a Pannon Hőerőmű Zrt. részére, Pécsre, beszállító biomassza-termesztők, akiknek földjei az erőmű közelében terülnek el, ennyire alacsony szállítási távolsággal szembesülnek), 15.000 Ft/t átvételi ár,
- 22. táblázat: a 19. táblázatban szereplő éves biomassza-hozamokat alapul véve, CHRISTIAN ET AL. (2008) feljegyzései nyomán a telepítést követő 3. évtől kezdődően minden évben *+ 2 t/ha hozam*, 500 kg tömegű bálák, 40 km-es szállítási távolság, 15.000 Ft/t átvételi ár,
- 23. táblázat: a 22. táblázatban szereplő éves biomassza-hozamok, 500 kg tömegű bálák, 40 km-es szállítási távolság, állami szabályozás / a biomassza piacon esetlegesen fellépő tüzelési alapanyag-hiány miatt megemelkedett, *18.000 Ft/t* átvételi ár.

Az alábbi ábrákon a 18. táblázatból kiemelt, annak bal alsó sarkában lévő „Cash Flow Nettó Jelenértéke” elmozdulásai láthatók. A teljes méretű ábrák az azokat körülíró feltételrendszereket tartalmazó ábrákkal együtt a 3. Mellékletben szerepelnek.

Üzemeltetés		***-61 000***	***-61 915***	***-62 844***	***-109 169***
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	-56 000	-56 840	-57 693	-
	ültetvény körbenyírása	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	-	-	-	-15 685
	rendsodrás	-	-	-	-6 274
	bálázás (1.800 Ft/db)	-	-	-	-37 644
	bálák összehordása + kamionra rakása (500 Ft/db)	-	-	-	-10 457
	bálák beszállítása erőművekbe	-	-	-	-33 880
Cash Flow		**-517 000**	**-43 645**	**7 212**	**118 789**
Tőkeköltség		6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
Cash Flow Jelenértéke		-517 000	-40 981	6 358	98 339
Cash Flow Nettó Jelenértéke		**1 230 696**			

20. táblázat: 1 ha MsT ültetvény létrehozásának és üzemeltetésének nettó jelenértéke, (b) jelű feltételek mellett, 2015

Üzemeltetés		***-61 000***	***-61 915***	***-62 844***	***-86 582***
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	-56 000	-56 840	-57 693	-
	ültetvény körbenyírása	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	-	-	-	-15 685
	rendsodrás	-	-	-	-6 274
	bálázás (1.800 Ft/db)	-	-	-	-37 644
	bálák összehordása + kamionra rakása (500 Ft/db)	-	-	-	-10 457
	bálák beszállítása erőművekbe	-	-	-	-11 293
Cash Flow		**-517 000**	**-43 645**	**7 212**	**141 376**
Tőkeköltség		6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
Cash Flow Jelenértéke		-517 000	-40 981	6 358	117 038
Cash Flow Nettó Jelenértéke		**1 461 369**			

21. táblázat: 1 ha MsT ültetvény létrehozásának és üzemeltetésének nettó jelenértéke, (c) jelű körülmények megvalósulása mellett, 2015

Üzemeltetés		*-61 000*	*-61 915*	*-62 844*	*-96 202*
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	-56 000	-56 840	-57 693	-
	ültetvény körbenyírása	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	-	-	-	-15 685
	rendsodrás	-	-	-	-6 274
	bálázás (1.800 Ft/db)	-	-	-	-45 173
	bálák összehordása + kamionra rakása (500 Ft/db)	-	-	-	-12 548
	bálák beszállítása erőművekbe	-	-	-	-11 293
Cash Flow		**-517 000**	**-43 645**	**7 212**	**163 126**
Tőkeköltség		6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
Cash Flow Jelenértéke		-517 000	-40 981	6 358	135 044
Cash Flow Nettó Jelenértéke		**1 683 499**			

22. táblázat: 1 ha MsT ültetvény létrehozásának és üzemeltetésének nettó jelenértéke, (d) jelű körülmények között, 2015

Üzemeltetés		*-61 000*	*-61 915*	*-62 844*	*-96 202*
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	-56 000	-56 840	-57 693	-
	ültetvény körbenyírása	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	-	-	-	-15 685
	rendsodrás	-	-	-	-6 274
	bálázás (1.800 Ft/db)	-	-	-	-45 173
	bálák összehordása + kamionra rakása (500 Ft/db)	-	-	-	-12 548
	bálák beszállítása erőművekbe	-	-	-	-11 293
Cash Flow		**-517 000**	**-43 645**	**7 212**	**200 770**
Tőkeköltség		6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
Cash Flow Jelenértéke		-517 000	-40 981	6 358	166 207
Cash Flow Nettó Jelenértéke		**2 235 390**			

23. táblázat: 1 ha MsT ültetvény létrehozásának és üzemeltetésének nettó jelenértéke, (e) jelű feltételek esetén, 2015

Megállapítható, hogy a beruházás Cash Flow-jának Nettó Jelenértéke igen jelentős mértékben növekszik az MsT bálák tömegének-, az átvételi ár mértékének-, illetve az 1 ha ültetvényről betakarított hozam mennyiségének emelkedése hatására, valamint a közúti szállítási távolság csökkenése során. A 23. táblázatban (igen ideális feltételek mellett) az 1 ha MsT ültetvény létesítésére és üzemeltetésére fordított beruházás nettó jelenértéke több mint kétszerese a 18. táblázatban szereplő értéknek (2.235.390 Ft és 1.043.700 Ft). Az ültetvény telepítésével,

üzemeltetésével és betakarításával kapcsolatos munkák árszínvonala megegyezik mindkét ábrán. A feltételezett körülmények váltak ideálisabbá és befolyásolták pozitív irányba a beruházás nettó jelenértékét.

Mindezek ismeretében kijelenthető, hogy MsT „energianád" termesztése és hasznosítása fenti körülmények között gazdaságosan végezhető. A kezdeti igen magas beruházási költség a 6. évi betakarítást követően megtérülhet és innét kezdve a növény 14-19 éven keresztül – minimális összegű fenntartási kötelezettség betartása mellett – bevételt teremt a gazdálkodó számára. Mivel évelő növény, így termesztése során nem kell minden évben elvégezni a hagyományos egynyári szántóföldi kultúrákhoz kötődő mezőgazdasági munkákat, vagyis az ültetvények üzemeltetése kevésbé körülményes, mint pl. kukorica, vagy búza termesztése. Mindezek ellenére a különböző *Miscanthus* fajok termesztését napjainkban meglehetősen kockázatosnak ítélik a gazdálkodók. *Miscanthussal* kapcsolatos tapasztalatokon nyugvó, üzemi méretű kísérletek és gyakorlati eredmények hiányában a gazdák vélhetően nem fogják kockáztatni a hosszú évek termesztési tapasztalatai miatt már jól ismert élelmiszernövények termesztéséből keletkező bevételeiket azzal, hogy egy relatíve új, kevésbé ismert növényt, *Miscanthust* telepítenek földjeiken. A növény pozitív megítélésének erősítése-, illetve a benne rejlő potenciális gazdasági lehetőségek felismerése érdekében további kutatások végzése javasolt. Ilyen kutatási terület lehet a növény betakarításának télen, kihasználatlan mezőgazdasági gépekkel történő elvégzése, illetve a folyamattal elérhető árbevétel összehasonlítása a tavaszi betakarítás során tapasztalt eredményekkel.

4.4 AZ MST SZÁLLÍTÁSI HATÁRTÁVOLSÁGA

A szállítási határtávolság azt a távolságot jelenti, amelyen belül árunkat éppen zéró profit elérésével értékesíthetjük. Az MsT szállítási határtávolságának megállapításához a (3.) számú költségcsoport elemeit vetettem össze a biomassza-erőművek által fizetett átvételi ár nagyságával. A 24. táblázatban szereplő költségeket állandónak tekintettem. Ezek kiszámítását a 4.3.3.2 fejezetben található 14. táblázat alapját képező feltételrendszer figyelembe vételével végeztem el, melyek a következők:

- 12 t/ha biomassza-hozam,
- nagy hasábbálák, melyek mérete 220 x 90 x 120 cm, tömege átlagosan 400 kg,
- az MsT nagy hasábbálából ~ 46 db fér fel egy 24 tonnás összteherbírású kamionra,
- az egy fordulóval beszállított, bálázott formájú biomassza tömege így 18 t,
- a közúti szállítás díja 270 Ft/km
- a közúti szállítási távolság 60 km (oda-vissza 120 km).

Ezen tételek figyelembevétele mellett, a szállítási távolság mértékének változtatásával határoztam meg azt a maximális közúti távolságot, amelyen belül még érdemes erőművek részére, nagyhasáb bálák formájában értékesíteni „energianádat", nyereség elérése mellett. Homogén feltételek között, ugyanazon terméket tekintve annak a termelőnek alacsonyabb a haszna, aki távolabbról szállít. A Thünen-féle határköltség-fogalom szerint egy bizonyos szállítási távolságon a szállítási költség már felemészti a teljes jövedelmet. Ezen a ponton van a termék piacra történő szállításának határa. (NAÉRNÉ ÉS ORLOVITS, 2013)

Munkafolyamat	Munkagép típusa	Költség		Átszámított költség Ft/t
Szárzúzás	MTZ-820-as traktor + RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzó	15 000	*Ft/ha*	1 250
Rendsodrás	Massey Ferguson 5435-ös erőgép + Claas Liner 390-es kardános rendsodró	6 000		500
Bálázás	John Deere traktor + Krone BigPack 1290 HDP típusú nagy hasábbálázó	1 800	*Ft/db*	4 500
Bálák összehordása + kamionra rakása	Hitachi / Bobcat / Manitou munkagépek	500		1 250
ÖSSZESEN				7 500
ÁTVÉTELI ÁR				15 000
KÜLÖNBÖZET				7 500

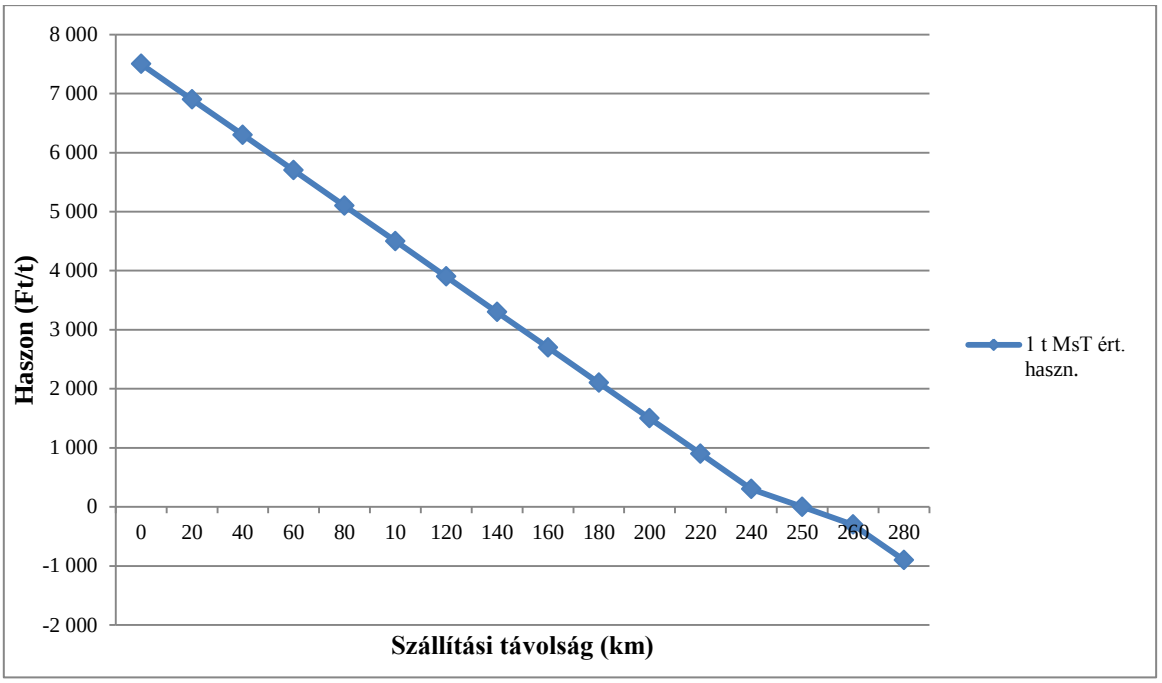
24. táblázat: 1 t MsT betakarításának költsége és a szállításra fordítható összeg mértéke, 2015

Az „energianád” piaci átvételi árát 15.000 Ft-ban állapítottam meg. A piaci árat a betakarítás fix költségeivel csökkentve kapjuk meg azt a maximum összeget, amit szállításra fordítható. A fenti táblázat alapján ez 15.000-7.500 = 7.500 Ft. A 25. táblázat eltérő közúti távolságokat figyelembe véve mutatja be az 1 t MsT értékesítéséből keletkező profit mértékét (tehát azt a teljes összeget, amit még szállításra fordíthatunk), illetve a szállítási határtávolságot. A szállítási távolságok a MsT ültetvény és az erőmű közötti távolságot (egy irányba) jelölik, ezért a számítás során ezek felvett értékét kettővel szoroztam meg. A táblázatban látható, hogy a 14. esetben, 250 km-es szállítási távolságnál (összesen 500 km) adódik a zéró profit. Ez azt jelenti, hogy ilyen távolság fölött minden szállításra költött forint már veszteség, tehát az MsT szállítási határtávolsága fenti körülmények fennállása során 250 km.

A 23. ábra a 25. táblázatban szereplő adatokat ábrázolja grafikusan.

Eset	Bálatömeg (kg)	Felrakható mennyiség (t)	Szárzúzás (Ft/t)	Rendsodrás (Ft/t)	Bálázás (Ft/t)	Bálák összehordása + kamionra rakása (Ft/t)	ÖSSZESEN (Ft)	ÁTVÉTELI ÁR (Ft/t)	Szállítási távolság (km)	Km díj (Ft/km)	Szállítás költsége (Ft/t)	PROFIT (Ft)
1.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	0	270	*0*	7 500
2.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	20	270	*600*	6 900
3.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	40	270	*1 200*	6 300
4.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	60	270	*1 800*	5 700
5.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	80	270	*2 400*	5 100
6.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	100	270	*3 000*	4 500
7.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	120	270	*3 600*	3 900
8.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	140	270	*4 200*	3 300
9.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	160	270	*4 800*	2 700
10.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	180	270	*5 400*	2 100
11.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	200	270	*6 000*	1 500
12.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	220	270	*6 600*	900
13.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	240	270	*7 200*	300
14.	400	18	***1 250***	***500***	***4 500***	***1 250***	***7 500***	***15 000***	***250***	270	***7 500***	***0***
15.	*400*	*18*	*1 250*	*500*	*4 500*	*1 250*	*7 500*	*15 000*	*260*	*270*	*7 800*	*-300*
16.	*400*	*18*	*1 250*	*500*	*4 500*	*1 250*	*7 500*	*15 000*	*280*	*270*	*8 400*	*-900*

25. táblázat: 1 t MsT betakarításának költsége és haszna, változó közúti szállítási távolság mellett, 2015



23. ábra: 1 t MsT erőműi értékesítésének haszna, különböző közúti szállítási távolságok mellett, 2015

Az egyenes 250 km-es távolságnál metszi a vízszintes tengelyt, vagyis ekkora szállítási távolság mellett zéró az „energianád" értékesítésének haszna. Fontos megjegyezni, hogy a közúti szállítási távolságok a földrajzi viszonyok függvényében többszörösei lehetnek a légvonalbeli távolságoknak (PINTÉR ET AL., 2009). Két földrajzi pont légvonalbeli távolságát ezért át kell számolni közúti távolsággá. Hazánkban 1 km légvonalbeli távolság 1,4 km közúti távolsággal egyenértékű (PINTÉR ÉS KISS-SIMON, 2013). A 250 km-es határtávolság a valóságban tehát nem egy koncentrikus kör sugarát jelöli, amelyen belül nyereséggel értékesíthető az MsT. Ez a maximális közúti távolság, ami kb. 180 km-nek felel meg légvonalban. Ilyen távolságon belül még gazdaságosan lehet szállítani az „energianádat" erőművek részére.

Kívánatos a határtávolság kiterjesztése, illetve a jelentős mértékű logisztikai költségek csökkentése. Erre kézenfekvő megoldás az MsT ültetvény potenciális végfelhasználó közelében történő telepítése, illetve a letermelt biomassza átlagos piaci áránál magasabb áron történő értékesítése. A betakarítási munkafolyamatok külföldön már ismert összevonásával, egymenetes betakarító gépek alkalmazásával is redukálható az összköltség. Egységnyi térfogatú, de nagyobb tömegű bálák készítése, az egy tonnára vetített szállítási költséget csökkentő tényező. Ha a hazai erőművek apríték formájában is fogadnák az „energianádat", úgy Claas Jaguar, vagy New Holland járva szecskázók segítségével szintén leegyszerűsödne, felgyorsulna, és gazdaságosabbá válna a növény betakarítása (PINTÉR, 2015). Ebben az esetben azonban újra kell gondolni a szállítási határtávolság mértékét a megnövekedett szállítási költség miatt, ugyanis aprítékolt formában mindössze 11-13 t *Miscanthust* lehet egy fuvarral elszállítani (VENTURI ET AL., 1999). Nem szabad megfeledkezni az erőműi átvételi ár emelkedésének a szállítási határtávolság növekedésére gyakorolt pozitív hatásáról sem. A betakarítás saját gépekkel történő elvégzése is csökkenti az összköltséget – a bérgépek haszonnal dolgoznak –, valamint a munkagépek rendelkezésre állása szempontjából biztonságosabbá teszi a betakarítás folyamatát.

Érzékenységvizsgálat keretein belül azokat a paramétereket változtattam, amelyek feltehetően a legerőteljesebb hatással vannak a növény közúti szállítási határtávolságára. Vizsgáltam az MsT bálák tömegének- és átvételi árának, valamint a szállítási km-díjnak a szállítási határtávolság alakulására kifejtett hatását. Az elemzés során 5 különböző, a 26. táblázatban szereplő adatsorral dolgoztam.

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Hozam (t/ha)	12	12	12	12	12
Bálatömeg (kg)	400	500	500	500	400
Beszállított mennyiség (t/forduló)	18	20	20	20	18
Szállítási távolság (km)	120	120	120	120	120
Szállítási díj (Ft/km)	270	270	270	220	350

Munkafolyamat	*Munkagép típusa*	*Költség*		*Átszámított költség (Ft/t)*				
Szárzúzás	MTZ-820-as traktor + RZ-2 Z119/Z010-es szárzúzó	15 000	*Ft/ha*	1 250	1 250	1 250	1 250	1 250
Rendsodrás	Massey Ferguson 5435-ös erőgép + Claas Liner 390-es kardános rendsodró	6 000		500	500	500	500	500
Bálázás	John Deere traktor + Krone BigPack 1290 HDP típusú nagy hasábbálázó	1 800	*Ft/db*	4 500	3 600	3 600	3 600	4 500
Bálák összehordása + kamionra rakása	Hitachi / Bobcat / Manitou munkagépek	500		1 250	1 000	1 000	1 000	1 250
ÖSSZESEN				7 500	6 350	6 350	6 350	7 500
ÁTVÉTELI ÁR				*15 000*	*15 000*	*18 000*	*18 000*	*15 000*
SZÁLLÍTÁSRA FORDÍTHATÓ ÖSSZEG				7 500	8 650	11 650	11 650	7 500
Erőműbe történő beszállítás	Man, Mercedes kamion (24 t)	1 800	*Ft/t*	*1 800*	*1 620*	*1 620*	*1 320*	*2 330*
			ÖSSZ. (Ft)	32 400	32 400	32 400	26 400	42 000

26. táblázat: 1 t MsT betakarításának költsége és a szállításra fordítható összeg nagysága, változó szállítási díj, bálatömeg és átvételi ár mellett, 2015

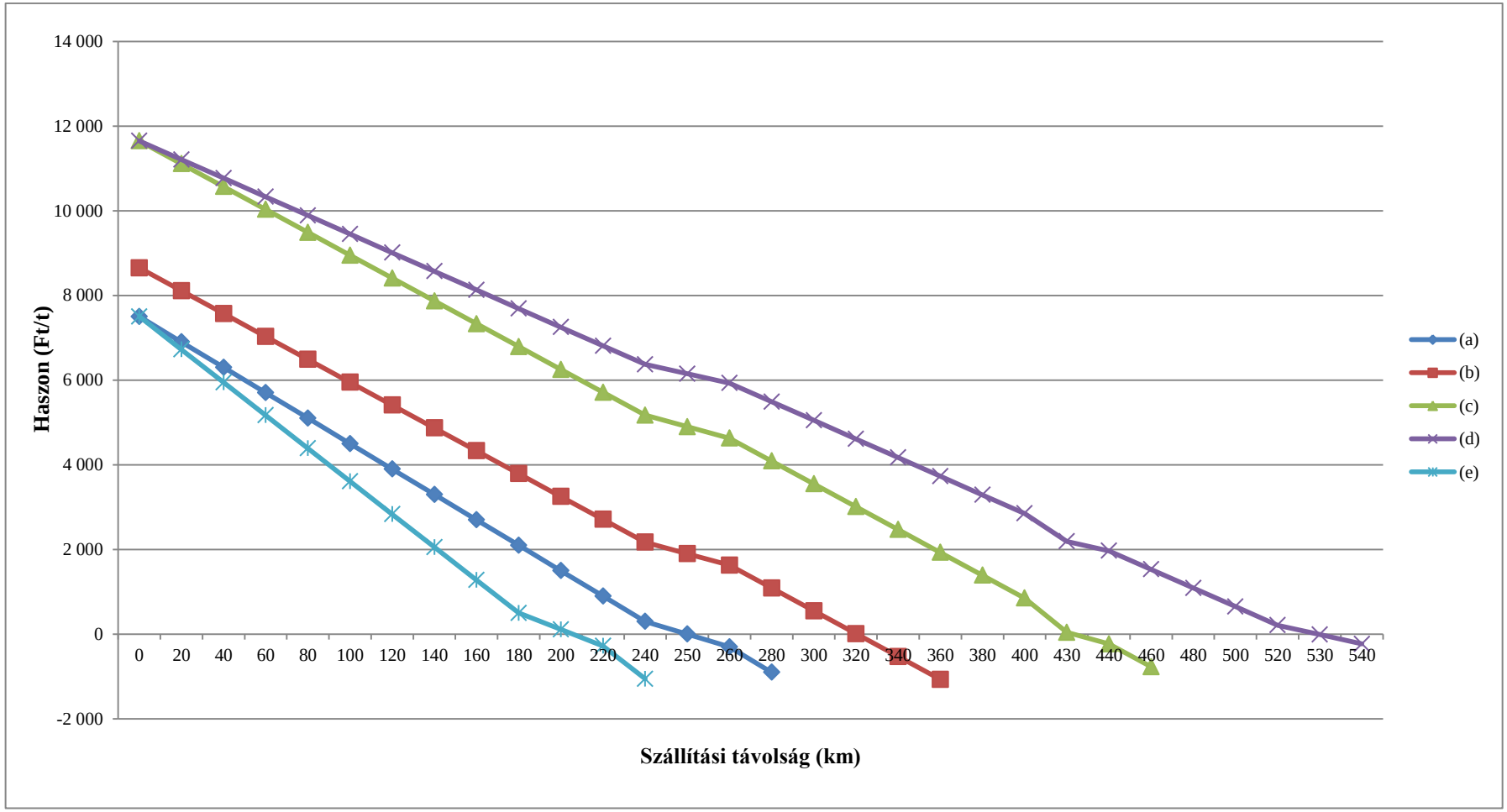
A táblázatban szereplő (a), (b), (c), (d), (e) jelű adatsorok értékeit a következő feltételek mellett számítottam ki:

- az 1 ha MsT ültetvényről betakarított biomassza-mennyiségét, a szárzúzás-, illetve rendsodrás árát rögzítettem, mindegyik esetben azonos értéket vesznek fel,
- az (a) jelű oszlopban 400 kg-os bálákat, 270 Ft/km szállítási árat és 15.000 Ft-os piaci árat vettem figyelembe; 400 kg tömegű bálákból 18 t rakható fel egy 24 t összteherbírású kamionra,
- a (b) jelű oszlopban magas kamranyomású hasábbálázóval készített, *500 kg* tömegű bálák beszállításával kalkulált költségek szerepelnek, 270 Ft-os km díj és 15.000 Ft/t átvételi ár mellett; a magas bálanyomással készített nagy hasábbálákból maximum 20 t rakható fel egy kamionra szabályosan,

- a (c) jelű oszlopban szereplő adatokat kedvező piaci körülményeket feltételező, *18.000 Ft-os átvételi ár,* 270 Ft/km-es közúti szállítási díj és 500 kg tömegű bálák figyelembe vétele mellett számítottam ki.
- a (d) jelű oszlop adatait az előbbi átvételi árat és bálatömeget, de egy feltételezett olaj-árzuhanás miatt bekövetkező, kedvezőbb, *220 Ft/km-es* szállítási költséget alapul véve határoztam meg.
- az (e) jelű adatsorban szereplő eredményeket igen kedvezőtlen feltételek – 400 kg tömegű bálák, az üzemanyag árak feltételezett emelkedésével összefüggő, *350 Ft/km* szállítási díj, 15.000 Ft/t átvételi ár – mellett számítottam ki.

Az fenti körülmények megvalósulása – kivéve a magas nyomású bálázók használatát – javarészt a külső, piaci adottságoktól függ, tehát feltételezésen alapul. Látható, hogy (a) és (e), valamint (c) és (d) jelű oszlopokban a szállításra fordítható összeg nagysága megegyezik. Az eltérő km-díjak miatt az 1 tonnára vetített szállítási költség, ezáltal a gazdaságosan, profit elérése mellett megtehető kilométerek száma viszont már változik. Megállapítható, hogy a szállítási km-díj emelkedése, vagy csökkenése az MsT elszállításának költségére negatív, illetve pozitív hatással van, ebből adódóan csökkenti, vagy növeli a még gazdaságos szállítási távolságot. Megállapítható továbbá, hogy a bálatömeg változása jelentős hatással van az 1 t „energianádra" számított bálázás-, felrakodás- és szállítás költségére. Változatlan bála egységár tartása mellett (Ft/db) a bálák tömegének emelkedése a bálázás-, a bálák mozgatásának- és végfelhasználóhoz történő elszállításának a költségét redukálja. Ezt szemlélteti a táblázatban alulról a második sor, mely értékeit a szállítás teljes költségének és a felrakodható összmennyiségnek a hányadosa adta. A 26. táblázatban szereplő értékek alapján számított különböző szállítási határtávolságokat a 24. ábra mutatja be. Az (a) jelű körülményeken alapuló számításokat a 25. táblázat tartalmazza, a (b), (c), (d) és (e) feltételrendszerek alapján elvégzett számítások a 4. Mellékletben szerepelnek.

Az MsT szállítási határtávolsága (a) feltételek mellett 250 km közúton. A (b) jelű oszlopban szereplő adatok alapján kb. 300 km-re, (c) feltételrendszerben kb. 430 km-re lehet zéró profittal eljuttatni a biomasszát. Az igen kedvező (d) jelű körülmények megvalósulása estén kb. 520 km-re szállíthatóak az MsT nagy hasábbálák veszteség termelése nélkül. A legkedvezőtlenebb (e) körülmények között 195 km-nél metszi a vonal az egyenest, vagyis ennyi az „energianád" bálák szállítási határtávolsága.



24. ábra: 1 t MsT erőműi értékesítésének haszna, illetve szállítási határtávolsága, különböző szállítási díj, bálatömeg és átvételi ár mellett, 2015

Megállapítottam, hogy az MsT közúti szállítási határtávolságának alakulása igen érzékeny az a szállítási km-díj árának változására, az elkészített bálák tömegére, illetve a biomassza erőműi átvételi árának változására. A növény szállítási határtávolságának kiterjesztésére számos lehetőség van, melyek alakulása, megvalósulása többnyire a külső, piaci körülményektől függ. Az MsT-t termesztő gazdálkodók számára a közeljövőben alkalmazható, reális megoldásnak az „energianádból" készített nagy hasábbálák tömörségének növelése tűnik, ami talán drágább bálázási egységáron képzelhető el, de ez az áremelkedés a tömörségnövekedés által generált szállítási költségcsökkenés mellett elhanyagolható mértékű, ily módon növelhető a még rentábilis szállítási távolság mértéke.

4.5 AZ MST ENERGETIKAI HATÉKONYSÁGA

Az MsT energetikai hatékonyságának megállapítása során az „energianád" erőműi körülmények között történő elégetésével nyerhető energiamennyiséget vetettem össze az előállításához felhasznált összes energiával, vagyis a növény telepítésével, betakarításával, logisztikájával, illetve az önfogyasztással összefüggő energiaigények összegzett értékével. Az egyes munkafolyamatokat elkülönítve határoztam meg a bevitt energia mennyiségét primer energiahordozóra visszavezetve. Az erőgépek által fogyasztott gázolaj-mennyiség mérését követően kiszámítottam az összes befektetett energia mennyiségét.

A 2009-2012 között Tatán, Ácson és Nagyszentjánoson lezajlott kísérletek során a növény telepítésekor a 4 üléses palánta-ültető adaptert vontató MTZ-820-as erőgép 8 l gázolajat fogyasztott 1 ha betelepítése során. A 2012.04.29-én, Tatán, majd Ácson és Nagyszentjánoson végzett betakarítási munka alatt az RZ-2 Z119/010-es szárzúzó meghajtásakor ugyanennek a traktornak 12 l volt a gázolaj-fogyasztása. Rendsodrás során a legjobban teljesítő, Class Liner 390-es típusú, kardános rendsodrót vontató Massey Ferguson 5435-ös erőgép fogyasztását dokumentáltam 2012.04. hónapban. A gyorsan dolgozó gépsor 1 ha szárzúzott növény rendsodrása közben 6 l gázolajat fogyasztott. MsT-ből hasábbála és hengerbála készült. A növény energetikai hatékonyságának meghatározásakor a hazai biomassza tüzelésű erőművek által preferált hasábbála (kezelése, szállítása, újrapozícionálása jóval egyszerűbb, mint hengerbála esetében) készítésének energiaigényét vizsgáltam, szintén 2012 tavaszán. Hasábbála készítéséhez jó megoldás volt Krone BigPack 1290-es HDP típusú, magas nyomású bálázó használata. A gépet 270 lóerős (200 kW) John Deere traktor vontatta. Az erőgép gázolaj fogyasztása 28 l/ha volt. Az ültetvény felszámolását 2014-ben orosz gyártmányú mélyszántó ekével oldottuk meg, amit Fendt 824-es erőgép vontatott. Az erőgép 14 l gázolajat fogyasztott 1 hektár kiszántása során. Az ültetvények feltételezett 20 éves életciklusa miatt, az ültetvény-telepítés- és felszámolás energiaigényének 1/20-ad részét vettem figyelembe a munkafolyamatok összesített energiaigényének meghatározása során (mindkettőt egyszer kell elvégezni a 20 év alatt).

Az energetikai hatékonyság meghatározására vonatkozó számítást célszerű bármely energetikai célú ültetvény létrehozása előtt elvégezni, mert a végeredmény ismeretében mérlegelhető, hogy az kielégíti-e a termelői és végfelhasználói oldal, valamint a fenntartható fejlődés eszmeisége által támasztott energia hatékonysági igényeket, vagyis érdemes-e egyáltalán belekezdeni az adott energianövény termesztésébe.

Az 27. táblázat 1 ha MsT „energianád" ültetvény betakarítása során a különböző munkafolyamatokban résztvevő erőgépek által fogyasztott gázolajmennyiséget és annak összesített fűtőértékét mutatja be. A táblázatban szerepel egy „Veszteség" érték is, melyet az előre nem látható bizonytalanságok és plusz energia-befektetés miatt tartottam fontosnak

figyelembe venni. Ez egy relatíve alacsony összeg, 6 l gázolaj fogyasztásnak megfelelő 214 MJ energiamennyiség, ami az ültetvény éves körbenyírásának / az ültetvények pótlásának / az esetleg szükségessé váló fizikai gyomirtásának az „energia-költségét” bőven fedezi.

Munkafázis	**Erőgép és munkagép típusa**	**Üzemanyag-fogyasztás (l/ha)**	**Felhasznált energia (MJ)**
Telepítés	MZT-820-as traktor + 4 üléses palántázó	8	14
Szárzúzás	MZT-820-as traktor + RZ 2 Z119/010-es szárzúzó	12	428
Rendsodrás	Massey Ferguson 5435-ös traktor + Claas Liner 390-es rendsodró	6	214
Bálázás	John Deere traktor + Krone BigPack HDP bálázó	28	999
Bálák összehordása + kamionra rakása	Hitachi rakodógép	8	286
Bálák elszállítása	Mercedes kamion, 24 tonnás pótkocsival	33,6	799
Veszteség	Pl. ültetvény körbenyírása	6	214
Ültetvény felszámolása	Fendt 824-es traktor + 80 cm-es mélyszántó eke	14	25
E_{inp} összesen:			**2 980**

27. táblázat: 1 ha MsT ültetvény betakarításakor az erőgépek által felhasznált gázolaj mennyisége és fűtőértéke, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2014

Az ültetvény élethosszát 20 évre becsültem. Az 1 ha MsT ültetvényről betakarított biomassza mennyiségét a tapasztalatok alapján 12 tonnában, az átlagos közúti szállítási távolságot 120 km-ben (oda-vissza összesen), az egy kamionra felrakható biomassza mennyiséget 18 tonnában állapítottam meg. Ez azt jelenti, hogy 24 tonnás összteherbírású kamionnal egy fordulóval 1,5 hektárról betakarított, felbálázott „energianád” szállítható be. A bálák végfelhasználóhoz történő elszállítást végző kamionok átlagos gázolaj-fogyasztása 28 l/100 km volt. Ez 120 km-re vonatkoztatva 33,6 litert jelent, ami 1.199 MJ energiafelhasználás. Ez 1 hektárra átszámítva 1.199 / 1,5 = ~ 799 MJ. A fenti táblázatban feltüntetett munkafolyamatok során 1 ha MsT „energianád” betakarításához és erőműbe történő beszállításához felhasznált összes energia 2.980 MJ volt. Ezt az értéket kellett összevetni az MsT-ből kinyerhető energia mennyiségével.

Az MsT átlagos fűtőértéke 17,8 MJ/kg. A fenti számítások elvégzésekor 12 t/ha hozamadatot vettem figyelembe, ebből adódóan 1 ha Mst energiatartalma 213.600 MJ. Erőműi körülmények között történő felhasználás során, 85 %-os kazánhatásfokkal (5-20 MW_{th} teljesítménytartományban) számolva (TSCHANUN & MINEUR, 2003; BASIS, 2016) az 1 ha „energianád” ültetvényről letermelt biomassza elégetésével 181.560 MJ hőenergia termelhető meg. A felhasználás előtt távfűtésnél jelentős szállítási hőveszteség keletkezik. Normál körülmények között ez 3−6 % értéket érhet el a hálózat kiterjedésétől függően. Fűtési idényen kívül, amikor a szállított (betáplált) hőteljesítmény alacsony értékű, akkor a relatív veszteség

értéke 7−15 %-ra emelkedhet. BIHARI (2012) szerint éves átlagban mintegy 5−8 %-os hőveszteséggel számolhatunk, megfelelő szigeteléssel ellátott távhőrendszer esetén. Gyengébb minőségű szigetelést és átlagos körülményeket figyelembe véve 10 %-ban határoztam meg a hőveszteség mértékét. A fenti eredmény korrigálását követően megállapítható, hogy összesen 163.404 MJ hasznos hőenergia termelhető meg 1 ha MsT elégetésével.

Az E_{inp}/E_{out} értékeket figyelembe véve az MsT energetikai hatékonysága 1 az 50-hez (163.404 / 2.980 = ~ 55), ami azt jelenti, hogy a befektetett energia 55-szörösét nyerhetjük vissza. Összehasonlításképpen, MANZONE ET AL. (2014) Észak-Olaszországban zajlott rövid vágásfordulójú (5-7 éves betakarítási ciklus, faapríték előállítása) nyárfa ültetvényekkel kapcsolatos kísérletek során 1:18-hoz értéket állapított meg. Megjegyzendő, hogy utóbbi kutatás során az ültetvények 6 éven át tartó művelése tette ki az energiainput közel felét, 44 %-át. MsT esetében elhanyagolható mértékű a növény éves karbantartásának energiaigénye.

A növény energetikai hatékonysági hatásfokát a következő képlettel számítottam ki (SEMBERY ÉS TÓTH, 2001):

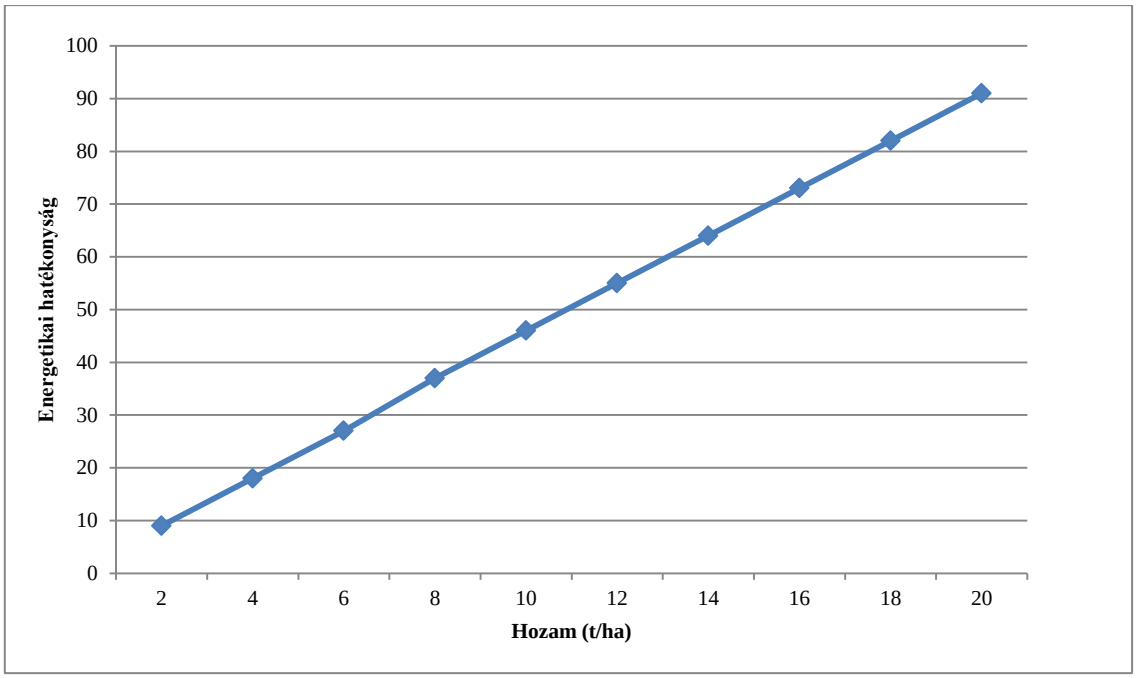
$$H=[(E_{out}-E_{inp})/E_{out}]*100.$$

Fenti értékeket a képletbe helyettesítve a következő eredményt számítottam:

$$H=(163.404-2.980)/163.404*100 = \sim 98\ \%.$$

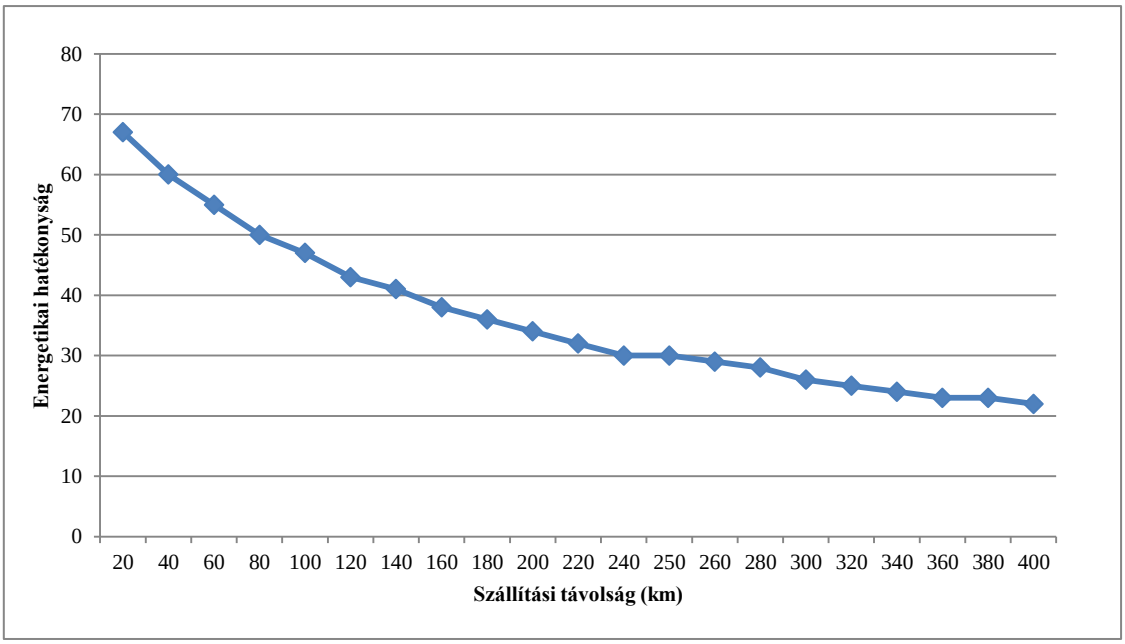
Az MsT energetikai hatékonyságának növelése érdekében kívánatos a növény betakarítási folyamatában a különböző munkafázisok során felhasznált energia mennyiségének csökkentése. A szárzúzás – rendsodrás – bálázás munkafolyamatok ismert összevonásával, egymenetes betakarító gépek alkalmazásával redukálható a bevitt energia mennyisége. A nemzetközi szakirodalomban a Tatán alkalmazott módszernél korszerűbb betakarítási megoldásokról olvashatunk. Az Egyesült Államokbeli Illinois Államban a szárzúzást speciálisan erre a célra kialakított vágófejjel felszerelt, 4,7 m-es vágószélességű, New Holland H8080 (168 kW, 750 HD Specialty Head) típusú önjáró rendképzővel végzik (MATHANKER & HANSEN, 2015). Ennek a gépnek a használatakor összekapcsolódik, egymenetessé válik a szárzúzás-rendsodrás részfolyamat, ami a betakarítás egészét szemlélve – a két munkarész szétbontásához képest – jelentősen lerövidíti azt. Ilyen esetben alacsonyabb a gépek által fogyasztott gázolaj mennyisége is, ezáltal javul a biomassza energetikai hatékonysága. Ha a hazai erőművek apríték formájában is fogadnák az MsT energianádat, úgy Claas Jaguar, vagy New Holland járvaszecskázók segítségével szintén leegyszerűsödne, lerövidülne a nád betakarítása, ezáltal energia takarítható meg, ami szintén javíthatná a növény energiahatékonyságát (PINTÉR, 2015).

Megállapítottam, hogy az „energianád” ültetvények korosodásával javulhat az MsT energetikai hatékonysága. A 4 évnél idősebb, már záródott, homogén ültetvények hozama elérheti a 20-25 t/ha csúcsmennyiséget (CLIFTON-BROWN ET AL., 2007; ANGELINI ET AL., 2009; ARUNDALE ET AL., 2013; LESUR ET AL., 2013). A fenti E_{inp}/E_{out} értékre vonatkozó számítást 20 t/ha betakarítható biomassza-mennyiség figyelembe vétele mellett is elvégeztem: az MsT energetikai hatékonysága így 1 az 91-hez (272.340 / 2.980 = ~ 91), vagyis a befektetett energia 91-szerese nyerhető vissza erőműi hasznosítás során. A különböző, 1 hektárra vonatkozó hozamadatok mellett számított energetikai hatékonyságot a 25. ábra mutatja be. A grafikon alapját képező számított adatok az 5. Mellékletben szerepelnek.



25. ábra: 1 ha MsT ültetvény eltérő hozamadatai alapján számított energetikai hatékonysága, 400 kg tömegű bálák és 120 km-es közúti szállítási távolság mellett 2014

Tovább javulhat az eredmény, ha az MsT ültetvényt a végfelhasználó erőművek közvetlen közelében hozzuk létre, így csökkentve minimálisra a közúti szállítás során felhasznált energia mennyiségét. Az eltérő szállítási távolságokra számított energetikai hatékonyságot a 26. ábra mutatja be. Az ábrán az egyirányú szállítási távolságok szerepelnek. Az energetikai hatékonyság számítása során ezeknek az értékeknek a kétszeresét vettem figyelembe. A grafikon alapját képező számított adatok az 5. Mellékletben szerepelnek.



26. ábra: 12 t/ha biomassza-hozamú MsT ültevény betakarítása során számított energetikai hatékonyság alakulása, eltérő szállítási távolságok mellett, 2014

Megállapítható tehát, hogy a növény energetikai hatékonyságát jelentős mértékben befolyásolja az ültetvényekről betakarítható biomassza mennyisége (t/ha), illetve a közúti szállítási távolság nagysága (km). Minden további, a betakarítási technológia egyszerűsítését, lerövidítését célzó kutatás megkezdése helyénvaló célkitűzés. Kevesebb erőgép munkáján alapuló betakarítási módszer alacsonyabb gázolaj-fogyasztással párosul, tehát csökkenti a folyamatba bevitt energia mennyiségét. Megjegyzendő, hogy 250 km-es közúti szállítási távolságnál – a 4.4 fejezet alapján ennyi az MsT közúti szállítási határtávolsága – a szállítás energetikai szempontból még mindig hatékony, gazdaságilag viszont már értelmetlen. Számos kutató számolt be nemzetközi folyóiratokban az Egyesült Államokban, Olaszországban, Angliában és Németországban végzett *Miscanthus giganteus* és *Miscanthus sinensis* fajokkal kapcsolatos, több éven át tartó kísérletek alapján az ültetvények változatos hozamadatairól, különböző mennyiségű N tartalmú műtrágyák talajba juttatása esetén (HEATON ET AL., 2008; DOHLEMAN & LONG, 2009; MIGUEZ ET AL., 2009; ERCOLI ET AL., 1999; CHRISTIAN ET AL., 2008). Habár nem egységes a kutatók álláspontja a N műtrágya talajba juttatásának az ültetvények biomassza-hozamára gyakorolt pozitív hatását illetően, a jövőben érdemes lehet kisebb parcellán ilyen jellegű kísérlet megkezdése az MsT energetikai hatékonyságának javítása céljából.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

5.1 ÖSSZEGZÉS, A VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A szüntelenül növekvő emberi igények és szükségletek kielégítésének hajszolása, a globalizáció és népességnövekedés miatt a végletekig kizsákmányoljuk a Földet. A világ energiaigénye mára kielégíthetetlenné vált csupán fosszilis energiahordozók felhasználásával. A fosszilis energiahordozó-készletek rohamos csökkenése, az elégetésük révén megvalósuló légkörszennyezés okozta károk enyhítésének előtérbe kerülése kiemelkedő fontosságúvá teszik a környezetkímélő energiaforrások növekvő mértékű bevonását az energiafelhasználás rendszerébe. Napjaink, és jövőnk egyik legnagyobb kihívása és üzleti lehetősége a megújuló energia szektor, azon belül a biomassza alapú energiatermelés megújítása, fejlesztése. Az ellátásbiztonság növelése, a környezetvédelem, és gazdaságélénkítés igénye ebbe az irányba mutatnak. A fejlett országok számára az utóbbi évtizedekben nyilvánvalóvá vált, hogy politikai-gazdasági stabilitásuk nagymértékben függ a nem megújuló, fosszilis energiahordozók importjától. Az EU törekvései révén is a tiszta, megújuló energiaforrásokat preferálja. Magyarországon is magas szintű energiastratégiai prioritás a megújuló energia-termelés arányának növelése, amely megvalósulásáért a fosszilis energiahordozók használatának jelentős mértékű csökkentése szükséges. Magyarországon a legjelentősebb megújuló energiaforrásként a biomassza jöhet számításba. A közösségi energiapolitikai célok teljesülése érdekében az Európai Unióban a különböző kapacitású erőművek egyre nagyobb hányada az energianövények felhasználására alapozott új blokkokat fejleszt, ami a jövőben várhatóan növekvő igényt generál a termesztett biomassza-energiahordozók, köztük a lágyszárú energetikai célú ültetvények felhasználása iránt. A hazai biomassza-erőművek alapanyagbázisának bővítéséhez kínál perspektívát a lágyszárú energianövények közül a hazai nemesítésű *Miscanthus sinensis* 'Tatai' (MsT) „energianád" fajta.

A növénnyel kapcsolatos, 2009-2014 között elvégzett szántóföldi, gyakorlati jellegű kísérleteket Komárom-Esztergom megyében, Tatán és Ácson, illetve Győr-Moson-Sopron megyében, Nagyszentjános térségében elhelyezkedő, a Komárom-Esztergom Megyei Parképítő és Kertészeti Zrt. (Parképítő Zrt.) tulajdonában álló, 5 különböző helyszínen elterülő, 50 ha nagyságú, 2-3-4 éves MsT „energianád" ültetvényeken, valamint a Parképítő Zrt. tatai telephelyén végeztük, a vállalat dolgozóinak segítségével. Laboratóriumi kutatást 2009-2010 között Sopronban, a Nyugat-magyarországi Egyetem (NYME), Erdőmérnöki Kar EMKI Energetikai Tanszéke-, illetve a NYME Kooperációs Központjának (és Partnereinek) laboratóriumaiban végeztünk kutatótársaimmal.

Az MsT szaporítás-technológiájának kidolgozására 2009.04.27-én, Tatán és 2010.05.04-én, Ácson indítottam kísérletet, mely keretein fejlett „energianád" töveket emeltünk ki a földből majd daraboltunk szét különálló rizómákra. Az így nyert szaporítóanyaggal telepített parcellák fejlődését 2 éven keresztül követtem nyomon. A növényborítás a telepítést követő második évben meghaladta a 90 %-ot. Megállapítottam, hogy a módszer eredményeképpen erős szaporítóanyaghoz jutottunk, illetve a megoldás nagyüzemi elterjesztésével olcsó szaporítóanyag nyerhető, ami jelentős előnyt jelenthet a drágább mikroszaporításos szaporítás-technológiával szemben.

MsT szaporítóanyag előállítására jelenleg az in vitro kultúrarendszerekkel (biotechnológiai rendszerek integrációja) történő mikroszaporítás alkalmazható a leghatékonyabban. A telepítést követő első 2 év tapasztalatai alapján elmondható, hogy a palántákra alapozott

ültetvények fejlődése, erőssége és beállottsága meghaladta a rizómákra alapozott ültetvényekét, a 3. évtől ez a különbség az állomány záródásával nagyjából megszűnt.

Tatán, 4 különböző parcellán folytattunk az „energianád" telepítésekor optimális sor- illetve tőtávolság nagyságának meghatározására irányuló kísérletet. A telepítést követő 3. és 4. évben mért biomassza hozamok alapján megállapítottuk, hogy 1 ha szántóra 10.000 db MsT palántát, vagy 12.000 db rizómát érdemes telepíteni, 1 m x 1 m-es, illetve ~ 1 m x 0,8 m-es ültetési hálózatban. Magasabb egyedszám, sűrűbb telepítési hálózat választása indokolatlan, mert a 3-4. évtől az állomány záródik, beáll és helyhiány miatt fizikailag már képtelen sűrűbbé, átjárhatatlanabbá válni. Az 1,5-2 m-es sortávolság és 1-2 m-es tőtávolság tartása indokolatlanul nagy hely-kihasználatlansággal párosult és teret engedett a gyomnövények elszaporodásának.

Az MsT Tatán kidolgozott betakarítási módját a végfelhasználó erőművek által a felhasznált tüzelési alapanyaggal szemben támasztott minőségi, formai, kezelhetőségi követelmények, valamint a rendelkezésre álló, hazai mezőgazdálkodásban használatos géptípusok határozták meg. A módszer lehetővé teszi a hazai „energianád" ültetvényekről letermelt biomassza különböző erőművek kazánjaiban való elégetését. A kísérletek eredményeképpen az „energianád" betakarítása a következő munkafolyamatokból állt össze: a növény szárzúzása, az ültetvényen elterülő nádpaplan rendsodrása, bálázás, majd következik a logisztikai műveletsor, vagyis a már megkötött bálák területről való lehordása – összekapcsolva a kamionra rakással – és a biomassza végfelhasználóhoz történő elszállítása. A betakarítási munkák alatt a növény szárzúzását RZ-2 Z119/010-es szárzúzó végezte, amit MTZ-820-as erőgép hajtott meg. Rendsodrást Massey Ferguson 5435-ös erőgép által vontatott Class Liner 390-es típusú, kardános rendsodró végzett megfelelő hatékonysággal. MsT-ből hasábbála és hengerbála készült. A hazai biomassza tüzelésű erőművek által preferált hasábbála (kezelése, szállítása, újrapozícionálása jóval egyszerűbb, mint hengerbála esetében) készítéséhez jó megoldásnak bizonyult a Krone BigPack 1290-es HDP típusú, magas nyomású bálázó használata, amit 270 lóerős (200 kW) John Deere traktor vontatott.

A növény tartósan víz alatt állás során tanúsított viselkedését Ácson tanulmányoztuk, 2010-ben. Kutatótársaimmal megállapítottuk, hogy az MsT jól tűri az elárasztást / tartós víz alatt állást, ha levelei a vízszint fölé emelkednek. Ilyen körülmények között a növény túlélésére igen magas esély van. Ha az elárasztott területen a vízszint meghaladja a növény magasságát, vagyis az teljesen víz alá kerül, a fajta túlélési esélye drasztikusan lecsökken, ami akár egy teljes állomány pusztulását is jelentheti.

Az MsT szárazságtűrésére vonatkozó kísérletet a Parképítő Zrt. 2009.04.17-19. között Pusztaszeren létesített 3. éves, 7 ha térmértékű ültetvényén végeztem, 2012.07.-08. hónapokban. A megfigyelések eredményeképpen megállapítottam, hogy a szokatlanul száraz időjárás igen káros hatással volt a tavasszal megeredő MsT hajtások növekedésére. Az „energianád" fejlődése jelentős mértékben lelassult. A Pusztaszeren tapasztalt csapadékmentes időjárási körülmények között az MsT növények növekedése, fejlődése az átlagos körülmények között tapasztalt mérték kb. felére, 45 %-ára lassult.

Az MsT termesztésének és hasznosításának ökonómiai vizsgálata során 3 csoportra osztottam fel a növény termesztéséhez kapcsolódó költségeket. Az (1). csoportba tartoznak azok a költségek, amelyek a szaporítóanyag megvásárlásával / reprodukálásával, nevelésével, a talaj-előkészítéssel, a növény telepítésével, a gyomirtással és növény-pótlással, illetve a növény életútja végén az ültetvény felszámolásával kapcsolatosak. A (2). csoportba az ültetvények

gondozásával összefüggő tevékenységek költségei kerültek. A (3). csoportba azokat a költségeket helyeztem, amelyek az MsT betakarításával és végfelhasználóhoz (erőművek) történő eljuttatásával kapcsolatosak. A 3 különböző csoport költségeit az erőművek által fizetett átvételi árral, illetve egyéb kiegészítő támogatások összegével, vagyis a (4). csoportba tartozó bevételekkel vetettem össze. Az ökonómiai elemzés során figyelembe vettem a WITZEL & FINGER (2015) által leírt feltételeket, költségeket, hozamokat, melyeket saját MsT-vel kapcsolatos kísérleteim, megfigyeléseim alapján egészítettem ki, vagy szűkítettem le. A hazai gazdasági-, támogatási rendszerbe illesztve, a növény Tatán kidolgozott betakarítási technológiájának költségei ismeretében elemeztem az MsT ültetvények üzemeltetésének rentabilitását.

Megállapítottam, hogy az MsT eladásából keletkező profit mértéke igen érzékeny a bálatömegre, a szállítási távolság és átvételi ár mértékére, illetve az 1 hektáron elérhető hozam mennyiségére. Változatos feltételrendszereken alapuló nettó jelenérték számítás elvégzését követően megállapítottam, hogy fenti feltételrendszer megvalósulása mellett gazdaságilag kifizetődő a növény termesztésébe tőkét fektetni, vagyis MsT „energianád" termesztése és hasznosítása a vizsgált körülmények között gazdaságosan végezhető. A kezdeti igen magas beruházási költség a 6. évi betakarítást követően megtérülhet és innét kezdve a növény 14-19 éven keresztül – minimális összegű fenntartási kötelezettség betartása mellett – bevételt teremt a gazdálkodó számára. A beruházás Cash Flow-jának Nettó Jelenértéke igen jelentős mértékben növekszik az MsT bálák tömegének-, az átvételi ár mértékének-, illetve az 1 ha ültetvényről betakarított hozam mennyiségének emelkedése hatására, valamint a közúti szállítási távolság csökkenése során.

Különböző feltételek mellett vizsgáltam az MsT szállítási határtávolságának alakulását. A szállítási határtávolsága 400 kg tömegű bálák, 12 t/ha biomassza-hozam és 270 Ft/km szállítási díj mellett 250 km volt, közúton (egy irányba). Megállapítottam, hogy a növény közúti szállítási határtávolsága igen érzékeny a szállítási km-díj árának változására, az elkészített bálák tömegére, illetve a biomassza erőműi átvételi árának változására. A szállítási határtávolság kiterjesztésére számos lehetőség van, melyek alakulása, megvalósulása többnyire a külső, piaci körülményektől függ.

Az MsT energetikai hatékonyságának megállapítása során az „energianád" erőműi körülmények között történő elégetésével nyerhető energiamennyiséget vetettem össze az előállításához felhasznált összes energiával, eltérő feltételek mellett. A növény erőműi körülmények között történő felhasználás során, 85 %-os kazánhatásfokkal (5-20 MW_{th} teljesítménytartományban) számolva az 1 ha „energianád" ültetvényről letermelt biomassza elégetésével, 10 %-os szállítási hőveszteség mellett 163.404 MJ hőenergia termelhető meg. Az E_{inp}/E_{out} arány alapján az MsT energetikai hatékonysága 1 az 55-höz, 400 kg tömegű bálák, 12 t/ha biomassza-hozam, 270 Ft/km szállítási díj és 120 km-es szállítási távolság mellett. Ilyen körülmények között a növény elégetésével az előállításához felhasznált energia 55-szörösét nyerhetjük vissza. Az MsT energetikai hatékonyságát jelentős mértékben befolyásolja az ültetvényekről betakarítható biomassza mennyisége (t/ha), illetve a közúti szállítási távolság nagysága (km). Kevesebb erőgép munkáján alapuló, összevont betakarítási módszer alacsonyabb gázolaj-fogyasztással párosul, ami csökkentheti a teljes folyamatba bevitt energia mennyiségét.

Doktori értekezésemben az MsT „energianád" fajtával kapcsolatos kutatómunkám során gyűjtött elméleti ismereteket és gyakorlati tapasztalataimat összegeztem, amellyel a növény magyarországi termesztésének és hasznosításának elterjedését kívánom elősegíteni.

5.1 A KUTATÁS JÖVŐBELI IRÁNYAI

Az EU és Magyarország számára kiemelt prioritás a megújuló energiaforrások felhasználásának növelése. A hazánkban rendelkezésre álló megújuló energiaforrások közül a nagy mennyiségben termeszthető szilárd biomassza szerepe ezért előre láthatólag egyre jelentősebbé válik. Az MsT, mint lágyszárú tüzelési alapanyag termesztésével és hasznosításával kapcsolatos témakör megismerése, kutatása közel sem tekinthető lezárt folyamatnak. Az elvégzett kísérletek és az elért eredmények számos olyan problémára és feladatra mutatnak rá, melyek további vizsgálata, feltárása javasolt. A jövőre nézve a következő kutatási feladatokat jelöltem ki:

- honosítani kell a külföldön már használt betakarítási technológiákat, az MsT betakarításának gyorsítása, egyszerűsítése, gazdaságosabbá tétele céljából,
- a betakarítási munkafolyamatok összekapcsolása, egy-, vagy kétmenetessé tétele után a növény termesztésére vonatkozó gazdasági- és energetikai hatékonyság-elemzést kell végezni,
- magas nyomású (pl.: Krone HDP II) típusú bálázók munkába állítása javasolt, a korábbiaknál tömörebb, nagyobb tömegű bálák készítése, ezek keresztül a növényre alapozott gazdálkodás rentabilitásának növelése-, illetve a szállítási határtávolság kiterjesztése érdekében,
- szántóföldi kísérleteket kell indítani a talajba juttatott N műtrágyának az MsT biomassza-hozamára gyakorolt esetleges pozitív hatásának vizsgálata céljából,
- javasolt az apríték formában betakarított MsT üzemi körülmények között történő pelletálásának és brikettálásának vizsgálata, az eredmények összevetése egyéb lágyszárú ültetvényekről származó alapanyag tömörítésének eredményével.

6. AZ ÉRTEKEZÉS EREDMÉNYEIT ÖSSZEFOGLALÓ TÉZISEK

1. A 3 éves, megfelelő fejlettségi állapotú MsT tövek talajból történő kiemelésével és a rizómák különválasztásával erős szaporítóanyaghoz juthatunk, amely alkalmas a kiszedést követő 1-2 napon belül szántóföldi kiültetésre. Az így telepített ültetvény igen magas, 85 % feletti eredést produkálhat. A „rizóma-darabolásos" módszerrel, illetve annak nagyüzemi elterjesztésével olcsó szaporítóanyag nyerhető, ami a jövőben jelentős árelőnyt jelenthet a drágább mikroszaporításos szaporítás-technológiával szemben, annak ellenére, hogy *Miscanthus* szaporítóanyag előállítására jelenleg az in vitro kultúrarendszerekkel (biotechnológiai rendszerek integrációja) történő mikroszaporítás alkalmazható a leghatékonyabban. A palántákra alapozott telepítéseket követő első 2 év tapasztalatai alapján elmondható, hogy a palántákkal létrehozott ültetvények fejlődése, erőssége és beállottsága meghaladja a rizómákra alapozott ültetvényekét, a 3-4. évtől ez a különbség az állomány záródásával megszűnik.

2. Megállapítottam, hogy 1 ha szántóra 10.000 db MsT palántát, vagy 12.000 db rizómát érdemes telepíteni, 1 m x 1 m-es, illetve ~ 1 m x 0,8 m-es ültetési hálózatban. Magasabb egyedszám, sűrűbb telepítési hálózat választása indokolatlan, mert a 3-4. évtől az állomány záródik, beáll és helyhiány miatt fizikailag már képtelen sűrűbbé, átjárhatatlanabbá válni. Az 1,5-2 m-es sortávolság és 1-2 m-es tőtávolság tartása indokolatlanul nagy hely-kihasználatlansággal párosul és teret enged a gyomnövények elszaporodásának. Az MsT ültetvények elpusztult töveinek pótlására tőosztáson alapuló megoldást dolgoztam ki. Tőosztásos módszerrel alacsony számú, jó minőségű szaporítóanyag nyerhető. Az így nyert „fél-tövekkel" olyan ültetvényeken érdemes pótlást végezni, ahol kevés számú egyed hiányzik, a beállottság tehát igen magas, 90 % feletti. Ezzel a megoldással 94 %-os megeredési arány érhető el.

3. Az MsT elárasztás-tűrőképességének vonatkozásában megállapítható, hogy a növény jól tűri az elárasztást / tartós víz alatt állást, ha levelei a vízszint fölé emelkednek. Ilyen körülmények között az „energianád" túlélésére még 1-2 hónapos vízborítás estén is igen magas esély van. Ha az elárasztott területen a vízszint meghaladja a növény magasságát, vagyis az teljesen víz alá kerül, a fajta túlélési esélye drasztikusan lecsökken, ami akár egy teljes állomány pusztulását is jelentheti. A növény szárazság-tűrőképességére vonatkozó megfigyelések eredményeképpen megállapítottam, hogy a szokatlanul száraz időjárás, alacsony, 200-250 mm-es, nyár végéig lehulló (január-augusztus) csapadékmennyiség igen káros hatással van a tavasszal megeredő MsT hajtások növekedésére. Ilyen körülmények között az MsT növekedése, fejlődése az átlagos körülmények között tapasztalt mérték 45 %-ára lassulhat.

4. A növény 20 éves élettartamát feltételezve, 120 km szállítási távolság-, 400 kg tömegű nagy hasábbálák-, 270 Ft/km szállítási díj- és 15.000 Ft/t átvételi ár figyelembe vételén alapuló nettó jelenérték számítás elvégzését követően megállapítottam, hogy MsT ültetvény telepítésébe, illetve a növény termesztésébe pénzt fektetni gazdaságilag kifizetődő, vagyis MsT „energianád" termesztése és hasznosítása az értekezésben vizsgált körülmények között rentábilisan végezhető. Az ültetvények létrehozására irányuló beruházás cash flow-jának nettó jelenértéke igen jelentős mértékben növekszik az MsT bálák tömegének-, az átvételi ár mértékének-, illetve az 1 ha ültetvényről betakarított hozam mennyiségének emelkedése hatására, valamint a közúti szállítási távolság csökkenése során.

Érzékenységvizsgálat alapján megállapítottam, hogy az MsT határtávolságának alakulása érzékeny a szállítási km-díj árának változására, az elkészített bálák tömegére, illetve a biomassza erőműi átvételi árának változására. 400 kg tömegű bálákat, 270 Ft/km szállítási díjat, 15.000 Ft/t erőműi átvételi árat számításba véve az MsT szállítási határtávolsága 250 km közúton. A szállítási határtávolság kiterjesztésére számos lehetőség van, melyek alakulása, megvalósulása többnyire a külső, piaci körülményektől függ.

1 ha MsT ültevényről származó biomassza erőműi körülmények között történő elégetése során, 85 %-os kazánhatásfokkal (5-20 MW_{th} teljesítménytartományban) számolva, 10 %-os szállítási hőveszteség mellett 163.404 MJ hőenergia termelhető meg. A növény betakarítása során felhasznált-, és a belőle kinyerhető energiamennyiség (E_{inp}/E_{out}) aránya alapján az MsT energetikai hatékonysága 1 az 55-höz, 400 kg tömegű bálák, 12 t/ha biomassza-hozam, 270 Ft/km szállítási díj és 120 km-es szállítási távolság mellett, tehát a növény erőműi elégetésével az előállításához felhasznált energia 55-szörösét nyerhetjük vissza. Az MsT energetikai hatékonyságát jelentős mértékben befolyásolja az ültetvényekről betakarítható biomassza mennyisége (t/ha), illetve a közúti szállítási távolság nagysága (km).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm témavezetőimnek, Prof. Dr. habil Marosvölgyi Béla D.Sc. Tanár Úrnak és Dr. habil Kovács Gábor egyetemi docens Úrnak a számomra nyújtott segítséget, a hasznos tanácsokat és intelmeket, amelyek iránymutatóak voltak dolgozatom elkészítése során.

Köszönöm a Parképítő Zrt.-nek és ügyvezetőjének, Pintér Zoltán erdőmérnök Úrnak, hogy lehetőségem nyílt megismerni a *Miscanthus sinensis* 'Tatai' „energianádat". Köszönöm a rengeteg segítséget, támogatást, a belém fektetett bizalmat. Köszönöm, hogy részese lehettem a növénnyel kapcsolatos kísérleteknek és részt vehettem az ültetvények üzemeltetéséhez kötődő döntések meghozatalában.

Köszönöm Szüleimnek, Testvéremnek támogatásukat, áldozatvállalásukat. Köszönöm az értekezés megírásához szükséges stabil, szeretetteljes családi háttér biztosítását. Köszönöm a rengeteg türelmet.

IRODALOMJEGYZÉK

ACAROGLU M. – AKSOY A. S. (2005): The cultivation and energy balance of *Miscanthus x giganteus* production in Turkey. Biomass and Bioenergy, 29: p. 42-48.

ALEXANDER P. – MORAN D. – ROUNSEVELL M. – HILLIER J. – SMITH P. (2014): Cost and potential of carbon abatement from the UK perennial energy crop market. GCB Bioenergy, 6(2): p. 156-168.

ALEXANDER P. – MORAN D. – ROUNSEVELL M. – SMITH P. (2013): Modelling perennial energy crop market: the role of spatial diffusion. J R Soc/Interface, 10: p. 88.

ALEXANDER P. – MORAN D. (2013): Impact of perennial energy crops income variability on the crop selection of risk averse farmers. Energy Policy, 52: p. 587-596.

ALGEIER W. (2009): Dísznövényből energianövény. Kertészet és szőlészet, 58. évf. 24. sz.

ANGELINI L. G. – CECCARINI L. – BONARI E. (2005): Biomass yield and energy balance of giant reed (Arundo donax L.) cropped in central Italy as related to different management practices. European Journal of Agronomy 2005, 22 (4): p. 375-389.

ANGELINI L. G. – CECCARINI L. – DI NASSO N. N. – BONARI E. (2007): Comparison of Arundo donax L. and Miscanthus x giganteus in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. Biomass and Bioenergy, 33: p. 635-643.

ANGELINI L. G. – GECCARINI L. – DI NASSA N. N. O. – BONARI E. (2009): Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: analysis of productive characteristics and energy balance. Biomass and Bioenergy, 33(4): p. 635-643.

ANONYMOUS (2006): The renewables obligation order 2006. Statutory Instrument 2006 No. 1004. London: HMSO; 2006.

ANONYMOUS (2007): Growing *Miscanthus* best practice guidelines. London: Defra, 2007.

ARAVINDHAKSHAN S. C. – EPPLIN F. M. – TALIAFERRO C. M. (2010): Economics of switchgrass and *Miscanthus* relative to coal as feedstock for generating electricity. Biomass Bioenergy, 34(9): p. 1375-1383.

ARUNDALE R. A. – DOHLEMAN F. G. – HEATON E. A. – MCGRATH J. M. – VOIGT T. B. – LONG S. P. (2013): Yields of *Miscanthus x giganteus* and *Panicum virgatum* decline with stand age in the Midwestern USA. GCB Bioenergy, 6: pp. 1-13.

ARUNDALE R. A. – DOHLEMAN F. G. – VOIGT T. B. – LONG S. P. (2014): Nitrogen fertilization does significantly increase yields of stands of *Miscanthus x giganteus* and *Panicum virgatum* in multiyear trials in Illinois. Bioenergy Research, 7: p. 408-416.

BAI A. – LAKNER Z. – MAROSVÖLGYI B. – NÁBRÁDI A. (2002): A biomassza felhasználása, Szaktudás Kiadó Ház Rt., Budapest. ISBN: 9789639422469.

BAI A. (2002): A biomassza szerepe az intézmény- és távfűtésben. Agrár Elit Magazin, Unikum Szaklap (6): pp. 13.

BARTÓFI I. (1996): A megújuló energiaforrásokról általában. Gazdaság és energia 2: p. 31-34.

BARTÓFI I. (1998): A biomassza energetikai hasznosítása. Energia Központ, Budapest, 1998.

BAUEN A. W. – DUNNET A. J. – RICHTER G. M. – DAILEY A. G. – AYLOTT M. – CASELLA E. (2010): Modelling supply and demand of bioenergy from short rotation coppice and *Miscanthus* in the UK. Bioresource Technology, 101(21): p. 8132-8143.

BEALE C. V. – LONG S. P. (1995): Can perennial C_4 grasses attain high efficiencies of radiant energy conversion in cool climates? Plant, Cell & Environment, 18: p. 641-650.

BEALE C. V. – LONG S. P. (1997): Seasonal dynamics of nutrient accumulation and partitioning in the perennial C_4 grasses *Miscanthus x giganteus* and *Spartina cynosuroides*. Biomass and Bioenergy, 12: p. 419-428.

BEALE C. V. – LONG S. P. (1997.b): The effects of nitrogen and irrigation on the productivity of the C4 grasses *Miscanthus x giganteus* and *Spartina cynosuroides.* Aspects o f Applied Biology 49: p. 225-230.

BELLAMI P. E. – CROXTON P. J. – HEARD M. S. – HINSLEY S. A. – HULMES L. – HULMES S. – NUTTALL P. – PYWELL R. F. – ROTHERY P. (2009): The impact of growing miscanthus for biomass on farmland bird populations. Biomass and Bioenergy, 33: p. 191-199.

BENSE L. – NAGY I. (2012): Lágyszárú energianövények betakarítása. Agrofórum 2012. május, p. 106-109.

BENSE L. – SZÜLE ZS. – FOGARASI L. (2010): Az energianád termesztés műszaki feltételei, fejlesztési irányok. Publikáció a Jedlik Ányos program keretein belül. www.biowatt.hu. Letöltve: 2016.04.28.

BEUCH S. (1998): Zum Einfluß des Anbaus und der Biomassestruktur von Miscanthus x giganteus (GREEF et. DEU.) auf den Nährstoffhaushalt und die organische Bodensubstanz. Aachen, Germany: Shaker, 1998. 163pp.

BFN (2010): Bundesamt für Naturschutz. Bioenergie ind Naturschutz – Synergien Fördern Risiken Vermeiden. BFN-Positionspapier, Messedruck Leipzig GmbH, Bonn.

BIHARI P. (2012): Energetika I. Edutus Főiskola. Kézirat. Digitális Tankönyvtár. www.tankonyvtar.hu. Letöltve: 2016.02.17.

BIEWINGA E. E. – VAN DEN BIJL G. (1996): Sustainability of energy crops in Europe. Utrecht, Netherlands: Centre for Agriculture and Environment, 1996. 209 pp.

BOCQUÉHO G. – JACQUET F. (2010): The adoption of switchgrass and *Miscanthus* by farmers: impact of liquidity constraints and risk preferences. Energy Policy, 38(5): p. 2598-2607.

BOEHMEL C. – LEWANDOWSKI I. – CLAUPEIN W. (2008): Comparing annual and perennial energy cropping systems with different management intensities. Agricultural Systems, 96: p. 224-236.

BOELCKE B. – BUECH S. – ZACHARIAS S. (1998): Effects of Miscanthus cultivation on soil fertility and the soil water reservoir. In: KOPETZ H. – WEBER T. – PALZ W. – CHARTIER P. – FERRERO G. L., editors. Biomass for energy and environment: Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Würzburg, Germany. Rimpar, Germany: C. A. R. M. E. N., 1998, pp. 911-914.

BOHOCZKY F. (2005): Megújuló energiaforrások magyarországi hasznosítása. Előadás. BME kiegészítő képzés, Budapest, 2005.

BROSSE N. – DUFOUR A. – MENG X. – SUN Q. – RAGAUSKAS A. (2012): Biofuels, Bioprod. Bioref., 6: p. 580-598.

BULLARD M. J. – CHRISTIAN D. G. – WILKINS C. (1996): The potential of graminaccous biomass crops for energy production in the UK: an overview. In: CHARTIER P. – FERRERO G. L. – HENIUS U. M. – HULTBERG S. – SACHAU J. – WIINBLAD M., editors. Biomass for energy and the environment: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark. New York: Pergamon, 1996, p. 592-597.

CADOUX S. – RICHE A. B. – YATES N. E. – MACHET J. M. (2012): Nutrient requirements of *Miscanthus x giganteus*: Conclusions from a review of published studies. Biomass and Bioenergy, 38: p. 14-22.

CALLIES C. – HEY C. (2013): Multilevel Energy Policy in the EU: Paving the Way for Renewables?. JEEPL 10.2: p. 87-131.

CHRISTIAN D. G. – LAMPTEY J. N. – FORDE S. M. – PLUMB R. T. (1994): First report of barely yellow dwarf luteovirus on *Miscanthus* in the United Kingdom. Eur J Plant Pathol, 100(2): p. 167-170.

CHRISTIAN D. G. – RICHIE A. B. – YATES N. E. (2008): Growth, yield and mineral content of *Miscanthus x giganteus* grown as biofuel for 14 successive harvests. Industrial Crops and Products, 28: p. 320-327.

CHRISTIAN D. G. – YATES N. E. – RICHE A. B. (2005): Establishing *Miscanthus sinensis* from seed using conventional sowing methods. Industrial Corps and Products, 21: p. 109-111.

CHRISTOU M. – PAPAVASSILIOU D. – ALEXOPOULOU E. – CHATZIATHANASSIOU A. (1998): Comparative studies of two potential energy crops in Greece. In: KOPETZ H. – WEBER T. – PALZ W. – CHARTIER P. – FERRERO G. L., editors. Biomass for energy and environment: Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Würzburg, Germany. Rimpar, Germany: C. A. R. M. E. N., 1998, pp. 935-938.

CLANCY D. – BREEN J. P. – THORNE F. – WALLACE M. (2012): A stochastic analysis of the decision to produce biomass crops in Ireland. Biomass Bioenergy, 46: p. 353-365.

CLIFTON-BROWN J. – ROBSON P. – SANDERSON R. – HASTINGS A. – VALENTINE J. – DONNISON I. (2011): Thermal requirements for seed germination in *Miscanthus* compared with switchgrass (*Panicum virgatum*), reed canary grass (*Phalaris arundinaceae*) maize (*Zea mays*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*). Glob Change Biol Bioenergy, 3: p. 375-386.

CLIFTON-BROWN J. C. – BREUER J. – JONES M. B. (2007): Carbon mitiagtion by the energy crop, *Miscanthus*. Glob Chang Biol 13 (11): p. 2296-2307.

CLIFTON-BROWN J. C. – CHIANG Y. C. – HODKINSON T. R. (2008): Miscanthus: genetic resources and breeding potential to enhance bioenergy production. In: Genetic Improvement of Bioenergy Crops (ed. Vermerris W.), Springer Science, New York, p. 273-294.

CLIFTON-BROWN J. C. – JONES M. B. – BREUER J. (2001.a): Yield performace of *Miscanthus x giganteus* during a 10 year field trial in Ireland. Aspects of Applied Biology, 65: p. 153-160.

CLIFTON-BROWN J. C. – LEWANDOWSKI I. – ANDERSSON B. – BASCH G. – CHRISTIAN D. G. – KJELDSEN J. B. – JORGENSEN U. – MORTENSEN J. V. – RICHE A. B. – SCHWARZ K. U. – TAYEBI K. – TEIXEIRA F. (2001.b): Performance of 15 *Miscanthus* genotypes at five sites in Europe. Agronomy Journal, 93: 1013-1019.

CLIFTON-BROWN J. C. – LEWANDOWSKI I. – BANGERTH F. – JONES M. B. (2002): Comparative responses to water stress in stay-green, rapid- and slow senescing genotypes of the biomass crop, *Miscanthus*. New Phytologist, 154(2): p. 335-345.

CLIFTON-BROWN J. C. – LEWANDOWSKI I. (1998): Frosttoleranz der Rhizome verschiedener Miscanthus Genotypen. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 11: pp. 225-226.

CLIFTON-BROWN J. C. – LEWANDOWSKI I. (2002): Screening Miscanthus genotypes in field trials to optimise biomass yield and quality in Southern Germany. European Journal of Agronomy, Vol. 16, No. 2: pp.97-110.

CLIFTON-BROWN J. C. – LONG S. P. – JORGENSEN U. (2001.c): *Miscanthus* productivity. *Miscanthus* – for Energy and Fibre, pp.46-67. James and James (Science Publishers), London.

CLIFTON-BROWN J. C. – STAMPFL P. F. – JONES M. B. (2004): Miscanthus biomass production for energy in Europe and its potential contribution to decreasing fossil fuel carbon emissions. Global Change Biology, Volume 10, Issue 4, p. 509-518.

COLLURA S. – AZAMBRE B. – FINQUENEISEL G. – ZIMNY T. – WEBER J. V. (2006): Miscanthus x giganteus straw and pellets as sustainable fuels. Environmental Chemistry Letters, 4: p. 75-78.

COPE M. A. – MCLAFFERTY S. – RHOADS B. L. (2011): Farmer attitudes toward production of perennial energy grasses in east central Illinois: implications for community-based decision making. Ann Assoc Am Geogr, 101(4): p. 852-862.

COSENTINO S. L. – PATANE C. – SANZONE E. – COPANI V. – FOTI S. (2007): Effects of soil water content and water supply on the productivity of *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. in a Mediterranean environment. Industrial Crops and Products, 25: p. 75-88.

DANALATOS N. G. – ARCHONTOULIS S. V. – MITSIOS I. (2007): Potential growth and biomass productivity of *Miscanthus x giganteus* as affected by plant density and N-fertilization in central Greece. Biomass and Bioenergy 31: p. 145-152.

DANALATOS N. G. – DALIANIS C. – KYRITSIS S. (1996): Growth and biomass productivity of Miscanthus sinensis „giganteus" under optimum cultural management in north-eastern Greece. In: In: CHARTIER P. – FERRERO G. L. – HENIUS U. M. – HULTBERG S. – SACHAU H. – WIINBLAD M., editors. Biomass for energy and the environment: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark. New York: Pergamon, 1996, p. 548-553.

DAVIS M. P. – DAVID M. B. – VOIGT T. B. – MITCHELL C. A. (2014): Effect of nitrogen addition on *Miscanthus x giganteus* yield, nitrogen losses, and soil organic matter across five sites. Global Change Biology Bioenergy, doi: 10.1111/gcbb.12217.

DE LAPORTE A. V. – WEERSINK A. J. – MCKENNEDY D. W. (2014): A spatial model of climate change effects on yields and break-even prices of switchgrass and MISCANTHUS in Ontario, Canada. GCB Bioenergy, 6(4): p. 390-400.

DEVERELL R. – MCDONNELL K. – WARD S. – DEVLIN G. (2009): An economic assessment of potential ethanol production pathways in Ireland. Energy Policy, 37(10): p. 3993-4002.

DINICA V. (2006): Support systems for the dissusion renewable energy technologies – an investor perspective. Energy Policy, (34): p. 461-480.

DOHLEMAN F. G. – LONG S. P. (2009): More productive tha maize in the midwest: how does Miscanthus do it? Plant Physiology, 150: p. 2104-2115.

DOLGINOW J. – MASSEY R. E. – KITCHEN N. R. – MYERS D. B. – SUDDUTH K. A. (2014): A stochastic approach for predicting the profitability of bioenergy grasses. Agron J, 106(6): p. 2137.

DWIYANTI M. S. – STEWART J. R. – NISHIWAKI A. – YAMADA T. (2014): Natural variation in *Miscanthus sinensis* seed germination under low temperatures. Japanese Society of Grassland Science, 60: p. 194-198.
effects on establishment of giant *Miscanthus*. Bioenergy Research, doi 10.1007/sl2155-014- 9499-4.

ENERGIACENTRUM (2011): Energianövény-ültetvény telepítési-és szaporítóanyag termesztési program az energiacentrum.com-tól. www.energiacentrum.com

ENERGIAKLUB (2006): Magyarországi fenntartható energiastratégia. Tanulmány, p. 24.

EPPEL-HOTZ A. – JODL S. – KUHN W. – MARZINI K. – MUNZER W. (1998): Miscanthus: new cultivars and results of research experiments for improving the establishment rate. In: KOPETZ H. – WEBER T. – PALZ W. – CHARTIER P. – FERRERO G. L., editors. Biomass for energy and environment: Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Würzburg, Germany. Rimpar, Germany: C. A. R. M. E. N., 1998, pp. 780-786.

ERBE (2015): Új atomerőművi blokkok létesítése a paksi telephelyen. Környezeti hatástanulmány. MVM ERBE ENERGETIKA Mérnökiroda Zrt. http://www.mvmpaks2.hu. Letöltve: 2016.02.12.

ERCOLI L. – MARIOTTI M. – MASONI A. – BONARI E. (1999): Effect of irrigation and nitrogen fertilization on biomass yield and efficiency on energy use in crop prodiction of Miscanthus. Field Crops Research, 63: pp. 3-11.

ERICSSON K. – ROSENQVIST H. – NILSSON L. J. (2009): Energy crop production cost in the EU. Biomass Bioenergy, 33(11): p. 1577-1586.

EUROSTAT (2015): Gross final consumption of energy from renewable sources, 2013. ec.europa.eu. Letöltve: 2015.06.05.

EUROSTAT (2016): Gross final consumption of energy from renewable sources, 2014. ec.europa.eu. Letöltve: 2015.03.20.

FAIX O. – MEIER D. – BEINHOFF O. (1989): Analysis of lignocelluloses and lignins from Arundo donax L. and *Miscanthus sinensis Anderss.* and hydroliquefaction *Miscanthus*. Biomass, 18: p. 109-126.

FODOR B. (2013): Kihívások és lehetőségek a hazai megújulóenergia-szektorban, Vezetéstudomány, XLIV. évf. 2013. 9: p. 48-61. ISSN: 0133.0179

FOGARASI I. – BENSE L. – FÜLÖP ZS. (2009): Mechanized Model Technology of *Miscanthus* Production. Publikáció a Jedlik Ányos program keretein belül. www.biowatt.hu

FOUQUET D. – JOHANSSON T. (2008): European renewable energy at crossroads – Focus on electricity support mechanism. Energy Policy (36): p. 4079-4092.

GELENCSÉR A. (2011): Megszívjuk? – a levegőszennyezés következményei. Mindentudás Egyeteme. Előadásanyag.

GERGELY S. – LAKI G. – PODMANICZKY L. – SKUTAI J. – SZAKÁL F. (2004): Zárójelentés a „Javaslattétel a megújítható energiaforrások gyorsabb mértékű elterjedését lehetővé tevő támogatási rendszer kidolgozására a mezőgazdaságban" c. közcélú környezet- és természetvédelmi feladat megvalósításáról. K-36-02 00114H. Gödöllő, p. 11-12.

GKM (2008): Stratégia a magyarországi megújuló energiaforrások felhasználásának növelésére 2008-2020. Gazdasági és Közlekedési Minisztérium.

GREEF J. M. (1995): Etablierung und Biomassebildung von Miscanthus x giganteus. Göttingen, Germany: Cuvillier Verlag, 1995.

HAINES S. A. – GEHL R. J. – HAVLIN J. L. – RANNEY T. G. (2014): Nitrogen and phosphorus fertilizer

HALLGREN A. – OSKARSSON J. (1998): Minimization of sintering tendencies in fluidized-bed gasification of energy crop fuels. In: KOPETZ H. – WEBER T. – PALZ W. – CHARTIER P. – FERRERO G. L., editors. Biomass for energy and environment: Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Würzburg, Germany. Rimpar, Germany: C. A. R. M. E. N., 1998, p. 1700-1703.

HANCSÓK J. (2004): Korszerű motor- és sugárhajtómű üzemanyagok III. Alternatív motorhajtóanyagok. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2004.

HARMS H. H. (1995): Ernte- und Aufbereitungstechnik von Halmgütern. In: Logistik bei der Nutzung biogener Festbrennstoffe, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe". Vol. 5. Münster, Germany, Landwirtschaftsverlag, 1995. p. 23-32.

HARTMANN H. – STREHLER A. (1995): Die Stellung der Biomasse im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern aus ökologischer, ökonomischer und technischer Sicht. Abschlußbericht für das Bundesministerium für Ernährung. Landwirtschaft und Forsten (BML). Münster, Germany: Landwirtschaftsverlag, 1995.

HARTMANN H. (1997): Analyse und Bewertung der Systeme zur Hochdruckverdichtung von Halmgut (Analysis and cost calculation of systems for high pressure compaction of strawlike materials). Gelbes Heft 60. Institut und Bayerische Landesandstalt für Landtechnik der Technische Universität München-Weihenstephan, 1997. 63pp.

HASLER P. – CANDINAS T. – NUSSBAUMER T. (1998): Utilization of ashes from the combustion of hay, Miscanthus, hemp, straw and wood as fertilizer. In: KOPETZ H. – WEBER T. – PALZ W. – CHARTIER P. – FERRERO G. L., editors. Biomass for energy and environment: Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Würzburg, Germany. Rimpar, Germany: C. A. R. M. E. N., 1998, p. 192-195.

HASTINGS A. – CLIFTON-BROWN J. – WATTENBACH M. – MITCHELL C. P. – STAMPFL P. – SMITH P. (2009): Future energy potential of *Miscanthus* in Europe. GCB Bioenergy, 1: p. 180-196.

HASTINGS A. – CLIFTON-BROWN J. – WATTENBACH M. – STAMPFL P. – MITCHELL C. P. – SMITH P. (2008): Potential of *Miscanthus* grasses to provide energy and hence reduce greenhouse gas emissions. Agronomy for Sustainable Development, Volume 28 (4) – Dec 1, 2008., p. 465-472.

HEATON E. A. – DOHLEMAN F. G. – LONG S. P. (2008): Meeting US biofuel goals with less land: the potential of *Miscanthus*. Global Change Biology , 14: p. 2000-2014.

HEATON E. A. – LONG S. P. – VOIGT T. B. – JONES M. B. – CLIFTON-BROWN J. (2004): *Miscanthus* for renewable energy generation: European Union experience and projections for Illinois. Mitig. Adapt. Strategies Glob. Change, 9: p. 433-451.

HEATON E. A. – VOIGT T. B. – LONG S. P. (2004): A quantitative review comparing the yields of two candidate C4 perennial biomass crops in relation on nitrogen, temperature and water. Biomass and Bioenergy 27: p. 21-31.

HERR A. – O'CONNELL D. – FARINE D. – DUNLOP M. – CRIMP S. – POOLE M. (2012): Watching grass grow in Australia: is there sufficient production potential for a biofuel industry? Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 6: p. 257-268.

HIMKEN M. – LAMMEL J. – NEUKIRCHEN D. – CZYPIONKA-KRAUSE U. – OLFS H-W. (1997): Cultivation of Miscanthus under West-European conditions: seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization. Plant and soil, 189: p. 117-126.

HIRSCHL B. (2009): International renewable energy policy – between marginalisation and initial approaches. Energy Policy, (37): p. 4407-4416.

HODGSON E. M. – NOWAKOWSKI D. J. – SHIELD I. – RICHIE A. – BRIDGWATER A. V. – CLIFTON-BROWN J. C. – DONNISON I. S. (2011): Variation in *Miscanthus* chemical composition and implications for conversion by pyrolysis and thermo-chemical bio-refining for fuels and chemicals. Bioresource Technol, 102: p. 3411-3418.

HORVÁTH ZS. – VÁGVÖLGYI A. – PINTÉR CS. – MAROSVÖLGYI B. (2009): Új szaporítóanyag-előállítási lehetőségek vizsgálata *Miscanthus* és *Arundo* energianövényeknél, Kari Tudományos Konferencia, Sopron, Konferenciakiadvány, 21.p., 2009.

HORVÁTH ZS. – VÁGVÖLGYI A. – PINTÉR CS. – MAROSVÖLGYI B. (2009.a): Examination of the possibilities of 'Halmaji' energy reed reproductive material production. MTA Agrártudományok Osztálya, Agrárműszaki Bizottság, Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Konferencia-kiadvány, Nr. 34., p. 25.

HORVÁTH ZS. – VÁGVÖLGYI A. – PINTÉR CS. – MAROSVÖLGYI B. (2010): A *Miscanthus sinensis* 'Tatai' és 'Halmaji' „energianád" elárasztásának vizsgálata, 2010.

HOTZ A. – KUHN W. – JODL S. (1996): Screening of different Miscanthus cultivars in respect of yield production and usability as a raw material for energy and industry. In: CHARTIER P. – FERRERO G. L. – HENIUS U. M. – HULTBERG S. – SACHAU J. – WIINBLAD M., editors. Biomass for energy and the environment: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark. New York: Pergamon, 1996, p. 523-527.

HUANG H. X. – KHANNA M. – BOOTH E. – HALFORD N. – SHIELD I. – TAYLOR G. – TURLEY D. – VOIGT T. (2011): The breakeven costs of alternative feedstocks for cellulosic biofuels. Aspects of Applied Biology, 112: p. 153-162.

HUISMAN W. – KASPER G. J.- VENTURI P. (1996): Technical and economic feasibility of the complete production – transport chain of *Micanthus x giganteus* as an energy crop. Paper presented at First European Energy Crops Conference, Enschede, The Netherlands, 1996.

HUISMAN W. – KORTLEVE W. J. (1994): Mechanization of crop establishment, harvest, and post harvest conservation of Miscanthus sinensis „Giganteus". Industrial Crops and Products, 2: p. 289-297.

HUISMAN W. – VENTURI P. – MOLENAAR J. (1997): Costs of supply chains of *Miscanthus giganteus*. Industrial Crops and Products, 6: p. 353-366.

IVELICS R. (2006): Minirotációs energetikai faültetvények termesztéstechnológiájának és hasznosításának fejlesztése, Doktori értekezés, Sopron, p. 1-13.

JACKS-STERRENBERG I. (1995): Untersuchunger zur Entragsphysiologie von *Miscanthus sinensis* 'Anderss.' hinsichtlich einer Verwendung als Energiepflanze. Dissertation. Institut für Pflanzebau und Pfalnzenzüchtung I der Justus-Liebig-Universität zi Gießen, Germany, 1995, 115pp.

JAIN A. K. – KHANNA M. – ERICKSON M. – HUANG H. (2010): An integrated biogeochemical and economic analysis of bioenergy crops in the midwestern United States. GCB Bioenergy, 2(5): p. 217-234.

JAMES L. K. – SWINTON S. M. – THELEN K. D. (2010): Profitability analysis of cellulosic energy crops compared with corn. Agron J, 102(2): p. 675-687.

JODL S. – EPPEL-HOTZ A. – MARZINI K. (1998: Examination of the ecological value of Miscanthus expanses – faunistic studies. In: KOPETZ H. – WEBER T. – PALZ W. – CHARTIER P. – FERRERO G. L., editors. Biomass for energy and environment: Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Würzburg, Germany. Rimpar, Germany: C. A. R. M. E. N., 1998, p. 778-779.

JOHANNING B. – WESCHE H. (1993): Erntetechnik für Miscanthus (Harvest technology for Miscanthus). Landtechnik, 5., 48: p. 232-236.

JONKANSKI F. (1995): Miscanthus – the future biomass crop for energy and industry. In: CHARTIER P. – BEENACKERS A. A. C. M. – GRASSI G., editors. Biomass for energy, environment, agriculture and industry: Proceedings of the Eighth European Biomass Conference, Vienna, Austria. Oxford: Pergamon, 1995. p. 372-279.

JORGENSEN R. N. – JORGENSEN B. J. (1996): The effect of N_2O emission on the net CO_2 displacement by energy crop production. In: CHARTIER P. – FERRERO G. L. – HENIUS U. M. – HULTBERG S. – SACHAU J. – WIINBLAD M., editors. Biomass for energy and the environment: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark. New York: Pergamon, 1996, p. 1701-1706.

JORGENSEN U. – VENEDAAL R. (1997): European energy crops overview: species, costs and commercial development. In: OVEREND R. P. – CHORNET E., editors. Making a business from biomass. Proceedings of the Third Biomass Conference of the Americas, Montreal, Oxford: Pergamon/Elsevier Publishers, 1997. p. 57-69.

JORGENSEN U. (1995): Macro propagation of Miscanthus. In: Symposium Miscanthus – Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung, Schriftenreiche „Nachwachsende Rohstoffe", Vol. 4, Münster, Germany: Landwirtschaftsverlag, 1995. p. 27-30.

JORGENSEN U. (1996): Miscanthus yields in Denmark. In: CHARTIER P. – FERRERO G. L. – HENIUS U. M. – HULTBERG S. – SACHAU J. – WIINBLAD M., editors. Biomass for energy and the environment: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark. New York: Pergamon, 1996, p. 48-53.

JORGENSEN U. (1997): Genotypic variation in dry matter accumulation and content of N, K and Cl in Miscanthus in Denmark. Biomass and Bioenergy, 12: pp. 155-169.

KAACK K. – SCHWARZ K.-U. (2001): Morphological and mechanical properties of *Miscanthus* in relation to harvesting, lodging and growth conditions. Industrial Corps and Products, Vol. 14, No. 2: pp. 145-154.

KACZ K. – NEMÉNYI M. (1998): Megújuló energiaforrások. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 1998.

KAHLE P. – BEUCH S. – BOELCKE B. – LEINWEBER P. – SCHULTEN H-R. (2001): Cropping of Miscanthus in Central Europe: biomass production and influence on nutrients and soil organic matter. European Journal of Agronomy, 15: p. 171-184.

KATH-PETERSEN W. (1994): Leistungfähige und bodenschonende Erntetechnik für *Miscanthus*. Ph.D. Dissertation, Institut für Forschungsbericht Agrartechnik, Kiel, Germany, 1994. 249pp.

KEREKES S. (2007): A környezetgazdaságtan alapjai. Budapest, Aula Kiadó.

KHANNA M. – DHUNGANA B. – CLIFTON-BROWN J. (2008): Costs of producing *Miscanthus* and switchgrass for bioenergy in Illinois. Biomass Bioenergy, 32(6): p. 482-493.

KHANNA M. – OENAL H. – DHUNGANA B. – WANDER M. (2011): Economics of herbaceous bioenergy crops for electricity generation: implications for greenhouse gas mitigation. Biomass Bioenergy, 35(4): p. 1474-1484.

KNÖRZER H. – HARTUNG K. – PIEPHO H-P. – LEWANDOWSKI I. (2012): Assessment of variability in biomass yield and quality: what is an adequate size of sampling area for *Miscanthus*? Global Change Biology Bioenergy, 5: p. 572-579.

KOESSLER C. – CLAUPEIN W. (1998): Root systems of *Miscanthus* in different growing periods. In: KOPETZ H. – WEBER T. – PALZ W. – CHARTIER P. – FERRERO G. L., editors. Biomass for energy and environment: Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Würzburg, Germany. Rimpar, Germany: C. A. R. M. E. N., 1998, p. 842-845.

KRASUSKA E. – ROSENQVIST H. (2012): Economics of energy crops in Poland today and in the future. Biomass Bioenergy, 38: p. 23-33.

KRISTENSEN E. F. (1995): Miscanthus. Harvesting technique and combustion of *Miscanthus sinensis* „Giganteus" in farm heating plants. In: CHARTIER P. – BEENACKERS A. A. C. M. – GRASSI G., editors. Biomass for energy, environment, agriculture and industry: Proceedings of the Eighth European Biomass Conference, Vienna, Austria. Oxford: Pergamon, 1995. p. 546-555.

KRISTENSEN E. F. (1996): Experiences from Miscanthus harvesting in Denmark. Paper presented at the IEA workshop 14-15. November, 1996.

LARSEN S. U. – JORGENSEN U. – KJELDSEN J. B. – LAERKE P. E. (2013): Long-term Miscanthus yields influences by location, genotype, row distance, fertilization and harvest season, BioEnergy Research, Volume 7, Issue 2: pp 620-635.

LESUR C. – JEUFFROY M. H. – MAKOWSKI D. – RICHIE A. B. – SHIELD I. – YATES N. – FRITZ M. – FORMOWITZ B. – GRUNERT M. – JORGESNES U. – LAERKE P. E. – LOYCE C. (2013): Modeling long-term yield trends of *Miscanthus x gianteus* using experimental data from across Europe. Field Crop Res, 149: p. 252-260.

LEWANDOWSKI I. – CLIFTON-BROWN J. – SCURLOCK J. M. O. – HUISMAN W. (2000): Miscanthus: European experience with a novel energy crop. Biomass Bioenergy, 19(4): p. 209-227.

LEWANDOWSKI I. – CLIFTON-BROWN J. C. – ANDERSSON B. – BASCH G. – CHRISTIAN D. G. – JORGENSEN U. – JONES M. B. – RICHE A. B. – SCHWARZ K. U. – TAYEBI K. – TEIXEIRA F. (2003): Environment and harvest time affects the combustion qualities of *Miscanthus* genotypes. Agronomy Journal, 95: p. 1274-1280.

LEWANDOWSKI I. – CLIFTON-BROWN J. C. – DEUTER M. (1999): Potential of Miscanthus genotypes in Europe: over-wintering and yields. In: MELA T. – CHRISTIANSEN J. – KONTTURI M. – PAHKALA K. – PARTALA A. – SAHRAMAA M. – SANKARI H. – TOPI-HULMI M. – PITHAN K., editors. Alternative crops for sustainable agriculture. European Commission, BioCity, Turku, Finland, 1999, p. 46-52.

LEWANDOWSKI I. – HEINZ A. (2003): Delayed harvest of *Miscanthus* – influences on biomass quantity and quality and environmetal impacts of energy production. European Journal of Agronomy, 19: p. 45-63.

LEWANDOWSKI I. – KAHNT G. (1993): Development of a tissue culture system with unemerged inflorescences of *Miscanthus giganteus* for the induction and regeneration of somatic embryoids. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 67: p. 439-451.

LEWANDOWSKI I. – KICEHER A. – VONIER P. (1995): CO_2-balance for the cultivation and combustion of *Miscanthus*. Biomass and Bioenergy, 8: p. 81-90.

LEWANDOWSKI I. – KICEHER A. (1997): Combustion quality of biomass: Practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus x giganteus*. Eur J Agron, 6: p.163-177.

LEWANDOWSKI I. – SCHMIDT U. (2006): Nitrogen, energy and land use efficiencies of *miscanthus*, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach. Agriculture Ecosystems and Environment, 112: p. 335-346.

LINDEGAARD K. N. – CARTER M. M. – MCCRACKEN A. – SHIELD I. F. – MACALPINE W. – HINTON JONES M. – VALENTINE J.- LARSSON S. (2011): Comparative trials of elite Swedish and UK biomass willow varieties 2001-2010. Aspects of Applied Biology 112, Biomass and Energy Crops IV: p. 57-66.

LIPCSEI G. (2013): Analysis of renewable energy subsidy pilicies; German and Hungarian conditions. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Jun 6, 2013

LIXANDRU B. – MORARIU F. – POPESCU D. (2015): Assessment of Potential Ecological Adaptation of the Species *Miscanthus Giganteus* in Conditions of Fly Ash Deposit. Animal Science and Biotechnologies, 48 (2): p. 63-69.

LKÖ (2006): Landwirtschaftskammer Österreich. Miscanthus sinensis 'Giganteus' – Chinaschilfgras als nachwachsender Rohstoff. Salzburger Druckerei, Salzburg.

LYCHNARAS V. – SCHNEIDER U. A. (2011): Mutli-farm economic analysis of perennial energy crops in central Greece, taking into account the CAP reform. Biomass Bioenergy, 35(1): p. 700-715.

LYGIN A. V. – UPTON J. – DOHLEMAN F. G. – JACK JUVIK J. – ZABOTINA O. A. – WIDHOLM J. M. – LOZOVAYA V. V. (2011): Composition of cell wall phenolics and polysaccharides of potential bioenergy crop – Miscanthus. GCB Bioenergy, 3: p. 333-345.

MANN J. J. – BARNEY J. N. – KYSER G. B. – DITOMASO J. M. (2013): Miscanthus x giganteus and Arundo donax shoot and rhizome tolerance of extreme moisture stress. GCB Bioenergy, 5: p. 693-700.

MAROSVÖLGYI B. – HALUPA L. – VITYI A. – NÉMETH I. (2005): A faenergetika hasznosítása. Tankönyv. Körmend, 2005.

MAROSVÖLGYI B. – HORVÁTH B. (2010): Biomassza-előállítás – és hasznosítás, FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest

MAROSVÖLGYI B. – IVELICS R. (2005): Short rotation coppice in Hungary. Bioenergy International, Stockholm (13): p. 13.

MAROSVÖLGYI B. (2001): Faenergetika I., Nyugat-magyarországi Egyetem, Energetikai Tanszék, Jegyzet, Sopron.

MAROSVÖLGYI B. (2001.a): Biomassza hasznosítás I., Nyugat-magyarországi Egyetem, Energetikai Tanszék, (előadás), Sopron

MATHANKER S. K. – HANSEN A. C. (2015): Impact of miscanthus yield on harvesting cost and fuel consumption. Biomass and Bioenergy, 81: p. 162-166.

MAUGHAN M. – BOLLERO G. – LEE D. K. – DARMODY R. – BONOS S. – CORTESE L. – MURPHY J. – GAUSSOIN R. – SOUSEK M. – WILLIAMS D. – WILLIAMS L. – MIGUEZ F. – VOIGHT T. (2012): *Miscanthus x giganteus* productivity: the effects of management in different environments. Global Change Biology Bioenergy 4: p. 253-265.

MEDAKOVIC V. – VASKOVIC S. (2015): Starting a business in connection with the use of renewable energy resources. Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, XIII: p. 207-212. ISSN: 1584-2673.

MEEHAN P. G. – FINNAN J. M. – MC DONELL K. P. (2013): The effect of harvest date and harvest method on the combustion characteristics of *Miscanthus x giganteus*. GBC Bioenergy, 5: p.487-496.

MEKH (2015): A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2014. évi statisztikai adatai. Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal, Villamos Energia Kiadványok. http://mekh.hu/. Letöltve: 2015.12.21.

MEKH (2016): Földgáz import adatok. Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal. http://mekh.hu/foldgaz-import-adatok. Letöltve: 2016.03.02.

MELDOLESI A. (2013): Water stress survivors. Nature Biotechnology, 31(3): p. 188.

MIGUEZ F. E. – ZHU X. – HUMPHRIES S. – BOLLERO G. A. – LONG S. P. (2009): A semimechanistic model predicting the growth and production of the bioenergy crop *Miscanthus x giganteus*: description, parameterization and validation. GCB Bioenergy, 1: p. 282-296.

MOILANEN A. – NIEMINEN M. – SIPILA K. – KURKELA E. (1996): Ash behaviour in thermal fluidized-bed conversion proccesses of woody and herbaceous biomass. In: CHARTIER P. – FERRERO G. L. – HENIUS U. M. – HULTBERG S. – SACHAU J. – WIINBLAD M., editors. Biomass for energy and the environment: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark. New York: Pergamon, 1996, p. 1227-1232.

MUSSHOFF O. (2012): Growing short rotation coppice on agricultural land in Germany: a real options approach. Biomass Bioenergy, 41: p. 73-85.

MVH (2011): www.mvh.gov.hu. Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal. Letöltve: 2011.12.10.

MVH (2014): www.mvh.gov.hu. Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal. Letöltve: 2014.12.11.

NAÁRNÉ T. ZS. – ORLOVITS ZS. (2013): Járadékelméletek – a termelési tényezők szerepéről, a földjáradék jövedelemelosztási jelentőségéről. Valóság online, I-IV. sz. http://www.valosagonline.hu/index.php?oldal=cikk&cazon=1122&lap=0. Letöltve: 2016.04.28.

NAGY J. – KÁTAI L. – NAGY I. – KAJTÁR P. – SZABÓ E. (2009): Machine development for Miscanthus planting. Publikáció a Jedlik Ányos program keretein belül. www.biowatt.hu

NFM (2011.a): Nemzeti Energiastratégia 2030, p. 30-32.

NFM (2011.b): Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve 2010-2020, p. 35-39.

NIELSEN P. N. (1987): The productivity of the *Miscanthus cultivar Giganteus*. Tidsshr Planteavl, 91: pp. 361-368.

NISHIWAKI A. – MIZUGUTI A. – KUWABARA S. – TOMA Y. – ISHIGAKI G. – MIYASHITA T. – YAMADA T. – MATUURA H. – YAMAGUCHI S. – RAYBURN A. L. – AKASHI R. – STWEART J. R. (2011): Discovery of natural Miscanthus (Poaceae) triploid plants in sympatric populations of Miscanthus sacchariflours and Miscanthus sinensis in southern Japan. Am J Bot., 98: p.154-159.

O'NEILL N. R. – FARR D. F. (1996): *Miscanthus* blight, a new foliar disease of ornamental grasses and sugarcrane incited by leptosphaeria sp. and its anamorphic state stagonospora sp. Plant Dis, 80(9): p. 980-987.

OMSZ (2012): A 2012-es rendkívüli aszály meteorológiai háttere. Tanulmány, 2012. október.

OMSZ (2016): Térítésmentes adatszolgáltatás PhD dolgozat elkészítéséhez, 2016.

OTTE C. – SCHWANKE J. – JENSCH P. (1996): Automatic Micropropagation of Plants. SPIE, Voluma 2907 (1): p. 80-87.

PAPP V. – MAROSVÖLGYI B. (2012): A pellet mint megújuló energiahordozó előállítása, hasznosítása és energetikai értékelése, Energiagazdálkodás, 53. évf., 2: pp. 18-20.

PARI L. (1996): First trials on Arundo donax and Miscanthus rhizomes harvestig. In: CHARTIER P. – FERRERO G. L. – HENIUS U. M. – HULTBERG S. – SACHAU J. – WIINBLAD M., editors. Biomass for energy and the environment: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark. New York: Pergamon, 1996, p. 889-894.

PERCZE A. – PÓSA B. – SINGH M. K. (2008): The effect of the drought stress on the planting of *Miscanthus sinensis*. Publikáció a Jedlik Ányos program keretein belül. www.biowatt.hu

PERCZE A. (2010): A kínai nád (*Miscanthus sinensis*) hazai termesztésének tapasztalatai. Agrofórum, 2010. július, p. 75-78.

PETERSEN K. K. – HAGBERG P. – KRISTIANSEN K. (2002): *In vitro* chromosome doubling of *Miscanthus sinensis*. Plant Breeding, (121): p. 445-450.

PINTÉR CS. (2015): A *Miscanthus sinensis* 'Tatai' „energianád" fajta betakarítási technológiájának ökonómiai vizsgálata. Energia a mindennapokban, Verseny & Konferencia, Debrecen. Konferencia kiadvány: p. 73-81. ISBN: 978-615-5212-33-8.

PINTÉR CS. (2016): Magyarországon nemesített *Miscanthus sinensis* 'Tatai' „energianád"-fajta biomassza-erőművekben történő hasznosítására kialakított betakarítási rendszer bemutatása. Acta Agraria Debreceniensis. Agrártudományi Közlemények, 2016/69: p. 143-150. HU-ISSN 1587-1282. www.agr.unideb.hu/acta/

PINTÉR G. – KIS-SIMON T. – WEISZ M. – NÉMETH K. (2012): Opportunities for the energy usage of non-arboreal agricultural by-products in Hungary, Visegrad Journal, 1: p. 16-19.

PINTÉR G. – KIS-SIMON T. (2013): A közúti infrastruktúra-hálózat hatása a biomassza tüzelésére Magyarországon, LIV Georgikon Napok, Keszthely

PINTÉR G. – NÉMETH K. – KIS-SIMON T. (2009): A szőlővenyige és a fanyesedék biomasszaerőművi beszállításának gazdasási elemzése, Gazdálkodás, Agrárökonómiai tudományos folyóirat, 53. évf., 4: 357-363. p.

PORVAZ P. – TÓTH S. – MARCIN A. (2012): Cultivation of Chinese Silvergrass (Miscanthus sinensis 'Anderss.') on the East Slovak Lowland as a potential source of raw material for energy purposes. Agriculture, 58 (4): p. 146-153.

PÓSA B. – PERCZE A. – LEHOCHZY É. (2009): Az energianád (*Miscanthus*) rizóma, mint szaporítóanyag vizsgálata. Publikáció a Jedlik Ányos program keretein belül. www.biowatt.hu

PRCIK M. – KOTRLA M. (2015): Targeted cultivation of the energy plants in conditions of the Slovak regions. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, Vol. 15, Issue 1: p. 399-403.

PRICE L. – BULLARD M. – LYONS H. – ANTHONY S. – NIXON P. (2004): Identifying the yield potential of *Miscanthus x giganteus*: An assessment of the spatial and temporal variability of *Miscanthus x giganteus* biomass productivity across England and Wales. Biomass and Bioenergy, Vol. 26, No. 2: pp. 3-13.

PUDE R. – FRANKEN H. – DIEPENBROCK W. – GREEF J. M. (1997): Ursachen der Auswinterung von einjährigen Miscanthus – Beständen. Pflanzenbauwissenschaften, 1: pp. 171-176.

PUDE R. (1998): Winterfestigkeit von Miscanthus in der Etablierungsphase. Beiträge zu den Agrarwissenschaften, Band 14, Verlag M. Wöhle, Wittenschlick, Bonn PhD, Bonn, 1998.

PUDE R. (2010): Internationale Miscanthus-Tagung, Miscanthus – Netzwerke und Visionen, Vol. 6., Universitätsdruckerei, Bonn.

RIZZO D. – MARTIN L. – WOHLFAHRT J. (2014): *Miscanthus* spatial location as seen by farmers: a machine learning approach to model real criteria. Biomass Bioenergy, 66: p. 348-363.

SACKS E. J. – JUVIK J. A. – LIN Q. – YAMADA T. (2013): The gene pool of Miscanthus species and its iprovement. Genomics of the Saccharinae, pp. 73-101.

SCHEFFRAN J. – BENDOR T. (2009): Bioenergy and land use: a spatial-agent dynamic model of energy crop production in Illinois. Int J Environ Pollut, 39(1-2): p. 4-27.

SCHWARZ H. – LIEBHARD P. – EHRENDORFER K. – RUCKENBAUER P. (1994): The effect of fertilization on yield and quality of Miscanthus sinensis 'giganteus'. Industrial Crops and Products, 2: p. 153-159.

SCHWARZ H. – LIEBHARD P. (1995): Fertilisation effects on production of *Miscanthus sinensis* 'Giganteus'. Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry, pp. 523-529. Elsevier, Oxford.

SCHWARZ H. (1993): Untersuchungen zu einer bedarfsgerechten Nährohstoffversorgung und Optimierung weiterer steuerbarer Produkstionsfaktoren bei Miscanthus sinensis 'Giganteus'. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, Austria, 1993.

SCHWARZ K-U – KJELDSEN J. B. – MUNZER W. – JUNGE R. (1998): Low cost establishment and winter survival of *Miscanthus x giganteus*. In: KOPETZ H. – WEBER T. – PALZ W. – CHARTIER P. – FERRERO G. L., editors. Biomass for energy and environment: Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Würzburg, Germany. Rimpar, Germany: C. A. R. M. E. N., 1998: p. 947-950.

SCHWARZ K-U. – GREEF J. M. – SCHNUG E. (1995): Untersuchungen zur Etablierung und Biomassebildung von Miscanthus giganteus unter verschiedenen Umweltbedingungen. In: Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 155. Braunschweig-Völkenrode, Germany: Bunderforschungsanstalt für Landwirtschaft, FAL, 1995.

SCHWARZ K-U. – MURPHY D. P. L. – SCHNUG E. (1994): Studies of the growth and yield of *Miscanthus x giganteus* in Germany. Aspects of Applied Biology, 1994, 40: pp. 533-540.

SCHWARZ K-U. – SCHUNG E. (1993): Ertragsentwicklung bei mehrjährigen Beständen von *Miscanthus x giganteus*. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 6: p. 125-128.

SEMBERY P. – TÓTH L. (2004): Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó Ház.

SERAFIN F. – AMMON H. U. (1995): Unkrautbekämpfung in Chinaschilf. Die Grüne, 6: p. 2-3.

SHASTRI Y. – RODRIGUEZ L. – HANSEN A. – TING K. C. (2011): Agent-based analysis of biomass feedstock production dynamics. Bioenergy Res, 4(4): p. 258-275.

SHERRINGTON C. – BARTLEY J. – MORAN D. (2008): Farm-level constraints on the domestic supply of perennial energy crops in the UK. Energy Policy, 36(7): p. 2504-2512.

SHERRINGTON C. – MORAN D. (2010): Modelling farmer uptake of perennial energy crops in the UK. Energy Policy, 38: p. 3567-3578.

SHIELD I. F. – BARRACLOUGH T. J. P. – RICHE A. B. – YATES N. E. (2014): The yield and quality response of the energy grass *Miscanthus x giganteus* to fertiliser applications of nitrogen, potassium and sulphur. Biomass and Bioenergy, 68: p. 185-194.

SMEETS E. M. – LEWANDOWSKI I. M.- FAAIJ A. P. (2009): The economical and environmental performance of Miscanthus and shwitchgrass production and supply chains in a European setting. Renew Sustain Energy Rev, 13(6-7): p. 1230-1245.

SPICER M. R. – FAGAN C. C. – WARD S. – MCDONNELL K. (2012): Economic assessment of commercial biofuel production in Ireland. Energy Sources Part B – Econ Plan Policy, 7(1): p. 10-20.

SRU (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. Eric Schmidt Verlag, Berlin.

STEWART J. R. – TOMA Y. – FERNANDEZ F. G. – NISHIWAKI A. – YAMADA T. – BOLLERO G. (2009): The ecology and agronomy of Miscanthus sinensis, a species important to bioemergy crop development in its native range in Japan: a review. Glob. Change Biol. Bioenergy, 1: p. 126-153.

STRULLU L. – FERCHAUD F. – YATES N. – SHIELD I. – BEAUDOIN N. – CORTAZAR-ATATURI I. – BESNARD A. – MARY B. (2015): Multisite yield gap analysis of *Miscanthus x giganteus* using the STICS model. Bioenerg. Res., 8: p. 1735-1749.

STYLES D. – THRONE F. – JONES M. B. (2007): Energy crops in Ireland: an economic comparison of willow and *Miscanthus* production with conventional farming systems. Biomass Bioenergy, 32(5): p. 407-421.

SZANISZLÓ A. – BAYOUMI H. E. A. F. – BÁLINT Á. (2015): Alternatív termőhely, mint új lehetőségek alkalmazása a biológiai szennyvíztisztításban. Economica, Vol. 8, Issue 3, p. 294-300.

TAYOT X. – CHARTIER M. – VARLET-GRANCHER C. – LEMAIRE G. (1995): Potential above-ground dry matter production of *Miscanthus* in north-central France compared to sweet sorghum. Biomass for Energy, Envirionment, Agriculture and Industry, pp. 556-564. Elsevier, Oxford.

TEAT A. L. – NEUFELD H. S. – GEHL R. J. – GONZALES E. (2014): Growth and yield of Miscanthus x giganteus grown in fertilized and biochar-amended soils in the Western North Carolina Mountains. CASTANEA, 80 (1): p. 45-58.

THIEMANN R. (1995): Produktionstechnik von *Miscanthus*. In: Symposium Miscanthus – Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe", Vol. 4, Münster, Germany: Landwirtschaftsverlag, 1995, p. 103-111.

THINGGAARD K. (1997): Study of the role of fusarium in the field establishment problem of Miscanthus. Acta Agric Scand Sect B – Soil Plant Sci, 47(4): p. 238-241.

THOMAS A. – BOND A. – HISCOCK K. A. (2013): GIS based assessment of bioenergy potential in England within existing energy systems. Biomass Bioenergy, 55: p. 107-121.

TOLJAN I. – TOKAI M. – SKUBIN G. (2012): Development of Construction of Renewable Energy Sources in Croatia, Hungary and Slovenia through regional approach. Institute of Electrical and Electronics Engineers, p. 1-7.

VAN DER HILST F. – DORNBURG W. – SANDERS J. – ELBERSEN B. – GRAVES A. – TURKENBURG W. C. – ELBERSEN H. W. – VAN DAM J. M. C. – FAAIJ A. P. C. (2010): Potential, spatial distribution and economic performance of regional biomass chains: the north of the Netherlands as example. Agricultural Systems, 103(7): p. 403-417.

VAN DER WERF H. M. G. – MEIJER W. J. M. – MATHIJSSEN E. W. J. M. – DARWINKEL A. (1992): Potential dry matter production of *Miscanthus sinensis* in The Netherlands. Industrial Crops and Products, Vol. 1, No. 2-4: pp. 203-210.

VASCO J. – LI Y. (2015): Solid-state anaerobic digestion of fungal pretreated *Miscanthus sinensis* harvested in two different seasons. Bioresource Technology, 185: p. 211-217.

VAVROVA K. – KNAPEK J. (2012): Economic assessment of *Miscanthus* cultivation for energy purposes in the Czech Republic. J Jpn Inst Energy, 91(6): p. 485-494.

VENTURI P. – GIGLER J. K. – HUISMAN W. (1999): Economical and technical comparison between herbaceous (*Miscanthus x giganteus*) and woody energy crops (*Salix viminalis*). Renew Energy, 16(1-4): p. 1023-1026.

VENTURI P. – HUISMAN W. – MOLENAAR J. (1998): Mechanisation and costs of primary production chains for Miscanthus x giganteus in the Netherlands. Journal of Agricultural Engineering Research, 69: p. 209-215.

VISSER I. (1996): Co-combustion of Miscanthus and coal. In: CHARTIER P. – FERRERO G. L. – HENIUS U. M. – HULTBERG S. – SACHAU J. – WIINBLAD M., editors. Biomass for energy and the environment: Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark. New York: Pergamon, 1996, p. 1460-1461.

VYN R. J. – VIRANI T. – DEEN B. (2012): Examining the economic feasibility of *Miscanthus* in Ontario: an application to the greenhouse industry. 50/1. Energy Policy, p. 669-676.

WALSH M. (1997): Miscanthus handbook. EU project FAIR 3-CT96-1707. Cork, Ireland: Hyperion.

WANG D. – MAUGHAN M. – SUN J. – FENG X. – MIGUEZ F. – LEE D. – DIETZE M. (2012): Impact of nitrogen allocation on growth and photosynthesis of *Miscanthus* (*Miscanthus x giganteus*). Global Change Biology Bioenergy, 4: p. 688-697.

WANG S. – WANG S. – SUN J. – HASTINGS A. – POGSON M. – SMITH P. (2012): Economic and greenhouse gas costs of *Miscanthus* supply chains in the United Kingdom. GCB Bioenergy, 4: p. 358-363.

WERNER I. (1995): Umweltaspekte im Miscanthusanbau – Wurzeluntersuchungen, phytosanitäre Untersuchungen und Untersaaten. In: Symposium Miscanthus – Biomassebereitstellung, energetische und stoffliche Nutzung. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe", Vol. 4, Münster, Germany: Landwirtschaftsverlag, 1995, p. 87-101.

WIESLER F. – DICKMANN J. – HORST W. J. (1997): Effects of nitrogen supply on growth and nitrogen uptake by *Miscanthus sinensis* during establishment. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, Vol. 160, No. 1: pp. 25-31.

WITZEL C-P. – FINGER R. (2015): Economic evaluation of *Miscanthus* production – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 53: p. 681-696.

WOLBERT-HAVERKAMP M. (2012): *Miscanthus* and poplar plantations in short rotation as an alternative to classical crop husbandry – a risk analysis by means of Monte Carlo simulation. Ber Landwirtsch, 90(2): p. 302-316.

ZAUSSINGER A.- DISSEMOND H. (1995): Trocknung von Miscanthus. Bereicht aus Energie- und Umweltforschung 9/95. Vienna, Austria: Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, 1995. 87pp.

ZIMMERMANN J. – STYLES D. – HASTINGS A. – DAUBER J. – JONES M. B. (2014): Assessing the impact of within crop heterogenety („patchiness") in young *Miscanthus x giganteus* fields on economic feasibility and soil carbon sequestration. GCB Bioenergy, 6(5): p. 566-576.

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra:	Első éves MsT ültetvény, Tata, 2009	138. old.
2. ábra:	MsT tövön összeállt rizómák, Tata, 2009	138. old.
3. ábra:	Mosott gyökerű MsT növények, Tata, 2009	139. old.
4. ábra:	MsT palánták telepítése, Ács, 2011	139. old.
5. ábra:	Burkolt gyökerű MsT palánták, Tata, 2010	140. old.
6. ábra:	Különböző helyszíneken telepített MsT ültetvények hozambecslése, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2010-2012	57. old.
7. ábra:	MsT ültetvény szűrzúzása, Ács, 2010	140. old.
8. ábra:	MsT ültetvény rendsodrása, Tata, 2011	141. old.
9. ábra:	MsT-ből készített nagy hasábbála, Ács, 2010	141. old.
10. ábra:	MsT hengerbálázása, Tata, 2011	142. old.
11. ábra:	MsT-ből készült hengerbálák kamionra rakása, Tata, 2011	142. old.
12. ábra:	MsT betakarításának egymásra épülő műveletsora, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2009-2012	143. old.
13. ábra:	MsT ültetvény felszámolása, Tata, 2014	144. old.
14. ábra:	MsT ültetvény víz alatt, Ács, 2010	144. old.
15. ábra:	Magasabb MsT tövek részleges vízborítás alatt, Ács, 2010	145. old.
16. ábra:	MsT palánták előállításának és nevelésének költsége, Tata, 2009	76. old.
17. ábra:	MsT ültetvény betakarításával és a bálák elszállításával kapcsolatos költségek egymáshoz viszonyított mértéke, 2015	81. old.
18. ábra:	MsT ültetvény betakarításával és a bálák elszállításával kapcsolatos költségeknek a teljes betakarítási költséghez viszonyított aránya, 2015	82. old.
19. ábra:	MsT ültetvény betakarításával és a bálák elszállításával kapcsolatos költségek összesítve, 400 kg és 500 kg tömegű bálák készítésekor, 120 és 40 km-es szállítási távolságok, illetve 12 és 18 t/ha hozamok mellett, 2015	85. old.
20. ábra:	*Miscanthus* ültetvények különböző országokból származó minimális, maximális hozamadatok, illetve az átlagos hozamamok szórása, 2015	87. old.
21. ábra:	*Miscanthus* ültetvények különböző országokból származó minimális, maximális ára, illetve az átlagos átvételi ár szórása, 2015	91. old.
22. ábra:	1 t MsT erőművek részére történő értékesítése során realizált profit mértékének változása, különböző bálatömeg, szállítási távolság, hozamok és átvételi ár esetén, 2015	93. old.

23. ábra: 1 t MsT erőműi értékesítésének haszna, különböző közúti szállítási távolságok mellett, 2015 104. old.

24. ábra: 1 t MsT erőműi értékesítésének haszna, illetve szállítási határtávolsága, különböző szállítási díj, bálatömeg és átvételi ár mellett, 2015 107. old.

25. ábra: 1 ha MsT ültetvény eltérő hozamadatai alapján számított energetikai hatékonysága, 400 kg tömegű bálák és 120 km-es közúti szállítási távolság mellett 2014 111. old.

26. ábra: 12 t/ha biomassza-hozamú MsT ültevény betakarítása során számított energetikai hatékonyság alakulása, eltérő szállítási távolságok mellett, 2014 111. old.

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat:	Különböző európai országokban feljegyzett *Miscanthus* hozamok, N műtrágya alkalmazása mellett	20. old.
2. táblázat:	Különböző európai országokban mért *Miscanthus* hozamok	22. old.
3. táblázat:	MsT szaporítása rizómákra osztással, Tata, 2009, Ács, 2010	49. old.
4. táblázat:	Különböző sor-és tőtávolsággal telepített MsT ültetvények jellemzői, Tata, 2009	52. old.
5. táblázat:	Különböző időpontokban telepített MsT ültetvények eredése, Tata, 2009-2010, Ács, 2010-2011	54. old.
6. táblázat:	Különböző helyszíneken telepített MsT ültetvények körülményei és hozambecslése, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2010-2012	56. old.
7. táblázat:	Üzemi méretű MsT ültetvényrendszer szárzúzására vonatkozó kísérletek eredményei, Ács, 2010	60. old.
8. táblázat:	Üzemi méretű MsT ültetvényrendszer szárzúzására vonatkozó kísérletek eredményei, Ács, 2010	62. old.
9. táblázat:	Üzemi méretű MsT biomassza bálázásával kapcsolatos kísérletek eredményei, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2010-2012	64. old.
10. táblázat:	MsT bálák logisztikájával kapcsolatos kísérletek eredményei, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2010-2012	67. old.
11. táblázat:	Extrém szárazságnak kitett MsT növények fejlődése normál körülmények között fejlődő ültetvényhez képest, Pusztaszer, Ács, 2012	72. old.
12. táblázat:	MsT palánták / rizómák előállításának és nevelésének költsége, Tata, 2009	75. old.
13. táblázat:	1 ha MsT ültetvény telepítésének és felszámolásának költsége, palánta / rizóma szaporítóanyaggal való telepítés során Tata, Ács, 2010-2011	77. old.
14. táblázat:	MsT ültetvény betakarításával és a bálák elszállításával kapcsolatos költségek összesítve, 2015	81. old.
15. táblázat:	1 t MsT betakarításának és elszállításának költsége, különböző hozamok, bálatömeg és szállítási távolság mellett, 2015	84. old.
16. táblázat:	Különböző helyszíneken telepített MsT ültetvények hozambecslése és tényleges hozamadatai, valamint nedvességtartalma, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2010-2012	89. old.
17. táblázat:	1 t MsT betakarításának és elszállításának költsége összehasonlítva eltérő erőműi átvételi árakkal, különböző hozamok, bálatömeg és szállítási távolság mellett, 2015	92. old.
18. táblázat:	1 ha MsT ültetvény létrehozásának és üzemeltetésének nettó jelenértéke, 2015	96. old.

19. táblázat: 1 ha MsT ültetvény létrehozásának és üzemeltetésének nettó jelenérték számításához kapcsolódó feltételek, 2015 97. old.

20. táblázat: 1 ha MsT ültetvény létrehozásának és üzemeltetésének nettó jelenértéke, (b) jelű feltételek mellett, 2015 99. old.

21. táblázat: 1 ha MsT ültetvény létrehozásának és üzemeltetésének nettó jelenértéke, (c) jelű körülmények megvalósulása mellett, 2015 99. old.

22. táblázat: 1 ha MsT ültetvény létrehozásának és üzemeltetésének nettó jelenértéke, (d) jelű körülmények között, 2015 100. old.

23. táblázat: 1 ha MsT ültetvény létrehozásának és üzemeltetésének nettó jelenértéke, (e) jelű feltételek esetén, 2015 100. old.

24. táblázat: 1 t MsT betakarításának költsége és a szállításra fordítható összeg mértéke, 2015 102. old.

25. táblázat: 1 t MsT betakarításának költsége és haszna, változó közúti szállítási távolság mellett, 2015 103. old.

26. táblázat: 1 t MsT betakarításának költsége és a szállításra fordítható összeg nagysága, változó szállítási díj, bálatömeg és átvételi ár mellett, 2015 105. old.

27. táblázat: 1 ha MsT ültetvény betakarításakor az erőgépek által felhasznált gázolaj mennyisége és fűtőértéke, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2014 109. old.

MELLÉKLETEK

1. Melléklet

1. ábra: Első éves MsT ültetvény, Tata, 2009 (Fotó: PINTÉR)

2. ábra: MsT tövön összeállt rizómák, Tata, 2009 (Fotó: MAROSVÖLGYI)

3. ábra: Mosott gyökerű MsT növények, Tata, 2009 (Fotó: PINTÉR)

4. ábra: MsT palánták telepítése, Ács, 2011 (Fotó: PINTÉR)

5. ábra: Burkolt gyökerű MsT palánták, Tata, 2010 (Fotó: PINTÉR)

7. ábra: MsT ültetvény szűrzúzása, Ács, 2010 (Fotó: PINTÉR)

Az ábrán megfigyelhető a traktor elejére hegesztett terelőlemez, amely meggátolja a hűtő átszúrását, ezáltal a munkafolyamat megszakítását.

8. ábra: MsT ültetvény rendsodrása, Tata, 2011 (Fotó: PINTÉR)

9. ábra: MsT-ből készített nagy hasábbála, Ács, 2010 (Fotó: PINTÉR)

10. ábra: MsT hengerbálázása, Tata, 2011 (Fotó: PINTÉR)

11. ábra: MsT-ből készült hengerbálák kamionra rakása, Tata, 2011 (Fotó: PINTÉR)

12. ábra: MsT betakarításának egymásra épülő műveletsora, Tata, Ács, Nagyszentjános, 2009-2012 (Fotók: PINTÉR)

Az ábra bal felső sarkában 3 éves, záródott MsT állomány látható nyáron, mellette leszáradt, betakarításra váró ültetvény képe foglal helyet. Ez alatt RZ-2 Z119/Z010-es típusú szárzúzó látható munka közben MTZ-820-as típusú erőgéppel összekapcsolva, ami mellett Class Liner 390 típusú, kardános rendsodró és az azt meghajtó Massey Ferguson 5435-ös erőgép dolgozik. Alatta Krone BigPack HDP 1290-es nagy hasábbálázóésJohn Deere traktor, illetve Krone F155-ös típusú hengerbálázó és az azt meghajtó Belarus 820.2-es típusú erőgép figyelhető meg. Az ábra legalsó sorában Manitou típusú rakodógép, valamint 24 tonnás MAN kamion szerepelnek (PINTÉR, 2015).

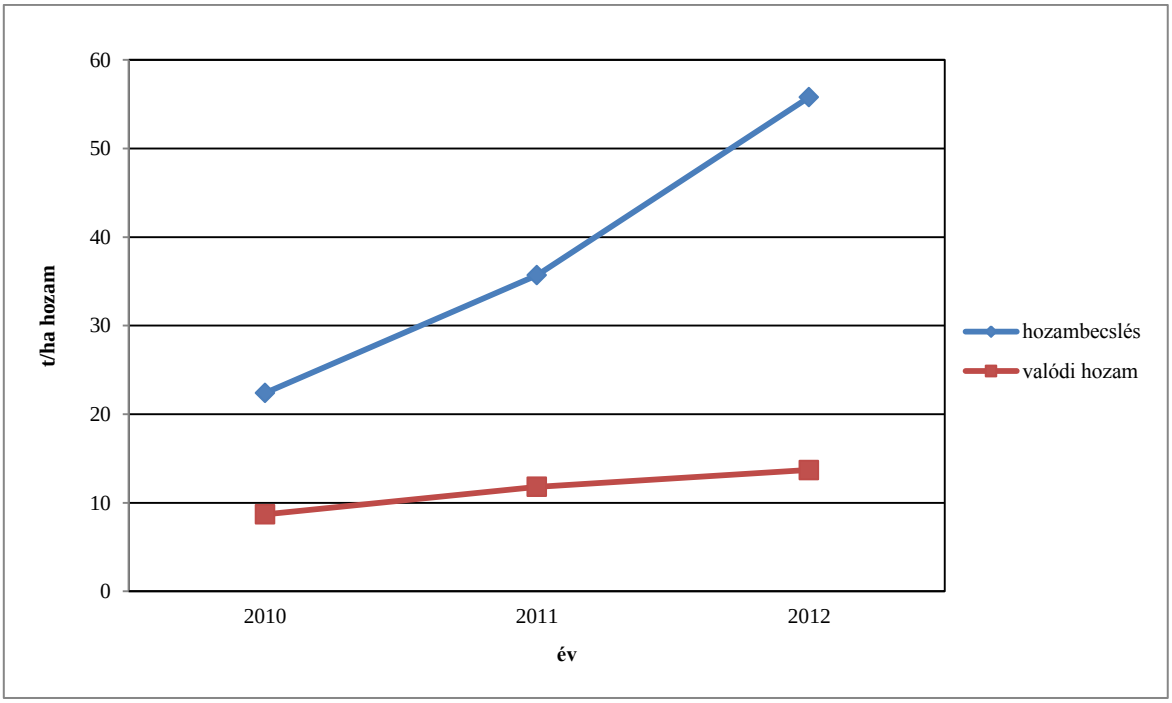
13. ábra: MsT ültetvény felszámolása, Tata, 2014 (Fotó: PINTÉR)

14. ábra: MsT ültetvény víz alatt, Ács, 2010 (Fotó: PINTÉR) (HORVÁTH ET AL., 2010)

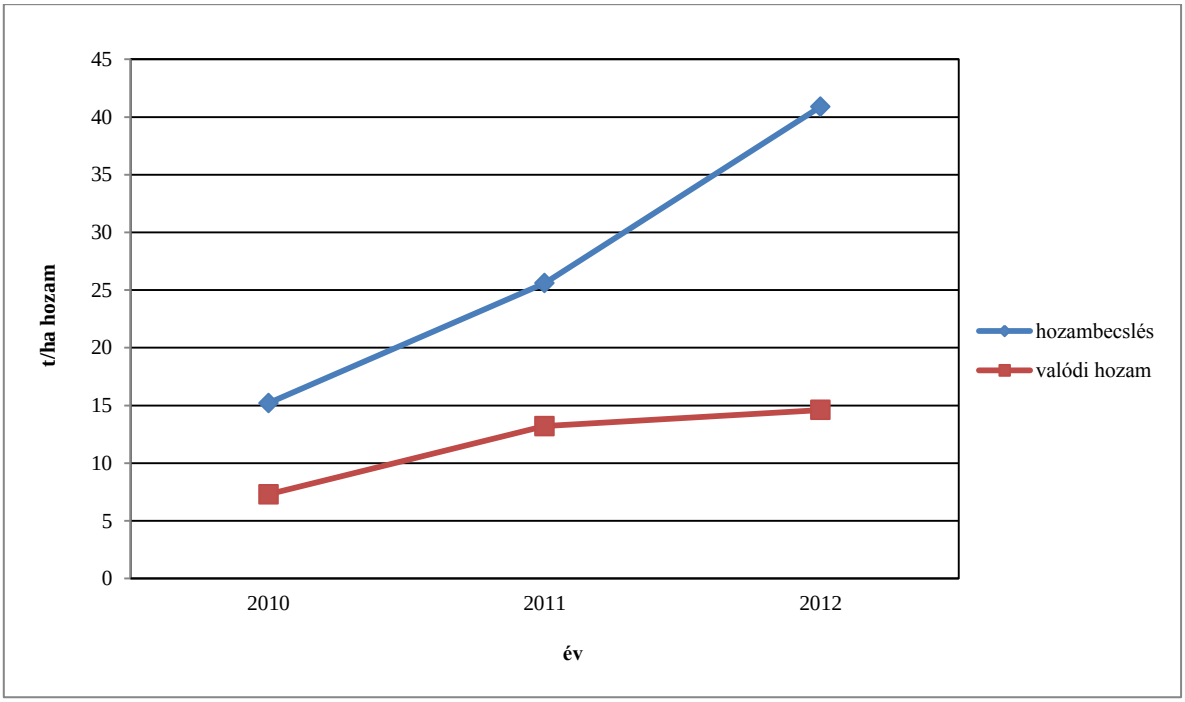
15. ábra: Magasabb MsT tövek részleges vízborítás alatt, Ács, 2010 (Fotó: PINTÉR) (HORVÁTH ET AL., 2010)

2. Melléklet

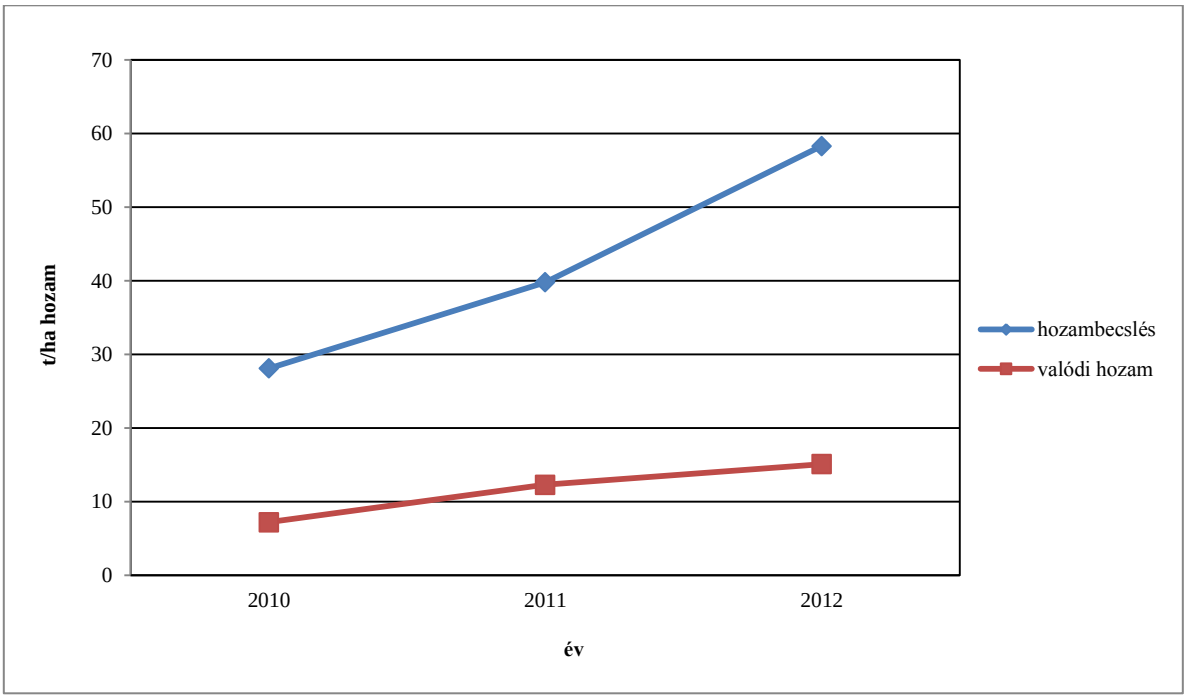
MsT hozambecslése és az erőműi visszajelzések alapján mért valódi hozamok közötti eltérés bemutatása, (a) jelű helyszín



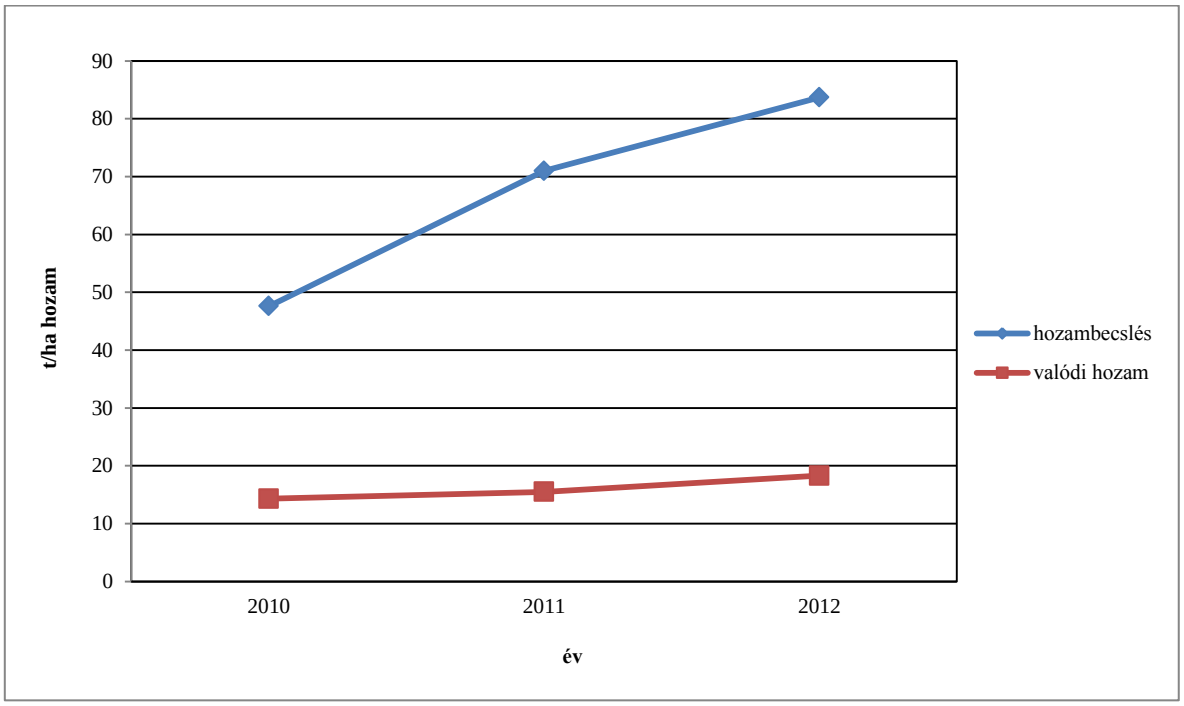
MsT hozambecslése és az erőműi visszajelzések alapján mért valódi hozamok közötti eltérés bemutatása, (b) jelű helyszín



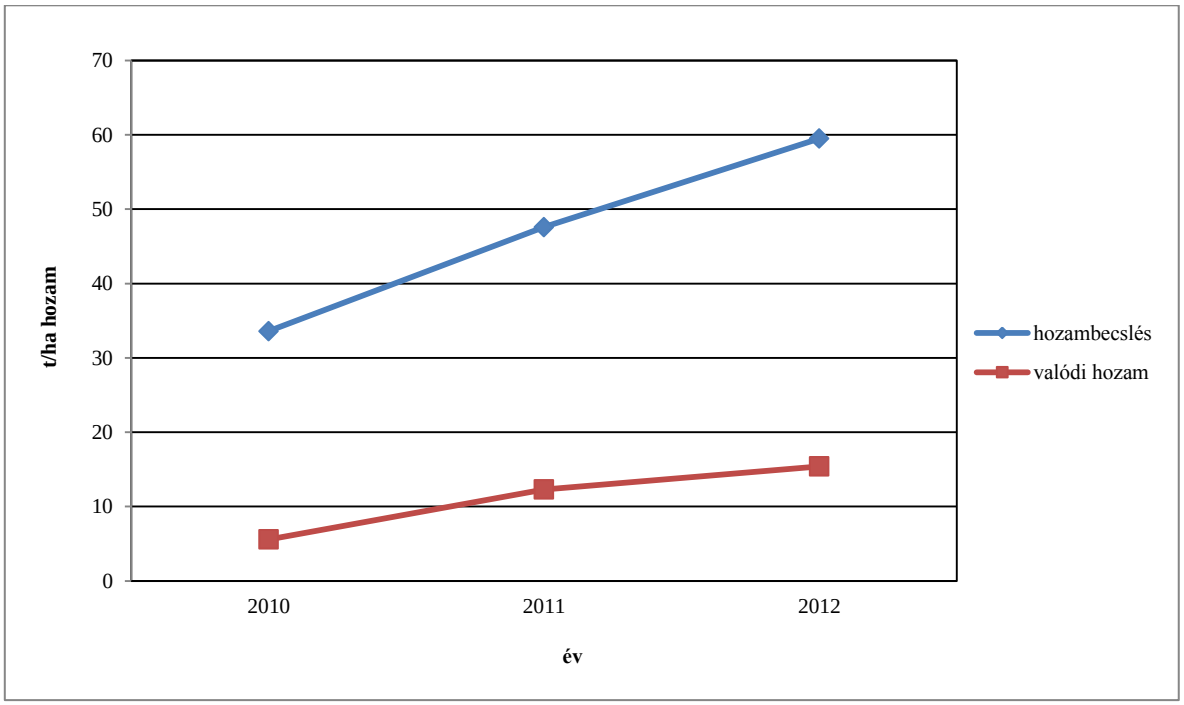
MsT hozambecslése és az erőműi visszajelzések alapján mért valódi hozamok közötti eltérés bemutatása, (c) jelű helyszín



MsT hozambecslése és az erőműi visszajelzések alapján mért valódi hozamok közötti eltérés bemutatása, (d) jelű helyszín



MsT hozambecslése és az erőműi visszajelzések alapján mért valódi hozamok közötti eltérés bemutatása, (e) jelű helyszín



3. Melléklet

MsT beruházás nettó jelenértéke *500 kg tömegű bálák, 120 km-es közúti szállítási távolság, 15.000 Ft/t átvételi ár* mellett

OUTPUT

Cash Flow (Ft/ha)

Évek száma		**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**Total / Atlag**
Bevétel		**68 000**	**69 020**	**70 055**	**227 958**	**263 218**	**299 485**	**336 781**	**375 128**	**380 754**	**420 768**	**427 079**	**433 485**	**404 119**	**410 181**	**379 381**	**385 071**	**352 778**	**319 429**	**324 220**	**289 275**	**212 803**	**6 448 988**
(4.) csoport (Ft)	árbevétel (15.000 Ft/t)	-	-	-	156 852	191 045	226 230	262 426	299 658	304 153	343 017	348 162	353 385	322 817	327 659	295 621	300 056	266 487	231 844	235 321	199 043	121 217	4 784 993
	kiegészítő támogatások (terület alapú támogatás)	68 000	69 020	70 055	71 106	72 173	73 255	74 354	75 469	76 601	77 751	78 917	80 101	81 302	82 522	83 759	85 016	86 291	87 585	88 899	90 233	91 586	1 663 996
Kiadás		**-585 000**	**-112 665**	**-62 844**	**-109 169**	**-120 571**	**-132 290**	**-144 335**	**-156 710**	**-159 061**	**-171 966**	**-174 545**	**-177 164**	**-168 821**	**-171 354**	**-162 592**	**-165 031**	**-155 831**	**-146 319**	**-148 514**	**-138 534**	**-155 638**	**-3 518 952**
Beruházás		***-524 000***	***-50 750***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***-39 809***	***-614 559***
(1.) csoport (Ft)		-456 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	szaporítóanyag beszerzése / előállítása																						-456 000
	talaj-előkészítés	-23 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-23 000
	telepítés	-45 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-45 000
	elhalt növények pótlása	-	-50 750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-50 750
	ültetvény felszámolása	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-39 809	-39 809
Üzemeltetés		***-61 000***	***-61 915***	***-62 844***	***-109 169***	***-120 571***	***-132 290***	***-144 335***	***-156 710***	***-159 061***	***-171 966***	***-174 545***	***-177 164***	***-168 821***	***-171 354***	***-162 592***	***-165 031***	***-155 831***	***-146 319***	***-148 514***	***-138 534***	***-115 830***	***-2 904 394***
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	-56 000	-56 840	-57 693	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-170 533
	ültetvény körbenyírása	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228	-5 307	-5 386	-5 467	-5 549	-5 632	-5 717	-5 803	-5 890	-5 978	-6 068	-6 159	-6 251	-6 345	-6 440	-6 537	-6 635	-6 734	-122 353
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	-	-	-	-15 685	-15 920	-16 159	-16 402	-16 648	-16 897	-17 151	-17 408	-17 669	-17 934	-18 203	-18 476	-18 753	-19 035	-19 320	-19 610	-19 904	-20 203	-321 379
	rendsodrás	-	-	-	-6 274	-6 368	-6 464	-6 561	-6 659	-6 759	-6 860	-6 963	-7 068	-7 174	-7 281	-7 391	-7 501	-7 614	-7 728	-7 844	-7 962	-8 081	-128 552
	bálázás (1.800 Ft/db)	-	-	-	-37 644	-45 851	-54 295	-62 982	-71 918	-72 997	-82 324	-83 559	-84 812	-77 476	-78 638	-70 949	-72 013	-63 957	-55 642	-56 477	-47 770	-29 092	-1 148 398
	bálák összehordása + kamionra rakása (500 Ft/db)	-	-	-	-10 457	-12 736	-15 082	-17 495	-19 977	-20 277	-22 868	-23 211	-23 559	-21 521	-21 844	-19 708	-20 004	-17 766	-15 456	-15 688	-13 270	-8 081	-319 000
	bálák beszállítása erőművekbe	-	-	-	-33 880	-34 388	-34 904	-35 428	-35 959	-36 498	-37 046	-37 602	-38 166	-38 738	-39 319	-39 909	-40 508	-41 115	-41 732	-42 358	-42 993	-43 638	-694 180
Cash Flow		**-517 000**	**-43 645**	**7 212**	**118 789**	**142 647**	**167 194**	**192 446**	**218 417**	**221 694**	**248 802**	**252 534**	**256 322**	**235 298**	**238 827**	**216 789**	**220 041**	**196 947**	**173 110**	**175 707**	**150 742**	**57 165**	**2 930 036**
Tőkeköltség		6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,5%
Cash Flow Jelenértéke		-517 000	-40 981	6 358	98 339	110 883	122 032	131 890	140 553	133 954	141 158	134 531	128 215	110 515	105 327	89 772	85 558	71 904	59 344	56 558	45 561	16 223	
Cash Flow Nettó Jelenértéke		**1 230 696**																					

A nettó jelenérték számítás alapját képező feltételek a következő táblázatban szerepelnek

FELTÉTELEZÉSEK

Egységárak

Évek száma			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(1.) csoport (Ft)	szaporítóanyag beszerzése / előállítása	Ft / hektar	-456 000	-462 840	-469 783	-476 829	-483 982	-491 242	-498 610	-506 089	-513 681	-521 386	-529 207	-537 145	-545 202	-553 380	-561 681	-570 106	-578 657	-587 337	-596 147	-605 090	-614 166
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	talaj-előkészítés	Ft / hektar	-23 000	-23 345	-23 695	-24 051	-24 411	-24 778	-25 149	-25 526	-25 909	-26 298	-26 692	-27 093	-27 499	-27 912	-28 330	-28 755	-29 187	-29 624	-30 069	-30 520	-30 978
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	telepítés	Ft / hektar	-45 000	-45 675	-46 360	-47 056	-47 761	-48 478	-49 205	-49 943	-50 692	-51 453	-52 224	-53 008	-53 803	-54 610	-55 429	-56 260	-57 104	-57 961	-58 830	-59 713	-60 608
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	elhalt növények pótlása	Ft / hektar	-50 000	-50 750	-51 511	-52 284	-53 068	-53 864	-54 672	-55 492	-56 325	-57 169	-58 027	-58 897	-59 781	-60 678	-61 588	-62 512	-63 449	-64 401	-65 367	-66 348	-67 343
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	ültetvény felszámolása	Ft / hektar	-30 000	-30 450	-30 907	-31 370	-31 841	-32 319	-32 803	-33 295	-33 795	-34 302	-34 816	-35 338	-35 869	-36 407	-36 953	-37 507	-38 070	-38 641	-39 220	-39 809	-40 406
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	Ft / hektar	-56 000	-56 840	-57 693	-58 558	-59 436	-60 328	-61 233	-62 151	-63 084	-64 030	-64 990	-65 965	-66 955	-67 959	-68 978	-70 013	-71 063	-72 129	-73 211	-74 309	-75 424
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	ültetvény körbenyírása	Ft / hektar	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228	-5 307	-5 386	-5 467	-5 549	-5 632	-5 717	-5 803	-5 890	-5 978	-6 068	-6 159	-6 251	-6 345	-6 440	-6 537	-6 635	-6 734
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	Ft / hektar	-15 000	-15 225	-15 453	-15 685	-15 920	-16 159	-16 402	-16 648	-16 897	-17 151	-17 408	-17 669	-17 934	-18 203	-18 476	-18 753	-19 035	-19 320	-19 610	-19 904	-20 203
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	rendsodrás	Ft / hektar	-6 000	-6 090	-6 181	-6 274	-6 368	-6 464	-6 561	-6 659	-6 759	-6 860	-6 963	-7 068	-7 174	-7 281	-7 391	-7 501	-7 614	-7 728	-7 844	-7 962	-8 081
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálázás (1.800 Ft/db)	Ft / db	-1 800	-1 827	-1 854	-1 882	-1 910	-1 939	-1 968	-1 998	-2 028	-2 058	-2 089	-2 120	-2 152	-2 184	-2 217	-2 250	-2 284	-2 318	-2 353	-2 389	-2 424
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálák összehordása + kamionra rakása	Ft / db	-500	-508	-515	-523	-531	-539	-547	-555	-563	-572	-580	-589	-598	-607	-616	-625	-634	-644	-654	-663	-673
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálák beszállítása erőművekbe	Ft / km	-270	-274	-278	-282	-287	-291	-295	-300	-304	-309	-313	-318	-323	-328	-333	-338	-343	-348	-353	-358	-364
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(4.) csoport (Ft)	átvételi ár	Ft/ tonna	15 000	15 225	15 453	15 685	15 920	16 159	16 402	16 648	16 897	17 151	17 408	17 669	17 934	18 203	18 476	18 753	19 035	19 320	19 610	19 904	20 203
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	kiegészítő támogatások / (terület alapú támogatás)	Ft	68 000	69 020	70 055	71 106	72 173	73 255	74 354	75 469	76 601	77 751	78 917	80 101	81 302	82 522	83 759	85 016	86 291	87 585	88 899	90 233	91 586
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	

Egyéb paraméterek

Évek száma			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	hozam (t/ha)		0	0	0	10	12	14	16	18	18	20	20	20	18	18	16	16	14	12	12	10	6
(3.) csoport (Ft)	bála tömege	kg	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
	szállítási távolság	km	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120

Tőkeköltség / lehetőségköltség

Évek száma	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Teljes	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
Alap	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Kockázati prémium	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%

MsT beruházás nettó jelenértéke *500 kg tömegű bálák, 40 km-es szállítási távolság, 15.000 Ft/t átvételi ár* mellett

OUTPUT

Cash Flow (Ft/ha)

Évek száma		**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**Total / Átlag**
Bevétel		**68 000**	**69 020**	**70 055**	**227 958**	**263 218**	**299 485**	**336 781**	**375 128**	**380 754**	**420 768**	**427 079**	**433 485**	**404 119**	**410 181**	**379 381**	**385 071**	**352 778**	**319 429**	**324 220**	**289 275**	**212 803**	**6 448 988**
(4.) csoport (Ft)	árbevétel (15.000 Ft/t)	-	-	-	156 852	191 045	226 230	262 426	299 658	304 153	343 017	348 162	353 385	322 817	327 659	295 621	300 056	266 487	231 844	235 321	199 043	121 217	4 784 993
	kiegészítő támogatások (terület alapú támogatás)	68 000	69 020	70 055	71 106	72 173	73 255	74 354	75 469	76 601	77 751	78 917	80 101	81 302	82 522	83 759	85 016	86 291	87 585	88 899	90 233	91 586	1 663 996
Kiadás		**-585 000**	**-112 665**	**-62 844**	**-86 582**	**-97 645**	**-109 021**	**-120 716**	**-132 737**	**-134 729**	**-147 269**	**-149 478**	**-151 720**	**-142 996**	**-145 141**	**-135 986**	**-138 026**	**-128 421**	**-118 498**	**-120 275**	**-109 872**	**-126 546**	**-3 056 166**
Beruházás		***-524 000***	***-50 750***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***-39 809***	***-614 559***
(1.) csoport (Ft)		-456 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	szaporítóanyag beszerzése / előállítása																						-456 000
	talaj-előkészítés	-23 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-23 000
	telepítés	-45 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-45 000
	elhalt növények pótlása	-	-50 750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-50 750
	ültetvény felszámolása	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-39 809	-39 809
Üzemeltetés		***-61 000***	***-61 915***	***-62 844***	***-86 582***	***-97 645***	***-109 021***	***-120 716***	***-132 737***	***-134 729***	***-147 269***	***-149 478***	***-151 720***	***-142 996***	***-145 141***	***-135 986***	***-138 026***	***-128 421***	***-118 498***	***-120 275***	***-109 872***	***-86 737***	***-2 441 607***
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	-56 000	-56 840	-57 693	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-170 533
	ültetvény körbenyírása	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228	-5 307	-5 386	-5 467	-5 549	-5 632	-5 717	-5 803	-5 890	-5 978	-6 068	-6 159	-6 251	-6 345	-6 440	-6 537	-6 635	-6 734	-122 353
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	-	-	-	-15 685	-15 920	-16 159	-16 402	-16 648	-16 897	-17 151	-17 408	-17 669	-17 934	-18 203	-18 476	-18 753	-19 035	-19 320	-19 610	-19 904	-20 203	-321 379
	rendsodrás	-	-	-	-6 274	-6 368	-6 464	-6 561	-6 659	-6 759	-6 860	-6 963	-7 068	-7 174	-7 281	-7 391	-7 501	-7 614	-7 728	-7 844	-7 962	-8 081	-128 552
	bálázás (1.800 Ft/db)	-	-	-	-37 644	-45 851	-54 295	-62 982	-71 918	-72 997	-82 324	-83 559	-84 812	-77 476	-78 638	-70 949	-72 013	-63 957	-55 642	-56 477	-47 770	-29 092	-1 148 398
	bálák összehordása + kamionra rakása (500 Ft/db)	-	-	-	-10 457	-12 736	-15 082	-17 495	-19 977	-20 277	-22 868	-23 211	-23 559	-21 521	-21 844	-19 708	-20 004	-17 766	-15 456	-15 688	-13 270	-8 081	-319 000
	bálák beszállítása erőművekbe	-	-	-	-11 293	-11 463	-11 635	-11 809	-11 986	-12 166	-12 349	-12 534	-12 722	-12 913	-13 106	-13 303	-13 503	-13 705	-13 911	-14 119	-14 331	-14 546	-231 393
Cash Flow		**-517 000**	**-43 645**	**7 212**	**141 376**	**165 573**	**190 464**	**216 064**	**242 390**	**246 026**	**273 499**	**277 601**	**281 765**	**261 123**	**265 040**	**243 395**	**247 046**	**224 357**	**200 931**	**203 945**	**179 404**	**86 257**	**3 392 822**
Tőkeköltség		6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,5%
Cash Flow Jelenértéke		-517 000	-40 981	6 358	117 038	128 703	139 016	148 076	155 980	148 657	155 170	147 885	140 942	122 645	116 887	100 790	96 058	81 912	68 882	65 648	54 224	24 480	
Cash Flow Nettó Jelenértéke		**1 461 369**																					

A nettó jelenérték számítás alapját képező feltételek a következő táblázatban szerepelnek

FELTÉTELEZÉSEK

Egységárak

Évek száma			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(1.) csoport (Ft)	szaporítóanyag beszerzése / előállítása	Ft / hektar	-456 000	-462 840	-469 783	-476 829	-483 982	-491 242	-498 610	-506 089	-513 681	-521 386	-529 207	-537 145	-545 202	-553 380	-561 681	-570 106	-578 657	-587 337	-596 147	-605 090	-614 166
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	talaj-előkészítés	Ft / hektar	-23 000	-23 345	-23 695	-24 051	-24 411	-24 778	-25 149	-25 526	-25 909	-26 298	-26 692	-27 093	-27 499	-27 912	-28 330	-28 755	-29 187	-29 624	-30 069	-30 520	-30 978
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	telepítés	Ft / hektar	-45 000	-45 675	-46 360	-47 056	-47 761	-48 478	-49 205	-49 943	-50 692	-51 453	-52 224	-53 008	-53 803	-54 610	-55 429	-56 260	-57 104	-57 961	-58 830	-59 713	-60 608
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	elhalt növények pótlása	Ft / hektar	-50 000	-50 750	-51 511	-52 284	-53 068	-53 864	-54 672	-55 492	-56 325	-57 169	-58 027	-58 897	-59 781	-60 678	-61 588	-62 512	-63 449	-64 401	-65 367	-66 348	-67 343
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	ültetvény felszámolása	Ft / hektar	-30 000	-30 450	-30 907	-31 370	-31 841	-32 319	-32 803	-33 295	-33 795	-34 302	-34 816	-35 338	-35 869	-36 407	-36 953	-37 507	-38 070	-38 641	-39 220	-39 809	-40 406
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	Ft / hektar	-56 000	-56 840	-57 693	-58 558	-59 436	-60 328	-61 233	-62 151	-63 084	-64 030	-64 990	-65 965	-66 955	-67 959	-68 978	-70 013	-71 063	-72 129	-73 211	-74 309	-75 424
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	ültetvény körbenyírása	Ft / hektar	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228	-5 307	-5 386	-5 467	-5 549	-5 632	-5 717	-5 803	-5 890	-5 978	-6 068	-6 159	-6 251	-6 345	-6 440	-6 537	-6 635	-6 734
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	Ft / hektar	-15 000	-15 225	-15 453	-15 685	-15 920	-16 159	-16 402	-16 648	-16 897	-17 151	-17 408	-17 669	-17 934	-18 203	-18 476	-18 753	-19 035	-19 320	-19 610	-19 904	-20 203
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	rendsodrás	Ft / hektar	-6 000	-6 090	-6 181	-6 274	-6 368	-6 464	-6 561	-6 659	-6 759	-6 860	-6 963	-7 068	-7 174	-7 281	-7 391	-7 501	-7 614	-7 728	-7 844	-7 962	-8 081
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálázás (1.800 Ft/db)	Ft / db	-1 800	-1 827	-1 854	-1 882	-1 910	-1 939	-1 968	-1 998	-2 028	-2 058	-2 089	-2 120	-2 152	-2 184	-2 217	-2 250	-2 284	-2 318	-2 353	-2 389	-2 424
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálák összehordása + kamionra rakása	Ft / db	-500	-508	-515	-523	-531	-539	-547	-555	-563	-572	-580	-589	-598	-607	-616	-625	-634	-644	-654	-663	-673
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálák beszállítása erőművekbe	Ft / km	-270	-274	-278	-282	-287	-291	-295	-300	-304	-309	-313	-318	-323	-328	-333	-338	-343	-348	-353	-358	-364
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(4.) csoport (Ft)	átvételi ár	Ft/ tonna	15 000	15 225	15 453	15 685	15 920	16 159	16 402	16 648	16 897	17 151	17 408	17 669	17 934	18 203	18 476	18 753	19 035	19 320	19 610	19 904	20 203
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	kiegészítő támogatások / (terület alapú támogatás)	Ft	68 000	69 020	70 055	71 106	72 173	73 255	74 354	75 469	76 601	77 751	78 917	80 101	81 302	82 522	83 759	85 016	86 291	87 585	88 899	90 233	91 586
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	

Egyéb paraméterek

Évek száma			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	hozam (t/ha)		0	0	0	10	12	14	16	18	18	20	20	20	18	18	16	16	14	12	12	10	6
(3.) csoport (Ft)	bála tömege	kg	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
	szállítási távolság	km	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Tőkeköltség / lehetőségköltség

Évek száma	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Teljes	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
Alap	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Kockázati prémium	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%

MsT beruházás nettó jelenértéke *megemelt biomassza-hozam, 500 kg tömegű bálák, 40 km-es szállítási távolság és 15.000 Ft/t átvételi ár* mellett

OUTPUT

Cash Flow (Ft/ha)

Évek száma		**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**Total / Atlag**
Bevétel		**68 000**	**69 020**	**70 055**	**259 328**	**295 059**	**331 803**	**369 584**	**408 423**	**414 549**	**455 069**	**461 895**	**468 824**	**439 987**	**446 587**	**416 333**	**422 578**	**390 848**	**358 070**	**363 441**	**329 084**	**253 209**	**7 091 747**
(4.) csoport (Ft)	árbevétel (15.000 Ft/t)	-	-	-	188 222	222 886	258 548	295 230	332 953	337 948	377 319	382 978	388 723	358 685	364 066	332 574	337 563	304 557	270 484	274 542	238 851	161 623	5 427 752
	kiegészítő támogatások (terület alapú támogatás)	68 000	69 020	70 055	71 106	72 173	73 255	74 354	75 469	76 601	77 751	78 917	80 101	81 302	82 522	83 759	85 016	86 291	87 585	88 899	90 233	91 586	1 663 996
Kiadás		**-585 000**	**-112 665**	**-62 844**	**-96 202**	**-107 410**	**-118 932**	**-130 776**	**-142 948**	**-145 092**	**-157 788**	**-160 155**	**-162 557**	**-153 996**	**-156 306**	**-147 318**	**-149 528**	**-140 096**	**-130 348**	**-132 303**	**-122 079**	**-138 937**	**-3 253 279**
Beruházás		***-524 000***	***-50 750***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***-39 809***	***-614 559***
(1.) csoport (Ft)		-456 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	szaporítóanyag beszerzése / előállítása																						-456 000
	talaj-előkészítés	-23 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-23 000
	telepítés	-45 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-45 000
	elhalt növények pótlása	-	-50 750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-50 750
	ültetvény felszámolása	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-39 809	-39 809
Üzemeltetés		***-61 000***	***-61 915***	***-62 844***	***-96 202***	***-107 410***	***-118 932***	***-130 776***	***-142 948***	***-145 092***	***-157 788***	***-160 155***	***-162 557***	***-153 996***	***-156 306***	***-147 318***	***-149 528***	***-140 096***	***-130 348***	***-132 303***	***-122 079***	***-99 129***	***-2 638 720***
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	-56 000	-56 840	-57 693	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-170 533
	ültetvény körbenyírása	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228	-5 307	-5 386	-5 467	-5 549	-5 632	-5 717	-5 803	-5 890	-5 978	-6 068	-6 159	-6 251	-6 345	-6 440	-6 537	-6 635	-6 734	-122 353
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	-	-	-	-15 685	-15 920	-16 159	-16 402	-16 648	-16 897	-17 151	-17 408	-17 669	-17 934	-18 203	-18 476	-18 753	-19 035	-19 320	-19 610	-19 904	-20 203	-321 379
	rendsodrás	-	-	-	-6 274	-6 368	-6 464	-6 561	-6 659	-6 759	-6 860	-6 963	-7 068	-7 174	-7 281	-7 391	-7 501	-7 614	-7 728	-7 844	-7 962	-8 081	-128 552
	bálázás (1.800 Ft/db)	-	-	-	-45 173	-53 493	-62 052	-70 855	-79 909	-81 107	-90 556	-91 915	-93 294	-86 085	-87 376	-79 818	-81 015	-73 094	-64 916	-65 890	-57 324	-38 789	-1 302 660
	bálák összehordása + kamionra rakása (500 Ft/db)	-	-	-	-12 548	-14 859	-17 237	-19 682	-22 197	-22 530	-25 155	-25 532	-25 915	-23 912	-24 271	-22 172	-22 504	-20 304	-18 032	-18 303	-15 923	-10 775	-361 850
	bálák beszállítása erőművekbe	-	-	-	-11 293	-11 463	-11 635	-11 809	-11 986	-12 166	-12 349	-12 534	-12 722	-12 913	-13 106	-13 303	-13 503	-13 705	-13 911	-14 119	-14 331	-14 546	-231 393
Cash Flow		**-517 000**	**-43 645**	**7 212**	**163 126**	**187 649**	**212 871**	**238 808**	**265 475**	**269 457**	**297 281**	**301 741**	**306 267**	**285 992**	**290 282**	**269 015**	**273 051**	**250 752**	**227 722**	**231 138**	**207 004**	**114 272**	**3 838 469**
Tőkeköltség		6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,5%
Cash Flow Jelenértéke		-517 000	-40 981	6 358	135 044	145 864	155 371	163 663	170 835	162 814	168 664	160 745	153 198	134 325	128 019	111 399	106 169	91 548	78 066	74 401	62 566	32 430	
Cash Flow Nettó Jelenértéke		**1 683 499**																					

A nettó jelenérték számítás alapját képező feltételek a következő táblázatban szerepelnek

FELTÉTELEZÉSEK

Egységárak

Évek száma			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(1.) csoport (Ft)	szaporítóanyag beszerzése / előállítása	Ft / hektar	-456 000	-462 840	-469 783	-476 829	-483 982	-491 242	-498 610	-506 089	-513 681	-521 386	-529 207	-537 145	-545 202	-553 380	-561 681	-570 106	-578 657	-587 337	-596 147	-605 090	-614 166
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	talaj-előkészítés	Ft / hektar	-23 000	-23 345	-23 695	-24 051	-24 411	-24 778	-25 149	-25 526	-25 909	-26 298	-26 692	-27 093	-27 499	-27 912	-28 330	-28 755	-29 187	-29 624	-30 069	-30 520	-30 978
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	telepítés	Ft / hektar	-45 000	-45 675	-46 360	-47 056	-47 761	-48 478	-49 205	-49 943	-50 692	-51 453	-52 224	-53 008	-53 803	-54 610	-55 429	-56 260	-57 104	-57 961	-58 830	-59 713	-60 608
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	elhalt növények pótlása	Ft / hektar	-50 000	-50 750	-51 511	-52 284	-53 068	-53 864	-54 672	-55 492	-56 325	-57 169	-58 027	-58 897	-59 781	-60 678	-61 588	-62 512	-63 449	-64 401	-65 367	-66 348	-67 343
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	ültetvény felszámolása	Ft / hektar	-30 000	-30 450	-30 907	-31 370	-31 841	-32 319	-32 803	-33 295	-33 795	-34 302	-34 816	-35 338	-35 869	-36 407	-36 953	-37 507	-38 070	-38 641	-39 220	-39 809	-40 406
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	Ft / hektar	-56 000	-56 840	-57 693	-58 558	-59 436	-60 328	-61 233	-62 151	-63 084	-64 030	-64 990	-65 965	-66 955	-67 959	-68 978	-70 013	-71 063	-72 129	-73 211	-74 309	-75 424
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	ültetvény körbenyírása	Ft / hektar	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228	-5 307	-5 386	-5 467	-5 549	-5 632	-5 717	-5 803	-5 890	-5 978	-6 068	-6 159	-6 251	-6 345	-6 440	-6 537	-6 635	-6 734
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	Ft / hektar	-15 000	-15 225	-15 453	-15 685	-15 920	-16 159	-16 402	-16 648	-16 897	-17 151	-17 408	-17 669	-17 934	-18 203	-18 476	-18 753	-19 035	-19 320	-19 610	-19 904	-20 203
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	rendsodrás	Ft / hektar	-6 000	-6 090	-6 181	-6 274	-6 368	-6 464	-6 561	-6 659	-6 759	-6 860	-6 963	-7 068	-7 174	-7 281	-7 391	-7 501	-7 614	-7 728	-7 844	-7 962	-8 081
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálázás (1.800 Ft/db)	Ft / db	-1 800	-1 827	-1 854	-1 882	-1 910	-1 939	-1 968	-1 998	-2 028	-2 058	-2 089	-2 120	-2 152	-2 184	-2 217	-2 250	-2 284	-2 318	-2 353	-2 389	-2 424
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálák összehordása + kamionra rakása	Ft / db	-500	-508	-515	-523	-531	-539	-547	-555	-563	-572	-580	-589	-598	-607	-616	-625	-634	-644	-654	-663	-673
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálák beszállítása erőművekbe	Ft / km	-270	-274	-278	-282	-287	-291	-295	-300	-304	-309	-313	-318	-323	-328	-333	-338	-343	-348	-353	-358	-364
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(4.) csoport (Ft)	átvételi ár	Ft/ tonna	15 000	15 225	15 453	15 685	15 920	16 159	16 402	16 648	16 897	17 151	17 408	17 669	17 934	18 203	18 476	18 753	19 035	19 320	19 610	19 904	20 203
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	kiegészítő támogatások / (terület alapú támogatás)	Ft	68 000	69 020	70 055	71 106	72 173	73 255	74 354	75 469	76 601	77 751	78 917	80 101	81 302	82 522	83 759	85 016	86 291	87 585	88 899	90 233	91 586
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	

Egyéb paraméterek

Évek száma			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	hozam (t/ha)		0	0	0	12	14	16	18	20	20	22	22	22	20	20	18	18	16	14	14	12	8
(3.) csoport (Ft)	bála tömege	kg	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
	szállítási távolság	km	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Tőkeköltség / lehetőségköltség

Évek száma	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Teljes	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
Alap	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Kockázati prémium	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%

MsT beruházás nettó jelenértéke *megemelt biomassza-hozam, 500 kg tömegű bálák, 40 km-es szállítási távolság, 18.000 Ft/t átvételi ár* mellett

OUTPUT

Cash Flow (Ft/ha)

Évek száma		**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**Total / Atlag**
Bevétel		**68 000**	**69 020**	**70 055**	**296 973**	**339 636**	**383 513**	**428 630**	**475 014**	**482 139**	**530 533**	**538 491**	**546 568**	**511 725**	**519 400**	**482 848**	**490 091**	**451 759**	**412 167**	**418 349**	**376 854**	**285 533**	**8 177 298**
(4.) csoport (Ft)	árbevétel (15.000 Ft/t)	-	-	-	225 867	267 464	310 258	354 276	399 544	405 537	452 782	459 574	466 468	430 423	436 879	399 089	405 075	365 468	324 581	329 450	286 621	193 947	6 513 302
	kiegészítő támogatások (terület alapú támogatás)	68 000	69 020	70 055	71 106	72 173	73 255	74 354	75 469	76 601	77 751	78 917	80 101	81 302	82 522	83 759	85 016	86 291	87 585	88 899	90 233	91 586	1 663 996
Kiadás		**-585 000**	**-112 665**	**-62 844**	**-96 202**	**-107 410**	**-118 932**	**-130 776**	**-142 948**	**-145 092**	**-157 788**	**-160 155**	**-162 557**	**-153 996**	**-156 306**	**-147 318**	**-149 528**	**-140 096**	**-130 348**	**-132 303**	**-122 079**	**-138 937**	**-3 253 279**
Beruházás		***-524 000***	***-50 750***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***-39 809***	***-614 559***
(1.) csoport (Ft)		-456 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	szaporítóanyag beszerzése / előállítása																						-456 000
	talaj-előkészítés	-23 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-23 000
	telepítés	-45 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-45 000
	elhalt növények pótlása	-	-50 750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-50 750
	ültetvény felszámolása	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-39 809	-39 809
Üzemeltetés		***-61 000***	***-61 915***	***-62 844***	***-96 202***	***-107 410***	***-118 932***	***-130 776***	***-142 948***	***-145 092***	***-157 788***	***-160 155***	***-162 557***	***-153 996***	***-156 306***	***-147 318***	***-149 528***	***-140 096***	***-130 348***	***-132 303***	***-122 079***	***-99 129***	***-2 638 720***
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	-56 000	-56 840	-57 693	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-170 533
	ültetvény körbenyírása	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228	-5 307	-5 386	-5 467	-5 549	-5 632	-5 717	-5 803	-5 890	-5 978	-6 068	-6 159	-6 251	-6 345	-6 440	-6 537	-6 635	-6 734	-122 353
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	-	-	-	-15 685	-15 920	-16 159	-16 402	-16 648	-16 897	-17 151	-17 408	-17 669	-17 934	-18 203	-18 476	-18 753	-19 035	-19 320	-19 610	-19 904	-20 203	-321 379
	rendsodrás	-	-	-	-6 274	-6 368	-6 464	-6 561	-6 659	-6 759	-6 860	-6 963	-7 068	-7 174	-7 281	-7 391	-7 501	-7 614	-7 728	-7 844	-7 962	-8 081	-128 552
	bálázás (1.800 Ft/db)	-	-	-	-45 173	-53 493	-62 052	-70 855	-79 909	-81 107	-90 556	-91 915	-93 294	-86 085	-87 376	-79 818	-81 015	-73 094	-64 916	-65 890	-57 324	-38 789	-1 302 660
	bálák összehordása + kamionra rakása (500 Ft/db)	-	-	-	-12 548	-14 859	-17 237	-19 682	-22 197	-22 530	-25 155	-25 532	-25 915	-23 912	-24 271	-22 172	-22 504	-20 304	-18 032	-18 303	-15 923	-10 775	-361 850
	bálák beszállítása erőművekbe	-	-	-	-11 293	-11 463	-11 635	-11 809	-11 986	-12 166	-12 349	-12 534	-12 722	-12 913	-13 106	-13 303	-13 503	-13 705	-13 911	-14 119	-14 331	-14 546	-231 393
Cash Flow		**-517 000**	**-43 645**	**7 212**	**200 770**	**232 226**	**264 581**	**297 854**	**332 066**	**337 047**	**372 745**	**378 336**	**384 011**	**357 729**	**363 095**	**335 530**	**340 563**	**311 663**	**281 819**	**286 046**	**254 775**	**146 596**	**4 924 019**
Tőkeköltség		6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,5%
Cash Flow Jelenértéke		-517 000	-40 981	6 358	166 207	180 515	193 113	204 129	213 686	203 654	211 478	201 550	192 087	168 019	160 131	138 943	132 420	113 787	96 611	92 075	77 004	41 604	
Cash Flow Nettó Jelenértéke		**2 235 390**																					

A nettó jelenérték számítás alapját képező feltételek a következő táblázatban szerepelnek

FELTÉTELEZÉSEK

Egységárak

Évek száma			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
(1.) csoport (Ft)	szaporítóanyag beszerzése / előállítása	Ft / hektar	-456 000	-462 840	-469 783	-476 829	-483 982	-491 242	-498 610	-506 089	-513 681	-521 386	-529 207	-537 145	-545 202	-553 380	-561 681	-570 106	-578 657	-587 337	-596 147	-605 090	-614 166
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	talaj-előkészítés	Ft / hektar	-23 000	-23 345	-23 695	-24 051	-24 411	-24 778	-25 149	-25 526	-25 909	-26 298	-26 692	-27 093	-27 499	-27 912	-28 330	-28 755	-29 187	-29 624	-30 069	-30 520	-30 978
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	telepítés	Ft / hektar	-45 000	-45 675	-46 360	-47 056	-47 761	-48 478	-49 205	-49 943	-50 692	-51 453	-52 224	-53 008	-53 803	-54 610	-55 429	-56 260	-57 104	-57 961	-58 830	-59 713	-60 608
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	elhalt növények pótlása	Ft / hektar	-50 000	-50 750	-51 511	-52 284	-53 068	-53 864	-54 672	-55 492	-56 325	-57 169	-58 027	-58 897	-59 781	-60 678	-61 588	-62 512	-63 449	-64 401	-65 367	-66 348	-67 343
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	ültetvény felszámolása	Ft / hektar	-30 000	-30 450	-30 907	-31 370	-31 841	-32 319	-32 803	-33 295	-33 795	-34 302	-34 816	-35 338	-35 869	-36 407	-36 953	-37 507	-38 070	-38 641	-39 220	-39 809	-40 406
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(2.) csoport (Ft)	gyomirtás	Ft / hektar	-56 000	-56 840	-57 693	-58 558	-59 436	-60 328	-61 233	-62 151	-63 084	-64 030	-64 990	-65 965	-66 955	-67 959	-68 978	-70 013	-71 063	-72 129	-73 211	-74 309	-75 424
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	ültetvény körbenyírása	Ft / hektar	-5 000	-5 075	-5 151	-5 228	-5 307	-5 386	-5 467	-5 549	-5 632	-5 717	-5 803	-5 890	-5 978	-6 068	-6 159	-6 251	-6 345	-6 440	-6 537	-6 635	-6 734
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(3.) csoport (Ft)	szárzúzás	Ft / hektar	-15 000	-15 225	-15 453	-15 685	-15 920	-16 159	-16 402	-16 648	-16 897	-17 151	-17 408	-17 669	-17 934	-18 203	-18 476	-18 753	-19 035	-19 320	-19 610	-19 904	-20 203
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	rendsodrás	Ft / hektar	-6 000	-6 090	-6 181	-6 274	-6 368	-6 464	-6 561	-6 659	-6 759	-6 860	-6 963	-7 068	-7 174	-7 281	-7 391	-7 501	-7 614	-7 728	-7 844	-7 962	-8 081
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálázás (1.800 Ft/db)	Ft / db	-1 800	-1 827	-1 854	-1 882	-1 910	-1 939	-1 968	-1 998	-2 028	-2 058	-2 089	-2 120	-2 152	-2 184	-2 217	-2 250	-2 284	-2 318	-2 353	-2 389	-2 424
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálák összehordása + kamionra rakása	Ft / db	-500	-508	-515	-523	-531	-539	-547	-555	-563	-572	-580	-589	-598	-607	-616	-625	-634	-644	-654	-663	-673
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	bálák beszállítása erőművekbe	Ft / km	-270	-274	-278	-282	-287	-291	-295	-300	-304	-309	-313	-318	-323	-328	-333	-338	-343	-348	-353	-358	-364
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
(4.) csoport (Ft)	átvételi ár	Ft/ tonna	18 000	18 270	18 544	18 822	19 105	19 391	19 682	19 977	20 277	20 581	20 890	21 203	21 521	21 844	22 172	22 504	22 842	23 184	23 532	23 885	24 243
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	
	kiegészítő támogatások / (terület alapú támogatás)	Ft	68 000	69 020	70 055	71 106	72 173	73 255	74 354	75 469	76 601	77 751	78 917	80 101	81 302	82 522	83 759	85 016	86 291	87 585	88 899	90 233	91 586
	infláció		1,5%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	

Egyéb paraméterek

Évek száma			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	hozam (t/ha)		0	0	0	12	14	16	18	20	20	22	22	22	20	20	18	18	16	14	14	12	8
(3.) csoport (Ft)	bála tömege	kg	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
	szállítási távolság	km	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Tőkeköltség / lehetőségköltség

Évek száma	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Teljes	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
Alap	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Kockázati prémium	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%

4. Melléklet

Az MsT szállítására fordítható összeg nagysága az (b) jelű feltételek alapján

Felrakható mennyiség (t)	Szárzúzás (Ft/t)	Rendsodrás (Ft/t)	Bálázás (Ft/t)	Bálák összehordása + kamionra rakása (Ft/t)	ÖSSZESEN (Ft)	ÁTVÉTELI ÁR (Ft/t)	Szállítási távolság (km)	Km díj (Ft/km)	Szállítás költsége (Ft/t)	PROFIT (Ft)
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	0	270	*0*	8 650
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	20	270	*540*	8 110
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	40	270	*1 080*	7 570
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	60	270	*1 620*	7 030
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	80	270	*2 160*	6 490
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	100	270	*2 700*	5 950
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	120	270	*3 240*	5 410
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	140	270	*3 780*	4 870
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	160	270	*4 320*	4 330
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	180	270	*4 860*	3 790
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	200	270	*5 400*	3 250
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	220	270	*5 940*	2 710
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	240	270	*6 480*	2 170
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	250	270	*6 750*	1 900
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	260	270	*7 020*	1 630
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	280	270	*7 560*	1 090
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	300	270	8 100	550
20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	15 000	320	270	8 640	10
20	*1 250*	*500*	*3 600*	*1 000*	*6 350*	*15 000*	*340*	*270*	*9 180*	*-530*
20	*1 250*	*500*	*3 600*	*1 000*	*6 350*	*15 000*	*360*	*270*	*9 720*	*-1 070*

Az MsT szállítására fordítható összeg nagysága az (c) jelű feltételek alapján

Eset	Bálatömeg (kg)	Felrakható mennyiség (t)	Szárzúzás (Ft/t)	Rendsodrás (Ft/t)	Bálázás (Ft/t)	Bálák összehordása + kamionra rakása (Ft/t)	ÖSSZESEN (Ft)	ÁTVÉTELI ÁR (Ft/t)	Szállítási távolság (km)	Km díj (Ft/km)	Szállítás költsége (Ft/t)	PROFIT (Ft)
1.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	0	270	*0*	11 650
2.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	20	270	*540*	11 110
3.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	40	270	*1 080*	10 570
4.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	60	270	*1 620*	10 030
5.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	80	270	*2 160*	9 490
6.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	100	270	*2 700*	8 950
7.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	120	270	*3 240*	8 410
8.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	140	270	*3 780*	7 870
9.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	160	270	*4 320*	7 330
10.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	180	270	*4 860*	6 790
11.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	200	270	*5 400*	6 250
12.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	220	270	*5 940*	5 710
13.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	240	270	*6 480*	5 170
14.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	250	270	*6 750*	4 900
15.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	260	270	*7 020*	4 630
16.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	280	270	*7 560*	4 090
17.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	300	270	*8 100*	3 550
18.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	320	270	*8 640*	3 010
19.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	340	270	*9 180*	2 470
20.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	360	270	*9 720*	1 930
21.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	380	270	10 260	1 390
22.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	400	270	10 800	850
23.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	430	270	11 610	40
24.	*500*	*20*	*1 250*	*500*	*3 600*	*1 000*	*6 350*	*18 000*	*440*	*270*	*11 880*	*-230*
25.	*500*	*20*	*1 250*	*500*	*3 600*	*1 000*	*6 350*	*18 000*	*460*	*270*	*12 420*	*-770*

Az MsT szállítására fordítható összeg nagysága az (d) jelű feltételek alapján

Eset	Bálatömeg (kg)	Felrakható mennyiség (t)	Szárzúzás (Ft/t)	Rendsodrás (Ft/t)	Bálázás (Ft/t)	Bálák összehordása + kamionra rakása (Ft/t)	ÖSSZESEN (Ft)	ÁTVÉTELI ÁR (Ft/t)	Szállítási távolság (km)	Km díj (Ft/km)	Szállítás költsége (Ft/t)	PROFIT (Ft)
1.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	0	220	*0*	11 650
2.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	20	220	*440*	11 210
3.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	40	220	*880*	10 770
4.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	60	220	*1 320*	10 330
5.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	80	220	*1 760*	9 890
6.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	100	220	*2 200*	9 450
7.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	120	220	*2 640*	9 010
8.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	140	220	*3 080*	8 570
9.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	160	220	*3 520*	8 130
10.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	180	220	*3 960*	7 690
11.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	200	220	*4 400*	7 250
12.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	220	220	*4 840*	6 810
13.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	240	220	*5 280*	6 370
14.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	250	220	*5 500*	6 150
15.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	260	220	*5 720*	5 930
16.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	280	220	*6 160*	5 490
17.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	300	220	*6 600*	5 050
18.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	320	220	*7 040*	4 610
19.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	340	220	*7 480*	4 170
20.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	360	220	*7 920*	3 730
21.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	380	220	*8 360*	3 290
22.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	400	220	*8 800*	2 850
23.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	430	220	*9 460*	2 190
24.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	440	220	*9 680*	1 970
25.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	460	220	*10 120*	1 530
26.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	480	220	*10 560*	1 090
27.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	500	220	*11 000*	650
28.	500	20	1 250	500	3 600	1 000	6 350	18 000	520	220	*11 440*	210
29.	*500*	*20*	*1 250*	*500*	*3 600*	*1 000*	*6 350*	*18 000*	*530*	*220*	*11 660*	*-10*
30.	*500*	*20*	*1 250*	*500*	*3 600*	*1 000*	*6 350*	*18 000*	*540*	*220*	*11 880*	*-230*

Az MsT szállítására fordítható összeg nagysága az (e) jelű feltételek alapján

Eset	Bálatömeg (kg)	Felrakható mennyiség (t)	Szárzúzás (Ft/t)	Rendsodrás (Ft/t)	Bálázás (Ft/t)	Bálák összehordása + kamionra rakása (Ft/t)	ÖSSZESEN (Ft)	ÁTVÉTELI ÁR (Ft/t)	Szállítási távolság (km)	Km díj (Ft/km)	Szállítás költsége (Ft/t)	PROFIT (Ft)
1.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	0	350	*0*	7 500
2.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	20	350	*778*	6 722
3.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	40	350	*1 556*	5 944
4.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	60	350	*2 333*	5 167
5.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	80	350	*3 111*	4 389
6.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	100	350	*3 889*	3 611
7.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	120	350	*4 667*	2 833
8.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	140	350	*5 444*	2 056
9.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	160	350	*6 222*	1 278
10.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	180	350	*7 000*	500
11.	400	18	1 250	500	4 500	1 250	7 500	15 000	190	350	*7 389*	111
12.	*400*	*18*	*1 250*	*500*	*4 500*	*1 250*	*7 500*	*15 000*	*200*	*350*	*7 778*	*-278*
13.	*400*	*18*	*1 250*	*500*	*4 500*	*1 250*	*7 500*	*15 000*	*220*	*350*	*8 556*	*-1 056*

5. Melléklet

Az MsT energetikai hatékonysága eltérő biomassza-hozamok, 120 km-es szállítási távolság mellett

Biomassza-hozam (t/ha)	Energiatartalom (MJ)	85 %-os hatásfokú erőműi égetés után (MJ)	Energetikai hatékonyság*
2	35 600	27 234	9
4	71 200	54 468	18
6	106 800	81 702	27
8	142 400	108 936	37
10	178 000	136 170	46
12	213 600	163 404	55
14	249 200	190 638	64
16	284 800	217 872	73
18	320 400	245 106	82
20	356 000	272 340	91

*: a befektetett energia ennyiszerese termelhető meg hőenergia formájában a növény biomassza-erőműben történő elégetése során, 85 %-os kazánhatásfokkal, 5-20 MWth teljesítménytartományban számolva

Az MsT energetikai hatékonysága eltérő szállítási távolságok mellett

Biomassza-hozam (t/ha)	Szállítási távolság (km)	Gázolaj fogyasztás (l/100 km)	Összes gázolaj fogyasztás szállításkor (l)	Szállításhoz felhasznált energia (MJ)	Összes felhasznált energia (MJ)	Összes kinyerhető energia (MJ)	Energetikai hatékonyság*
12	20	28	7,47	266	2 447	163 404	67
12	40	28	14,93	533	2 713	163 404	60
12	60	28	22,40	799	2 980	163 404	55
12	80	28	29,87	1 066	3 246	163 404	50
12	100	28	37,33	1 332	3 488	163 404	47
12	120	28	44,80	1 599	3 779	163 404	43
12	140	28	52,27	1 865	4 021	163 404	41
12	160	28	59,73	2 132	4 312	163 404	38
12	180	28	67,20	2 398	4 579	163 404	36
12	200	28	74,67	2 665	4 845	163 404	34
12	220	28	82,13	2 931	5 112	163 404	32
12	240	28	89,60	3 198	5 378	163 404	30
12	***250***	***28***	93,33	***3 331***	***5 512***	***163 404***	***30***
12	260	28	97,07	3 464	5 645	163 404	29
12	280	28	104,53	3 731	5 911	163 404	28
12	300	28	112,00	3 997	6 178	163 404	26
12	320	28	119,47	4 264	6 444	163 404	25
12	340	28	126,93	4 530	6 711	163 404	24
12	360	28	134,40	4 797	6 977	163 404	23
12	380	28	141,87	5 063	7 244	163 404	23
12	400	28	149,33	5 330	7 510	163 404	22

*: a befektetett energia ennyiszerese termelhető meg hőenergia formájában a növény biomassza-erőműben történő elégetése során, 85 %-os kazánhatásfokkal, 5-20 MWth teljesítménytartományban számolva

6. Melléklet

1 db MsT palánta 3 hónapos üvegházi nevelésének költsége Tatán, a Parképítő Zrt. üvegázaiban, 2009-ben

	nettó ár (Ft)	**ennyi db palánta ellátására elegendő (db)**	**palántára vetített egységár (Ft/db)**
Termesztőedény	3 00	60	*5*
Táptalaj	12 000	4 000	*3*
Kisméretű konténer	4	1	*4*
Nagyobb méretű konténer	5	1	*5*

	1 dolgozó napi bére (Ft)	**ennyi db palántát látott el (db)**	**palántára vetített költség (Ft/db)**
Átültetés	3 800	630	*6*
Kiszedés a konténerekből	3 800	1 260	*3*

	Adatok származási helye
Előmunka	
Öntözés	*a Parképítő Zrt. könyvelői- és munkaügyi részlege*
Üvegházi rezsiköltség	