

ENERGIATERMELÉS BIOMASSZÁBÓL



BELÜGYMINISZTERIUM

2014

2. kiadás

Felelős kiadó:

Dr. Pintér Sándor Belügyminiszter

Weboldal:

<http://www.kormany.hu/hu/belugyminiszterium>

Kiadói gondozás:

Duna-Mix Kft., Vác

Weboldal:

www.dunamix.hu

ÁLTALÁNOS ÁTTEKINTÉS

Magyarország energiaellátása legnagyobbbrészt az országhatárokon túlról érkező fosszilis (=nem megújuló) **földgázra és kőolajra** épül, ami a külföldi piacoktól való függőségünket erősítette fel. Az import szerepe korábban is igen nagy volt, az 1980-as években meghaladta a felhasználás felét (51%), ugyanez az arány napjainkra 65% fölé emelkedett.

A fosszilis energiahordozók legnagyobb veszélye, hogy véges mennyiségben állnak rendelkezésre, továbbá az egyenetlen földrajzi eloszlás következtében számos országban, így hazánkban is az importfüggőség növekedéséhez vezetett. Az utóbbi években egyre határozottabban jelenik meg a megújuló energiaforrások kiaknázásának igénye az Európai Unióban – így Magyarországon is –, ami a mezőgazdasági termelésben, a vidékfejlesztésben és az energiaszektorban egyaránt új utak keresését tette szükségessé. A 2007-ben elfogadott EU klímapolitika fő törekvései szerint **2020-ig 20%-kal csökkentik a tagországokban az üvegházhatású (klímaváltozást fokozó) gázok** kibocsátását, továbbá ugyanilyen arányban növelik **a megújuló energiák használatát** az összenergia felhasználáson belül. Magyarország tekintetében ez az arány az Unió döntéshozóinak határozata értelmében 14,6%.

Megújuló energiaforrások

A megújuló energiaforrásokból úgy nyerhető ki energia, hogy **az folyamatosan rendelkezésre áll, vagy jelentősebb emberi beavatkozás nélkül legfeljebb néhány éven belül újratermelődik**. A megújuló energia felhasználásának aránya 2007-ben 5,3% volt, ami napjainkra is alig érte el a 6%-ot. Ez azt jelenti, hogy az elkövetkező években a jelenlegi szint több mint kétszeresére kell növelni az arányát, ha a vállalt kötelezettségünknek eleget kívánunk tenni.

Magyarországon döntő többségben **a biomasszának és a geotermikus energia-termelésnek** lehet hosszabb távon nagyobb jelentősége, amelyektől jelentősen elmarad a többi megújuló energiaforrás. Jelenleg a biomassza hasznosítás egyeduralma figyelhető meg, a megújuló energiaelőállítás több mint 90%-a valamilyen biomassza forrásból származik (*1. táblázat*). Az elkövetkező években feltehetően ez az arány csökkenni fog, azonban továbbra is a legjelentősebb megújuló energiaforrás marad. Egyes szakértői vélemények a **napenergia** hosszútávú hasznosításában is nagy lehetőségeket látnak, azonban várhatóan a megújuló energiahasználaton belüli aránya jelentős mértékben nem fog növekedni. A víz- és szélenergia energiatermelésen belüli arányának jelentős növekedésére a jövőben sem lehet számítani.

1. táblázat. A megújuló energiaforrások termelésének összefoglaló adatai (KSH 2007)

Energiaforrás	1000 t olajegyenérték		1997 = 100		megoszlás (%)	
	Magyarország	EU-27	Magyarország	EU-27	Magyarország	EU-27
Biomassza	1288	96179	316	163	91,7	69,3
Vízenergia	18	26653	95	93	1,3	19,2
Geotermikus	86	5771	100	150	6,1	4,2
Szél	9	8965	–	1423	0,7	6,5
Nap	3	1263	–	383	0,2	0,9
Összesen	1404	138831	274	150	100,0	100,0



Szélerőmű



Naperőmű

A biomassa szerepe az energiatermelésben

A **biomassa** (bio = élő, massa = tömeg) kifejezés alatt tágabb értelemben a Földön élő és élettelen formában jelen levő **szerves anyagot** értjük. Tulajdonképpen az összes biomassa része az ember is, azonban energetikai értelemben e fogalomkörbe minden olyan biológiailag lebomló szerves anyag tartozik, amely **mezőgazdasági tevékenységből, fenntartható erdőgazdálkodásból, energetikai célú ültetvényekből, élelmiszeripari termelésből vagy ezek termékeinek, melléktermékeinek és hulladékainak feldolgozásából, valamint hulladékgyűjtésből vagy szennyvízkezelésből** származik.

A biomassa többféleképpen csoportosítható, leggyakoribb a keletkezés szerinti elkülönítés:

- **elsődleges vagy primer biomassa** a természetes és termesztett, illetve telepített növényi vegetáció (erdők, gyepek, mezőgazdasági és kertészeti növények, faültetvények),
- **másodlagos vagy szekunder biomassa** az állatvilág, az állattenyésztés fő és melléktermékei,
- **harmadlagos vagy terciér biomassa** a feldolgozóipar melléktermékei.

Magyarország teljes *biomassa készlete 350-360 millió tonnára* becsülhető, amelyből az évente újratermelődő elsődleges biomassa tömege eléri a 110 millió tonnát. Ennek a mennyiségnek a bruttó energiataralma mintegy 1185 PJ, amely *meghaladja Magyarország egész éves energiafelhasználását*. Nyilvánvaló azonban, hogy az évente újratermelődő biomassa teljes mennyiségben nem használható fel energiatermelésre, jelentős része élelmiszer és takarmányozási, valamint ipari feldolgozási célokat szolgál, de ide tartoznak a talajba visszakerülő és az állattenyésztésben felhasználandó melléktermékek is.

Energetikai célból **a legnagyobb potenciált az elsődleges biomassa** felhasználása jelenti. Ennek a hasznosítása egyúttal a legnagyobb viták forrása szakmai körökben is. Ide soroljuk a szántóföldön termesztett kultúrnövényeinket, a keletkező növénytermesztési melléktermékeket, továbbá az erdőszeti biomasszát is. Az elsődleges biomassa energetikai hasznosítása sokrétű lehet.

A gabonafélékből, elsősorban a **kukoricából bioetanol** állítható elő, az **olajnövények a biodízel** alapanyagául szolgálhatnak, a **növénytermesztési melléktermékek**, illetve bármely más növényi alapanyag a biogáz előállítás során használható fel, nagy tömeget adó **fás és lágyszárú növények**, továbbá a **melléktermékek hő- és/vagy villamos energiává** alakíthatók át, de a jövőben várhatóan megnő a jelentősége a **cellulóz alapú bioüzemanyag** előállításnak is.

A másodlagos biomasszába tartozó javak közül az állattenyésztés melléktermékeként keletkező szerves trágya, hígtrágya a biogázüzemekben hasznosítható.

A harmadlagos biomassa csaknem teljes egészében felhasználható lenne energetikai célokra, ugyanis a hulladékok, a kommunális szennyvíz, az élelmiszeripari melléktermékek jelentős része egyéb módon kerülne ártalmatlanításra.

A hasznosítás lehetőségei tehát sokrétűek, sokirányúak, azonban joggal merül fel a kérdés, hogy az Európai Unió elvárásaitól és vállalt kötelezettségeinktől függetlenül

meddig szabad elmenni a biomassza energetikai hasznosítása területén, különös tekintettel a mező- és erdőgazdasági területek használata terén?

Magyarország területének mintegy felén, **kb. 4,5 millió hektáron** folyik szántóföldi növénytermesztés. Ezen a területen hozzávetőlegesen kétszer annyi élelmiszer- és takarmány alapanyagot állítunk elő, mint amennyi a hazai igény. Vagyis a keletkező felesleg feldolgozásra vagy exportra vár. Az elmúlt években sajnálatosan leépült a feldolgozóipar Magyarországon, ezért nagyarányú az alapanyagok külföldre szállításának az igénye. Közismert azonban, hogy a gabonafélék jelentős része nehezen értékesíthető, gyakran hosszú időre a raktárak nyelik el a felesleget. Az export terén jelentős versenyhátrányban vagyunk a tengeri kikötőkkel rendelkező országokkal szemben, miközben energiainport függőségünk folyamatosan nőtt az elmúlt években. Ugyancsak nem elhanyagolható szempont a CO₂-kibocsátás kérdése, amelynek egyik lehetséges megoldása a fosszilis energiaforrások kiváltása. A fentiek alapján egy átgondolt, szakmailag megalapozott stratégia nyomdokain haladva **nemzetgazdasági és biztonságpolitikai érdek egyúttal a biomassza energetikai célú hasznosítása** Magyarországon. Fontos azonban, hogy az egyes ágazatokat, felhasználási módokat elkülönítve értékeljük.

A legtöbb vita a bioüzemanyagok előállítását kíséri hazánkban és világszerte egyaránt. A **bioetanol** alapanyagaként agroökológiai adottságainknak megfelelően elsősorban a kukorica jöhet számításba. Magyarországon évente **átlagosan 7,5-8,0 millió tonna kukorica** terem, amelynek közel fele a belső fogyasztás (állattenyésztés, ipari felhasználás). A külpiacokon több év átlagában 1,5 millió tonna kukorica talált gazdára. Feltételezve, hogy a jövőben ez a mennyiség is a hazai bioüzemanyag iparban kerül felhasználásra, **legfeljebb 3 millió tonna** évenkénti feldolgozásával lehet számolni. Ez azt jelenti, hogy a kötelezően vállalt arányok hazai alapanyagból előállíthatóak lesznek. Ehhez hozzávéve az egyéb alapanyagból (pl. cukorrépa) előállított bioalkohol mennyiségét, exportra is jut belőle.

A hazai **biodízel** előállítása a repceből történik, amelynek vetésterülete az elmúlt években megtöbbszöröződött. Nagy veszélyt rejt magában az a tény, hogy miközben *150-170 ezer hektárra tehető* Magyarországon a vetésforgót és a klimatikus adottságokat figyelembe vevő *optimális repce vetésterület*, az egyre növekvő termesztési kedv és piaci lehetőségek miatt már több mint százezer hektárral meghaladt ez a területméret. Hosszútávon a repcetermelés bővítését elsősorban a termésátlagok növelésével lehetne megoldani, amelyhez nélkülözhetetlen a helyes agrotechnika, a megfelelő biológiai alapok, valamint a repcetermelésre alkalmas termőhelyek kiválasztása.

A biomassza energetikai hasznosításának Magyarországon még kezdeti stádiumban lévő módszere a **biogáz** előállítása, amely jelentős fellendülés előtt áll. Az **állattenyésztésben és a növénytermesztésben keletkező melléktermékekre, esetenként növénytermesztési főtermékekre** (pl. cukorcirok) alapozott energiatermelés számos mezőgazdasági és ipari üzem számára jelentheti az eredményes működés feltételeinek javulását.

A biomassza hasznosítás terén a legnagyobb, még kiaknázható lehetőségek a **hő- és villamosenergia** előállításban rejlenek. Az utóbbi években több hőerőmű állt át hatalmas biomassza tömeget igénylő tüzelésre, amelyhez az alapanyagot többnyire az **erdőgazdálkodás** szolgáltatja. Mivel ezek az erőművek összességében *több millió tonna biomasszát* igényelnek évente biztonságos működésükhöz, könnyen belátható, hogy ez a mennyiség hosszú távon nem tartható fenn az erdőterületek csökkenése

nélkül. Évente mintegy 9 millió tonna az erdőkben megújuló növekmény, amely a tervszerű erdőgazdálkodás keretében kitermelhető, ipari, illetve energetikai célokra használható. Ehhez sajnos hozzá kell venni azt a famennyiséget is, amely az illegális fakitermelés, illetve falopás révén kerül ki az erdőkből, és amelynek mennyisége egyes becslések szerint a 2-3 millió tonnát is eléri.

Az energetikai hasznosítás szempontjából kiemelt jelentőséget kell tulajdonítani a **szántóföldi növénytermesztés melléktermékeinek**. Legnagyobb tömegben keletkező maradványok a **gabonaszalma, a kukoricaszár és napraforgószár** (2. táblázat).

2. táblázat. Mezőgazdasági melléktermékek Magyarországon
(Kohlheb 2004; Gyuricza 2009)

Melléktermék	Szalma	Kukoricaszár és csutka	Napraforgószár	Nyessedék, venyige
Termőterület (ezer ha)	1500-1700	1050-1100	350-500	
Keletkező mennyiség (t/ha)	4,0-5,2	9,5-11,0	2,1-2,8	
Termelt mennyiség (millió t/év)	4,5-7,5	10,0-13,0	1,0-1,2	0,3-0,4
Eltüzelhető mennyiség (millió t/év)	2,2-3,7	5,0-6,5	1,0-1,2	0,3-0,4
Fűtőérték GJ/t	14,0-16,5	13,0-14,5	12,0-13,4	15,3-17,8
Fűtőérték PJ/év	30,0-40,0	65,0-85,0	12,0-14,0	5,0-6,0

A melléktermékek energetikai hasznosítása reális alternatíva Magyarországon, azonban arra tekintettel kell lenni, hogy az állattenyésztés csak korlátozott mennyiségben tudja a szerves anyagot biztosítani, ezért elengedhetetlen a **növényi maradványok időnkénti talajba juttatása**.

Ugyanakkor *okszerű hasznosítás* mellett a *szalma és kukoricaszár fele* reálisan tervezhető a hő- és villamosenergia előállító rendszerekbe. Erre a célra azonban hangsúlyozottan a **kisebb teljesítményű (1-5 MWh), decentralizált (intézményi, települési) erőművek** működtetése kerülhet szóba, a nagy alpanyag igényű erőművek építését kerülni kell, mert veszélyeztetheti a termőtalaj kedvező fizikai és biológiai kultúrállapotának megőrzését egyéb más környezetvédelmi hátrányok mellett.

Általános elvként fogalmazható meg, **hogy a biomassza alapú energetikai rendszerek létesítésekor a hulladékok és melléktermékek** (elsősorban növénytermesztési, faipari melléktermékek) **hasznosítása elsőbbséget kell, hogy élvezzen** a termelt biomasszával szemben. Az egyéb fás és lágyszárú energianövények alpanyagként való felhasználása csak ezt követően kerülhet szóba. Tekintettel a már működő, illetve tervezett erőművek alpanyag igényére, valamint az energetikai tulajdonságok-

ra elsősorban a fás szárú alapanyag iránti kereslet növekedése várható a közeljövőben, ami az energetikai ültetvények (fűz, nyár, akác) szántóföldi elterjedésének kedvezhet. A lágyszárú növények közül a nagy biomasza tömeget adó egynyári (cukorcirok, energiafű, tritikálé, stb.) és évelő növények (energianád) jöhetnek számításba, azonban amíg elegendő szántóföldi melléktermék áll rendelkezésre, illetve kihasználatlan kapacitások vannak ezen a területen, addig a lágyszárú növények termelésének versenyképessége esetlegesen marad.

A fás és lágyszárú energianövények hő- és villamosenergia célú termesztésének alapvetően **két környezeti és gazdasági feltétele** van. A környezeti kívánalom az, hogy a termőhely hosszútávon alkalmatlan (kevésbé alkalmas) legyen hagyományos növények gazdaságos termesztésére. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy azokon a területeken, amelyeken a takarmány- vagy élelmiszer célú növénytermesztéshez szükséges feltételek nem állnak rendelkezésre, ugyanakkor megfelelnek valamely fás vagy lágyszárú energianövény termesztéséhez, az alternatív hasznosítás valamely módja is szóba jöhet.

Több százezer hektárra tehető azon szántóterületek nagysága, ahol a jelenlegi támogatási rendszer mellett is nehezen garantálható a jövedelmezőség hagyományos növényekkel. Ezek a **gyakran vízjárta, belvíz kialakulására hajlamos területek, továbbá a szélsőséges víz- és tápanyag-gazdálkodású, többnyire homok- vagy homokos vályog** talajok. Nemzetbiztonsági, vidékfejlesztési szempontból egyaránt elengedhetetlen, hogy az energetikai növénytermesztés – azon belül is a fás és lágyszárú hőenergia és/vagy villamosenergia előállításra szolgáló biomasza termelés – és a hagyományos növények termesztése terén az egymást kiegészítő gondolkodásmód érvényesüljön.

A *gazdasági feltétel* az, hogy a termesztés körzetében legyen meg a **termelési pálya végpontja**, azaz olyan felhasználó (fűtőmű, erőmű), amely a megtermelt biomasszát hosszútávon és biztonsággal átveszi a termelőktől.

Jelenleg elsősorban azok a nagy erőművek jelentik a piacot az apríték számára, amelyek részben a zöldáram támogatás miatt –többnyire részben- átálltak a biomaszra eltüzelésére. Az utóbbi években azonban egyre több *decentralizált települési erőmű* is létesül, amelyek igénylik az erdészeti alapanyagokat, illetve a szántóföldeken megtermelt aprítékot is. (A pellet és brikett formájában történő felhasználás elsősorban a háztartási, illetve kisebb intézményi méretekben terjedhet el.) Várhatóan az elkövetkező években újabb erőművek épülnek, amelyek révén tovább növekedhet a szántóföldekről lekerülő biomaszra iránti igény.

Magyarország számára a legnagyobb lehetőséget a korábbiakban már említett *decentralizált erőművek* jelenthetik, amelyek egy adott mezőgazdasági, ipari vállalkozás, egy település, közintézmények, stb. számára termel energiát a **térségre jellemző és gazdaságosan elérhető alapanyagokra** építve. A legkedvezőbb megtérülési mutatókra azok a rendszerek számíthatnak, amelyek a megújuló energiaforrások különböző módjait és szintjeit egymásra építve aknázzák ki.

Hazánkban is létesülnek olyan megújuló energiát előállító rendszerek (pl. Dombóvár – Kaposzsekcső), amelyekben egymásra épülve található a *fás szárú alapanyag előállítás, a hőenergiát előállító fűtőmű, a biogáz és bioetanol erőművek, a hulladék hőre alapozó kertészeti természetberendezések, valamint a melléktermékként képződő komposztot 'befogadó' szántóföldek.*

FOLYÉKONY ENERGIAHORDOZÓ ALAPANYAGOK

Alkoholnövények termesztése és felhasználása

Bioetanol

A bioetanol (mint alternatív üzemanyag) részletes tárgyalása előtt, néhány szót az etanolról is kell ejtenünk. Az **etanol** színtelen, jellegzetes szagú és ízű, magas forráspontú (78 °C) és égéshőjű (1367 kJ/mol) szerves vegyület. A gőzének égési tulajdonságait nagymértékben befolyásolja, hogy szemben a szénhidrogénekkel (pl. benzin), már a molekulájában tartalmaz oxigén-atomot, ezáltal az égéshez fajlagosan kevesebb oxigénre van szüksége, mint a szénhidrogéneknek. Napjainkban az etanolt 96-98%-ban biológiai erjesztés (szeszlepárlás) útján állítják elő biomassza feldolgozásával. Az etanol üzemanyagként való felhasználása nem új gondolat; már az automobil hőkorszakban etanol-meghajtású autókat tervezett és gyártott Benz, Ford és úttörőtársaik. A bioetanol előállítás **alapanyagai** a következők lehetnek: **magas keményítőtartalmú (kukorica, őszi búza, burgonya), cukortartalmú (cukorcirok, cukornád, cukorrépa) vagy lignocellulóz tartalmú (kukoricaszár, szalma, energetikai faültetvények) növény.**

Őszi búza

Bioetanol alapanyagul bármilyen gabona szolgálhat, mivel ezek a növények szemtermésükben nagy mennyiségben tartalmaznak keményítőt, ami alkalmassá teszi őket az alkoholkészítésre. Magyarországon a legnagyobb területen termesztett kalászos gabonánk az őszi búza, vetésterülete már évtizedek óta meghaladja az 1 millió ha-t, ami az ország területének több mint egytizede. Termésátlaga hektáronként átlagosan 4-5 tonna, Magyarországon nem ritka a 6-7 tonna/ha-os termésátlag sem. Az őszi búza egyszikű növény, a kalászos gabonák közé soroljuk, mivel a szemtermései kalász virágzatban foglalnak helyet. A gabonáknak fontos szerepük van az állati takarmányozásban, magjukban nagy arányban találunk keményítőt (60-70%), ezért fogyasztásuk az állattartás energiabevitelének egyik alapja. Fehérjét csak viszonylag kisebb mennyiségben tartalmaznak, ezért állati takarmányozásban a gabonákat ki kell egészíteni valamilyen magasabb fehérjetartalmú növény (hüvelyes – szója, borsó, pillangós virágú szálas – lucerna, here) etetésével. Az előbbieken megemlített, természetben felhalmozott nagy mennyiségű keményítő – a takarmányozási felhasználás mellett – teszi alkalmassá az őszi búzát az alkohol előállítására.



Őszi búza



Kalász, benne a szemtermésekkel

Kukorica

A kukorica is egyszikű növény, a gabonák közé tartozik. 1 millió hektárt meghaladó vetésterülete alapján elmondható, hogy Magyarország egyik legnagyobb területen termesztett növénye. Termésátlaga évente 6-7 tonna/ha körül alakul, de egyes területeken nem ritka a 10 tonnát meghaladó termés sem. A kukorica növényen a női és hímivarú virágzat ugyanazon a növényen egymástól elkülönülten található, ezért **váltivarúnak** nevezzük. A hím virágzat a növény csúcsi részén található, amit „címernek” nevezünk, a nőivarú virágzat a **torzsa**, ismertebb nevén a kukorica „cső”, ami a növény szárán helyezkedik el. A torzsa a csutkából, az azon elhelyezkedő kukoricaszemekből és a takarólevelekből (csuhé) áll. **A kukorica keményítőtartalma magasabb a búzáénál, valamint nagyobb hektáronkénti termésre képes, ezért különösen alkalmas takarmányozási és alkohol előállításai célokra is.** A kukorica esetében a magasabb keményítőtartalom viszont alacsonyabb fehérjetartalommal párosul, ezért ha állati etetésre használják, még jobban oda kell figyelniük a fehérje kiegészítésre.



Kukoricánövény



Kukoricacső

Burgonya

A burgonya kétszikű növény, amit földalatti, raktározásra módosult, megvastagodott szárképződményéért, a gumóért termesztünk. Vetésterülete Magyarországon 20 és 30 ezer ha közé esik, a termésátlag pedig 20-30 tonna/hektár közötti. A burgonya gumójában nagy mennyiségű keményítőt halmoz fel fejlődése során, ami e növény esetében is lehetőséget nyújt az alkohol előállítására. A gumókban található keményítő mennyisége 12-25% között változhat a különböző fajták függvényében.



Burgonyatábla



Burgonyanövény a kiásott gumókkal

Cukorrépa

A cukorrépa kétszikű, kétéves növény, amit főként raktározásra módosult karógyökereért termesztünk. Növekedése első évében tápanyagokat (főként cukrot) halmoz fel gyökerében, de magot csak a második évben érlel. Az ipar (cukor-, alkoholgyártás) a cukorrépat egyéves növényként termeszt, számára csak a cukorban gazdag gyökere jelent alapanyagot. A cukorrépatest átlagosan 76% vizet, 24% szárazanyagot tartalmaz, amelyből kb. 16-20% a répacukor (szacharóz). A cukorrépa termesztésének területe Magyarországon az utóbbi években jelentősen lecsökkent cukorgyáraink sorozatban történő bezárása következtében. Napjainkban mintegy 12-16 ezer hektáron termesztünk cukorrépat – elsősorban az egyedülként megmaradt – kaposvári cukorgyárunknak. Termesztésének centruma is a város térségben helyezkedik el a szállítás költségeinek csökkentése miatt. A betakarított termésátlag hektáronként 50 és 60 tonna közé esik.



Cukorrépa



Cukorrépa gyökér

Cukorcirok

A cukor- vagy silócirok egyszikű növény, amit főként a szárában felhalmozott nagy mennyiségű cukor miatt termesztünk takarmányozási vagy ipari célból. A takarmányozási célra történő termesztésénél önmagában, vagy silókukoricával együtt történő termesztése terjedt el. A betakarított zöld növényekből silózással szilázs készíthető, ami energiadús állati takarmány. A viszonylag magas cukortartalmú, egyszerű cukrokat tartalmazó szár (6-22%) alkalmassá teszi a növényt az alkohol előállításra is, viszont a cukorban gazdag kiperéselt növényi nedv nehéz tárolhatósága miatt nem elterjedt napjainkban.



A cirok bugavirágzata



Cukorcirok állomány

Alkoholgyártás

Az alkoholgyártás alapanyagául minden esetben szénhidrátra van szükség. Ez lehet egyszerű cukor (mono- vagy diszacharid), keményítő (összetett cukor), esetleg a növényi sejtfal alapanyagául szolgáló, a Föld leggyakoribb vegyülete, a lignocellulóz is.

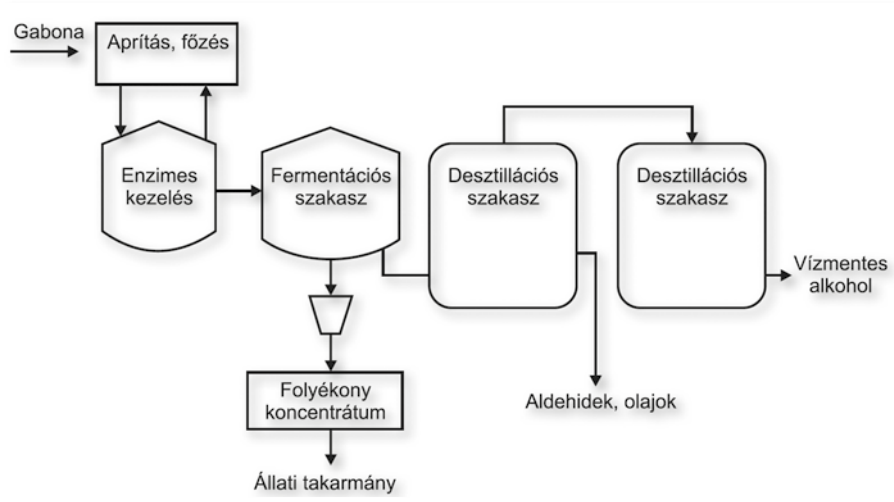
Az alkoholgyártás folyamata a következőképpen zajlik:

Szénhidrát (polimer) → **hidrolízis** (savas vagy enzimes) → **fermentáció** (élesztőgomba) → **alkohol**

A bioalkohol gyártás technológiájának generációi:

Az **1. generációs** bioetanol gyártás esetében az alapanyag valamilyen cukor vagy keményítő. Napjainkban az első generációs bioetanol üzemek az elterjedtebbek, ezért ennek a bemutatására törekedtünk.

A **2. generációs** bioetanol gyártásnál az alapanyag cellulóz. A második generációs bioetanol üzemek a bonyolultabb szerkezetű, összetettebb alapanyag miatt napjainkban jóval drágább eljárásnak számítanak, mint az első generációsok, ezért kevésbé elterjedtek.



A bioetanol gyártás folyamata gabona alapanyagból

1. **Alapanyag előkészítés:** történhet darálással (méretcsökkentés, felületnövelés) és/vagy főzéssel, gőzöléssel (rostok, sejtfalak roncsolása, enzimek számára hozzáférhetővé tétele).
2. **Hidrolízis:** savval vagy enzimmel (α -, β -amiláz, glükó-amiláz) a hosszú szénhidrátláncok feldarabolása glükózzá (egyszerű cukor).
3. **Erjesztés:** élesztőgombát keverünk az alapanyaghoz és hűtés mellett cefre (10-18% alkohol + magas víztartalom + szilárd maradványanyagok) keletkezik.

4. **Desztilláció:** mivel a cefrének viszonylag alacsony az alkoholtartalma a következő lépés az elgőzöltetés, amikor az alkohol víznél alacsonyabb forráspontját használva forralással elgőzöltetjük azt a cefréből, majd cseppfolyósítjuk a gőzzé vált alkoholt. Ennek következtében a folyamat végén 95-96%-os alkoholt kapunk.
5. **Töményítés:** molekulaszűrő segítségével a maradék vizet eltávolítjuk a keverékből, így 99,9%-os tisztaságú alkoholt kapunk. Az így kapott nagy tisztaságú alkohol már alkalmas ipari célokra, valamint az üzemanyagként történő felhasználásra is.
6. **Maradványanyag kezelése:** a desztillációs maradékot (cefremaradék) centrifugálással és/vagy bepárlással 60-70 m/m%-os (tömeg %) nedvességtartalmú cefremaradvánnyá (DGS – Distillery Grain with Solubles) alakíthatjuk, amit ha tovább szárítunk 16%-os nedvességtartalom alá, a kapott termék a DDGS (Dried Distillery Grain with Solubles), magas fehérje és rosttartalmú, alacsony nedvességtartalma miatt könnyebben tárolható, értékes állati takarmány.

Olajnövények termesztése és felhasználása

Biodízel

A biodízel növényi olajokból vagy (állati) zsírokból rövid lánchosszúságú alkohollal (metanollal, vagy etanollal) állítható elő átészterezéssel. Az így keletkező észter alapú bioüzemanyag dízelmotorok hajtóanyagául szolgálhat, így lehetőséget nyújt a fosszilis energiahordozó (gázolaj) helyettesítésére már önmagában is, vagy azzal keverve. A növényi olajok vagy állati zsírok az évmilliók folyamán keletkező fosszilis energiahordozókhöz képest sokkal rövidebb idő alatt előállíthatók, így felhasználásuk a fenntarthatóság egyik alapja. A biodízel előállításához általában valamilyen növényi olaj (napraforgó, repce) szolgál alapanyagul, mivel e növények olajtartalma, hektáronkénti termésátlaga, így a területre vetített olajtermése viszonylag magas.

Napraforgó

A napraforgó kétszikű növény, amelyet a magjában (kaszat) található nagy mennyiségű olaj miatt termesztünk. A napraforgó vetésterülete Magyarországon 500-600 ezer ha, termésátlaga pedig 2-2,5 tonna/ha között változik. A modern, nagy olajtartalmú napraforgók kaszattermesztésében az olajtartalom átlagosan 45-50%-os, de egyes esetekben az 50%-ot is meghaladhatja.



Napraforgótábla



Napraforgótányér a kaszattermésekkel

Őszi káposztarepce

Az őszi káposztarepce kétszikű növény, amelyet ugyancsak nagy olajtartalmú magja miatt termesztünk. Vetésterülete Magyarországon 200-300 ezer ha között van, de mivel nagyon érzékeny növénykultúráról van szó, a betakarított terület nagysága ettől általában kevesebb. Termésátlaga 2-2,3 tonna/ha között alakul. Télállósága, a téli időjárás, valamint a talajművelés nagymértékben meghatározza termesztésének sikerességét.



Őszi káposztarepce tábla



Repce virágzásban

A biodízel előállítás folyamata

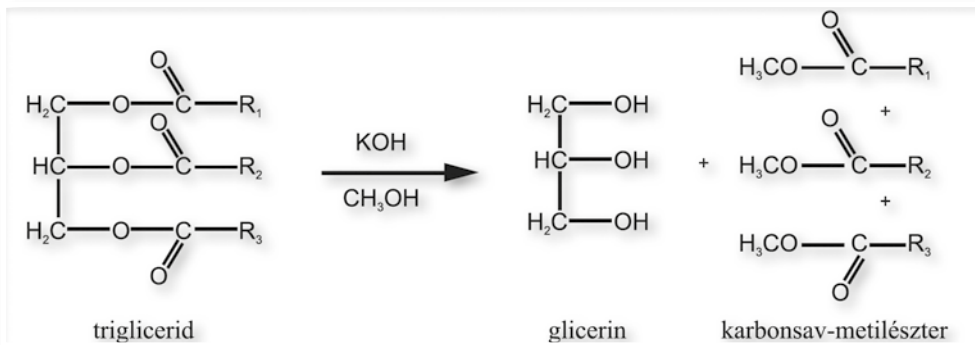
A növényi és állati eredetű zsiradékokat dízelmotorok meghajtására három eltérő módon használhatjuk, mindegyik módszer esetén az alapanyag lehet friss és használt zsiradék egyaránt.

1. Zsiradék módosítás nélküli használata: az angol *straight vegetable oil* (módosítatlan növényi olaj) név után az SVO rövidítést használjuk.
2. Keverhetjük kerozinnal, benzinnel vagy biodízel üzemanyaggal.
3. Átalakíthatjuk biodízellé.

A hidegen vagy melegen sajtolt olajat eredeti formájában, közvetlenül is felhasználhatjuk az arra gyárilag alkalmas vagy átalakított dízelmotorokban, másrészt módosított, ún. észterezett formában (biodízel) is alkalmazhatók, amikor is kémiai folyamatban a növényi olajat átalakítjuk a modernebb dízelmotorok igényeihez. Az olajok direkt felhasználásánál a megtisztított, szűrt vagy ülepitett növényi eredetű zsiradékot, vagy egy már használt (használt sütőolajok) olajat hasznosíthatjuk a motorban. A direkt alkalmazás csak a régebbi típusú dízelmotorok (előkamrás vagy örvénykamrás) esetében javasolt, mivel ez a hajtóanyag a modern dízelmotorok meghibásodását okozhatja. Az újabb fejlesztésű dízelmotorok esetében ezért javasolt a használat előtti átalakítás, átészterezés.

Az **átészterezés** folyamata során az alapanyagként szolgáló növényi olaj több lépésben reakcióba lép az alkohollal, miközben glicerint és észterek keletkeznek. A folyamat katalizátoraként rendszerint alkáli vegyületeket (NaOH, KOH), savakat (kénsavat, sósavat), vagy enzimeket (lipázokat) használnak. A katalizátor jelenlétében végzett folyamatot követően a keletkezett észtert tisztítják, majd leválasztják a glicerint és a katalizátorokat. A biodízel előállítás egyik sarkalatos pontja a keletkező glicerint

észterektől történő elválasztása. Erre napjainkban a legalkalmasabb eszközök a centrifugális elven működő szeparátorok (elkülönítők).

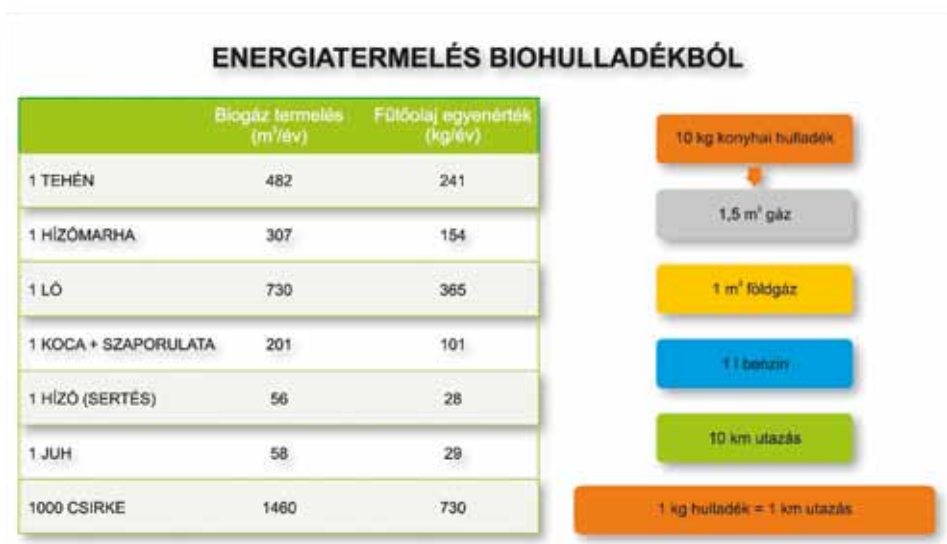


A biodízel-előállítás folyamatábrája

A folyamat során keletkező zsírsav-észterek már alkalmasak a modern dízelmotorok meghajtására.

GÁZNEMŰ ENERGIAHORDOZÓ ALAPANYAGOK – BIOGÁZ

A biogáz szerves anyagokból mikroorganizmusok munkája során anaerob (levegőtől elzárt) környezetben keletkező gázelegy. A biogáz kb. 45-70% metánt (CH₄), 30-55% szén-dioxidot (CO₂), kis mennyiségben nitrogént (N₂), hidrogént (H₂), kén-hidrogént (H₂S) és egyéb maradvány gázokat tartalmaz.



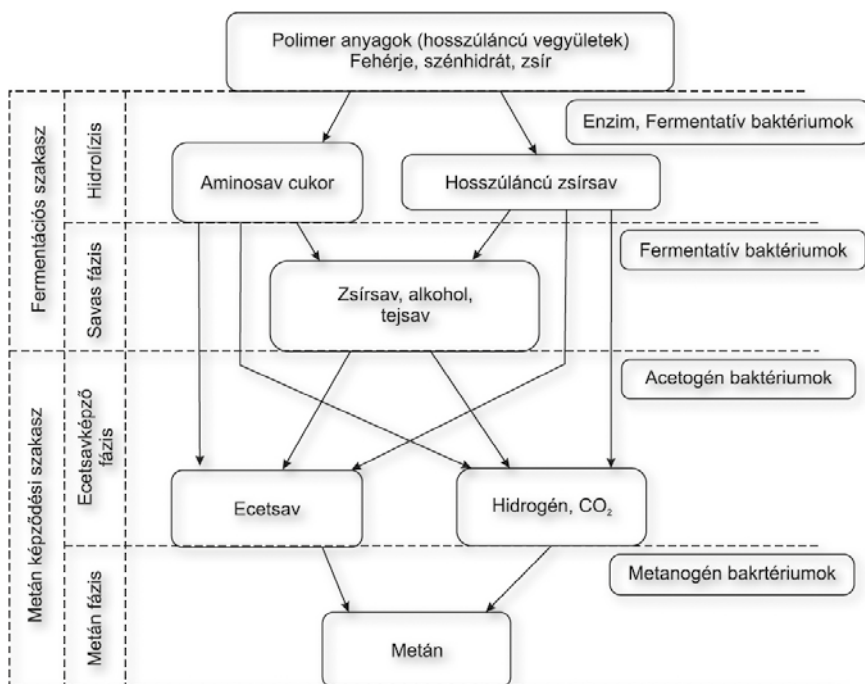
A biohulladékok – keletkezési helyüktől és körülményeiktől függetlenül – közös tulajdonsága, hogy biotechnológiai eljárásokkal – a költséges ártalmatlanítás helyett – energiatermelésre, biogáz előállítására használhatók. A folyamat melléktermékeként nagy mennyiségben keletkezik erjesztési maradék, ami kiválóan alkalmas a mezőgazdasági területek tápanyag-visszapótlására (biotrágya).

A biogáz üzemek leggyakoribb és legnagyobb mennyiségben felhasznált alapanyaga valamilyen állati eredetű trágya (híg vagy almos), amit különböző növényekkel és mezőgazdasági melléktermékekkel egészítenek ki.



A biogáz előállítás folyamatának lépései:

1. **Hidrolízis:** ebben a folyamatban az alapanyagul szolgáló szerves anyagokat (szénhidrátok, fehérjék, zsírok) baktériumok termelte enzimek alapegységekre (amino-savakra, zsírsavakra, glükózra) bontják.
2. **Savképződés:** a második szakaszban a felbontott anyagok szerves savakká (ecetsavvá, propionsavvá, vajsavvá), kis szénatomszámú alkoholokká, aldehidekké, hidrogénné, szén-dioxiddá és egyéb gázokká (pl.: ammóniává, kén-hidrogénné) alakulnak. Az átalakulás addig tart, amíg a baktériumok saját lebontó tevékenységeik következtében el nem pusztulnak, fel nem oldódnak (hiszen a csökkenő pH miatt a baktériumok életkörülményei kedvezőtlené válnak).
3. **Acetogén fázis:** ebben a szakaszban az acetogén baktériumok az előző fázis végtermékeit alakítják ecetsavvá.
4. **Metánképződés:** az utolsó szakaszban az ecetsavat metánképző baktériumok metánná, szén-dioxiddá és vízzé alakítják. A hidrogén (H₂) és a szén-dioxid (CO₂) metánná és vízzé alakul át.



A biogáz-képződés folyamatábrája

Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a biogáz képződés folyamatát két fő fázisra oszthatjuk: az első fázis az **erjesztés** (hidrolízis és savképződés), a második fázis pedig a **metánképződés** (acetogén szakasz és metánképződés), mivel az acetogén és metanogén baktériumok csak együtt (szimbiózisban) képesek hatékonyan működni.

A folyamatban keletkező biogáz felhasználható gázmotorban történő elégetés mellett villamos energia előállítására, vagy gázkazánban elégetve közvetlenül fűtésre. A gázmotoros felhasználás melléktermékeként (a motorok vízűtése miatt) nagy mennyiségű **hulladék hő** is keletkezik, amit ugyancsak fűtésre használhatunk. A keletkező biogáz

– az alacsony metántartalom miatt – közvetlenül nem táplálható fel a gázhálózatra. A feltáplálás előtt a gázelegyet tisztítani és töményíteni kell, ami jelentős mértékben megdrágítja a technológiát.

A folyamat végén nagy mennyiségű **lebontási maradék** keletkezik, ami víztelenítés után vagy anélkül visszatáplálható a fermentorokba (erjesztőtartály), amelyekben a mikrobák tevékenysége folytán a szerves anyagból további biogáz nyerhető, vagy magas és a növények számára könnyen felvehető tápelem-tartalmából adódóan a szántóterületek trágyázására használható. Mivel a folyamat során az alapanyagban esetlegesen előforduló gyommagok csírázóképesége jelentősen lecsökken, a trágyázott terület gyomokkal fertőzésének esélye is kisebb.



Fermentorok a biogáz üzemben



A szerves anyag adagolása a fermentorba

Az alapanyag szárazanyag-tartalma alapján a biogáz üzemeket három csoportra oszthatjuk:

- **nedves technológia** – az alapanyag maximálisan 15%-os szárazanyag-tartalommal rendelkezik
- **félszáraz technológia** – az alapanyag szárazanyag-tartalma 15 és 30% közé esik
- **száraz eljárás** – a felhasznált szerves anyag 30-35%-os szárazanyag-tartalommal rendelkezik.

A hőmérséklet alapján három hőmérsékleti tartományban működő biogáz technológiát különböztetünk meg, és minden egyes tartományban más-más típusú baktériumok tevékenykednek.

Hőmérsékleti tartomány	Tipikus hőmérséklet	Várható tartózkodási idő
pszihrofil	< 20 °C	70-80 nap
mezofil	30-42 °C	30-40 nap
termofil	43-55 °C	15-20 nap

A pszihrofil tartományban működő biogáz üzemek nem igényelnek általában fűtést, de mivel az alapanyag a leghosszabb ideig tartózkodik a rendszerben, valamint hazánk éghajlata miatt (télen fűteni kellene) nálunk nem terjedt el.

A mezofil rendszerű üzemek a leggyakrabban alkalmazottak, hiszen az alapanyag relatíve rövid időt tölt a rendszerben (20-30 nap), a biogázt gázmotorban elégetve a melléktermékként keletkező hulladékhővel télen fűthetjük a fermentorokat, illetve egész évben használhatjuk más gazdasági vagy kiszolgáló létesítmények hőigényének kiszolgálására. Az alapanyag minőségére és összetételének egyöntetűségére viszont oda kell figyelnünk.

A termofil hőmérsékletű rendszerben legrövidebb az alapanyag tartózkodási ideje, de a folyamatos fűtési igény miatt (a termofil baktériumok a legérzékenyebbek a hőmérsékletváltozásra) ez a legdrágább technológia.

SZILÁRD ENERGIAHORDOZÓ ALAPANYAGOK

Erdészeti melléktermékek

A hazai erdőállomány az 1920-as évektől napjainkig 12%-ról 20%-ra nőtt és az ország erdősültsége folyamatosan növekszik. A legjobban erdősült megyeink Észak-Magyarországon, valamint Észak- és Dél-Dunántúlon találhatóak. 2011-ben megközelítően 9 millió köbméter faanyagot termeltek ki, amelynek közel 20-25%-a tekinthető mellékterméknek. Erdészeti melléktermékek közé sorolhatjuk a **fakitermelés során keletkező gallyakat, fakérget és egyéb faanyagokat**, amelyek minőségi és/vagy méretbeli tulajdonságaik miatt nem hasznosíthatóak. Ezenfelül erdőgazdálkodási tevékenységből (tisztítás, egészségügyi vágások) kitermelt faanyagokkal is számolhatunk. E melléktermékek közel 800 ezer köbméter mennyiségben keletkeznek évente, azonban ezek hasznosítása nem kellőképpen megoldott, továbbá nagy az élőmunka igényük is.

A faiparban is jelentős mennyiségben keletkezik fahulladék, amit energetikai célra lehetne hasznosítani. A visszamaradt melléktermékeket célszerű brikettálni vagy pelletálni a könnyebb kezelhetőség és szállíthatóság érdekében. Jelenleg a faiparban a melléktermékek jelentős részéből furnérlemezeket készítenek.

Faipari melléktermékeknek tekinthetőek:

- fűrészpor, csiszolatpor
- faforgács, fahulladék
- fakéreg



Fakéreg



Fűrészpor

Mezőgazdasági melléktermékek

Az erdészeti melléktermékek mellett meg kell említenünk a mezőgazdasági melléktermékeket is. Ide tartoznak főként a különböző növények szárai és levelei, illetve egyéb részei, melyek többsége jelenleg a földeken marad. Ilyen pl.: a kukorica szára, levele és csutkája, a gabonaszalma, vagy a napraforgó és őszi káposztarepce szára. A szántóföldi növénytermesztésben, a legnagyobb mennyiségben gabonaszalma, kukoricaszár és csutka és napraforgószár keletkezik. A tüzelési célra felhasználható melléktermékek mennyisége nagyban függ az időjárási tényezőktől. Aszályos és túlzottan csapadékos évben kevesebb rendelkezésre álló alapanyaggal számolhatunk. A melléktermékek betakarításkori nedvessége különböző lehet, ezért szükség lehet természetes vagy mesterséges szárításra.

Gabonaszalmából évente 4,5-7,5 millió tonna keletkezik, azonban az energetikai célokra történő hasznosítása sok kérdést vet fel. A szalma jelentős részét jelenleg bebálázzák. A bebálázott mennyiség mintegy 45-50%-a mezőgazdasági üzemekben kerül felhasználásra, alom vagy takarmány formájában. A papíripar az évente keletkező szalma 20-25%-át hasznosítja, mivel fontos alapanyaga a papírgyártásnak és átlagosan 40-45% cellulózt tartalmaz. A szalmából történő papírgyártás viszonylag egyszerűbb, mint a fára alapozott. A fennmaradó 20-25%-ot pedig, mint tápanyag-viszapatló és szerkezetjavító anyagot, bedolgozzuk a talajba. Amennyiben a keletkező gabonaszalmát elszállítjuk a területről, gondoskodnunk kell a szalmával leherdott tápanyagok talajba történő visszajuttatásáról. Tüzelési szempontból a gabonaszalma igen kedvező, azonban a szállítása és tárolása sok problémát vet fel. A szalmát a jobb szállítás érdekében tömöríteni szokták (szalmabála). A szalmabálák négyzetes vagy kör alakúak szoktak lenni.



Gabonatarló



Szalmabála

A legnagyobb mennyiségben a kukoricaszár és csutka áll rendelkezésre a szántóföldi melléktermékek közül. Hektáronként 9-10 tonna marad vissza a szántóterületeken. Száraz időjárás esetén a kukoricaszár egy része be is takarítható, és takarmányként vagy tüzelési célra használható. Tüzelésre azonban csupán 3-4 tonna használható, ami a megtermelt mennyiség 30-40%. A maradék kukoricaszár túlságosan vizes és talajjal szennyezett, nem tekinthető jó minőségű fűtőanyagként, ezért célszerű a visszamaradt részeket bedolgozni a talajba. A kukoricaszár betakarítása során kör vagy kocka bála készíthető. A szár betakarításkori nedvessége elég változó, 50-70% is lehet. Csapadékmentes, száraz időjárás esetén, a területen hagyva a bálákat azok néhány napon belül kiszáradnak és behordásra és kazalozásra alkalmassá válnak.



Kukoricatarló



Kukoricabála

Évenként közel 1,0-1,2 millió tonna napraforgószár és tányér melléktermékkel számolhatunk. A jelenlegi gyakorlat, hogy a teljes szár és tányérmennyiséget összezúzzák, majd beszántják. A napraforgószár betakarításkori nedvessége elég alacsony, ezért összegyűjtése után tüzelésre alkalmas.



Leszáradó napraforgóállomány



Napraforgótányér

A szántóföldi növénytermesztés melléktermékei mellett nem szabad megfeledkeznünk a szőlő és gyümölcsültetvények hulladékairól sem. Begyűjtésük nagy élőmunka igényű, de a gépekkel való betakarításuk is megoldott már. Tüzelés szempontjából a tűzifával megegyező tulajdonságokkal rendelkeznek. Közel 0,3-0,4 millió tonna venyige és nyesedék keletkezik évente az ültetvényekben. Célszerű a költséges szállítás elkerülése, ezért javasolt a helyben való energetikai hasznosítása.



Szőlővenyige metszés után



Gyümölcsös nyesedéke

Lágyszárú energianövények termesztése

A lágyszárú energianövényekre jellemző a nagy hajtásszám, kevésbé elfásodó szár és a viszonylag kis magasság. E növények rövid idő alatt nagy mennyiségű zöldtömeg előállítására képesek. A növények nagy előnye, hogy nem szükséges a termesztésükhöz speciális géppark, a mezőgazdaságban található alapvető gépekkel a vetéstől a betakarításig minden munkafolyamat elvégezhető. Megkülönböztetünk olyan növényeket, amelyeket minden évben el kell vetni (**egynyári**) és olyan növényeket, amelyek a vetés, illetve telepítés után több évig ugyanazon a területen maradnak és évenként betakaríthatóak (**évelő**).

Hazai viszonyok között kifejezetten energiatermelés céljából termesztett lágyszárú energianövények a következők:

- Egynyári: rostkender, silócirok
- Évelő: magyar árva roznok, zöld pántlikafű, Miscanthus (kínai nád), arundo (olasz nád)



Rostkender



Silócirok



Miscanthus (kínai nád)



Arundo (olasz nád)

Silócirok

A silócirok a pázsitfűfélék családjába tartozó egyéves növény. Hazai klimatikus viszonyok között nem telet át, viszont meleg éghajlati övben évelő növény. Jellemzője a nagy zöldtömeg, a lédús szár és a kifejezetten dús levélzet. A növény – különösen a kezdeti fejlődés időszakában – nagyon hasonlít a kukoricára.

Virágzatuk a változatoktól és fajtáktól függően eltérő nagyságú és tömörségű bugavirágzat:

- silócirok: tömött, barnaszínű
- szemescirok: lazább, színe változó
- szudánifű: laza, szétálló, színe változó
- seprűcirok: hosszú, rugalmas

A szemtermésük alakja, nagysága és színe a változatoktól és a fajtáktól függően eltérő:

- szemescirok magja: gömbölyded, fehér vagy piros
- silócirok magja: gömbölyded, barnás
- szudánifű magja: kissé lapított és tojás alakú

Szemtermése gluténmentes, ezért a belőle készült termékeket a lisztérzékenyek is fogyaszthatják. Trópusi és szubtrópusi területeken a cukorban gazdag szárból préselés és mosás után alkoholt állítanak elő. Mérsékelt égövi területeken tömegtakarmánynak termesztik, elsősorban silózásra alkalmas. Zöldetetésre nem ajánlott hidrogén-cianid tartalma miatt, amely a silózás hatására lebomlik.

Rendkívül jó az aszálytűrő képessége, ami mélyreható gyökérzetének köszönhető, másrészt a növények felszínét bevonó viaszréteg is elősegíti a hatékony párologtatást.



Silócirok buga



Silócirok állomány

Nagy biomassza hozama és jó biogáz termelő képessége lehetővé teszi, hogy a biogáz üzemek számára alapanyagot szolgáltatson.

A növény kiegyensúlyozott fejlődéséhez legalább 160-170 vegetációs napot igényel. A hosszabb tenyészidejű hibrideket biztonsággal az ország déli területein lehet termesztetni.

Trópusi származásából adódóan hőigényes növény, ezért a vegetációs időszakban 3000 °C hőösszeget igényel, csírafejlődésének pedig a 14-30 °C közötti hőmérséklet felel meg a legjobban. A 14 °C alatti hőmérsékleten a cirokfélék csírázása rendkívül vontatott, ami a későbbi fejlődésükre is kedvezőtlen. A kezdeti fejlődés időszakát kivéve a csapadékeloszlás rendelkezésükre is leginkább alkalmazkodó növényünk. Szárazságban különösen kedvező azon tulajdonsága, hogy hosszabb-rövidebb aszályos periódus után csapadék hatására gyorsan regenerálódik. Ez legfőképpen annak köszönhető, hogy szárazság alatt képes az életfolyamatait leállítani, és a legközelebbi esős időszakban újraindítani.



Cirok kezdeti fejlődésben



Cirok állomány

Sikeres termesztéséhez az évi 350-450 mm csapadék elegendő, ezért biztonsággal választható az aszálynak kitett területeken is.

A talaj összetételével szemben nem támaszt különösebb igényeket. Jól alkalmazkodik a változó talajviszonyokhoz, ezért az ország szinte egész területén biztonsággal termeszthető. Egyedül a csekély termőrétégű futóhomok, kötött és erősen szikes talajok jelentenek termesztési kockázatot.

A silócirok termesztésének módja

1. lépés: A talaj előkészítése

A lehető leggondosabb talaj előkészítést kívánja. Ősszel ássuk fel vagy szántjuk meg a területet. Kerüljük a száraz vagy túl nedves időben történő szántást, mert az káros hatással van a talajra. Az előveteményre nem igényes, következhet nyáron vagy ősszel betakarított elővetemény után is.

A cirokféléket a nagy nitrogén igényű növények közé sorolják. A csírázást, illetve a növény további fejlődését alapvetően meghatározza a tápanyag-ellátottság. A komplex műtrágyák használatával érhetőek el a legjobb terméseredmények. A nitrogén elősegíti a vegetatív (zöld) részek dinamikus fejlődését. A foszfor és a kálium műtrágyákat az őszi szántással dolgozzuk be a talajba. A nitrogént pedig több menetben érdemes kijuttatni. Az első részletet vetés előtt tavasszal kell kijuttatni. A műtrágya kiszórása történhet kézi vagy gépi módon. Kézi kiszórás esetén minden esetben használjunk kesztyűt és szájmazskot.



Magágykészítés kombinátorral

A cirok fokozottan igényes a magágy minőségére. A tavaszi vetést előkészítő talajmunkák lényege az legyen, hogy a vetés idejére a felső talajrétegek alatt nyirkos, morzsás, a mag körül feltétlenül apróbb szerkezetű magágyba tudjuk vetni a magokat. Tavasszal az őszi szántást vagy ásást el kell egyengetni. Ezt a munkát kombinátorozással vagy kerti rotációs kapálógéppel is elvégezhetjük.

2. lépés: Vetés

A cirok vetésére akkor kerülhet sor, ha a talaj hőmérséklete 14-16 °C, ami április vége május elejére tehető. A vetés történhet kézzel vagy géppel. A silócirot, mint a kukoricát is úgynevezett kapás sortávolságra vetjük, ami általában 70-75 cm között szokott változni. A vetés mélysége a talaj nedvességtartalmától függően 2-4 cm-nél nagyobb ne legyen. A vetőmag minden esetben legyen csávázott a penészesedés és egyéb gombás betegségek elkerülése végett. A csávázott vetőmaghoz csak védőkesztyűs kézzel szabad hozzányúlni, mert súlyos mérgezést okozhat.



Csávázatlan vetőmag



Csávázott vetőmag

3. lépés: Növényápolás

A cukorcirok kezdeti fejlődése meglehetősen vontatott, ezért különösen fontos, hogy a talaj gyommentes legyen, mert egyébként a gyomok elnyomják a csíranövényeket. Fejlődése kezdeti szakaszában érzékeny a vegyszerekre, ezért a sorközművelésnek fontos szerepe van a gyomszabályozásban. A sorközművelés történhet kézi úton kapálással is, de a gyakorlatban gépekkel történő mechanikai sorközművelést és kémiai védekezést alkalmaznak. A silócirok leggyakoribb gyomnövényei a disznóparéj, kakaslábfű, libatop és a parlagfű. Ha a cirok kikelt, akkor a fejlődésének első 4-5 hetében lehetőleg gyommentesen kell tartani a területet. A keléstől számított 4-5. héten kezdődik a cukorcirok robbanásszerű növekedése. Ebben az időszakban a heti növekedési intenzitása a 40-50 cm-t is elérheti.

A gyakorlat azt mutatja, hogy elég egyszer gyommentesíteni a területet, azonban ha a gyomok kikelnek, a cirok megerősödéséig további kapálásra, sorközművelésre van szükség. A cirok betegségekkel és kártevőkkel szemben ellenálló, ezért a legtöbb esetben speciális növényvédelmi beavatkozásra nincs szükség.

4. lépés: Betakarítás

A hazai éghajlati viszonyok mellett szeptember és október a silócirok optimális betakarítási időpontja. A betakarítás módja a hasznosítási és termesztési céltól függően különböző lehet. Takarmány céljából viaszéréskor járvaszecskázóval betakarítjuk az egész növényt, ekkor a legnagyobb a cukortartalom és a szár nedvességtartalma is 60-70% között mozog. Alkohol (bioetanol) előállítás céljából célszerű csak a lelevelezett szárat betakarítani, ugyanis a levél cukortartalma csekély és a betakarítás időpontjára már nagy részük el is száradt. A magas rosttartalommal rendelkező cirokfajták és hibridek kiválóan alkalmasak bebálázásuk vagy brikettálásuk után az égetésre. A biogáz üzemben alapanyagként lehetőség van az egész növény felhasználására. A keletkezett biogázt gázturbinákban elégetve elektromos áramot és hőt tudunk előállítani, amivel elláthatjuk az üzem területét vagy értékesítjük a megtermelt zöldenergiát az energiapiacra. Hazai viszonyok között a silócirok elsősorban biogáz növényként jöhet számításba.



Cirok betakarítás



Cirokbála

Miscanthus (kínai nád) termesztésének módja

Az energetikai célból termesztett kínai nád rendkívül nagy hektáronkénti terméssel, hosszú életidejével, a környezeti feltételekkel szemben támasztott mérsékelt igényeivel, valamint a betakarított termés sokrétű felhasználhatóságával a légyszárú energianövény-termesztés egyik legfontosabb növényfaja. Mint a neve is mutatja, hazája Délkelet-Ázsia, Kína, Japán és Polinézia, de már széles körben elterjedt. A pázsitfűfélék családjába tartozik, csakúgy, mint a kukorica és a silócirok.

Erőteljes növekedésű évelő, rizómás növény, a fényt és a tápanyagokat kiválóan hasznosítja. A növény magassága elérheti a 3-3,5-4 métert is, évelő növény, hosszú időn keresztül, legalább 15 éven át (az állomány élettartama ideális esetben a 20 évet is meghaladhatja) ültetvényként ugyanazon a területen termeszthető.

A környezeti elemek közül a kínai nád a csapadékra és a hőmérsékletre a legérzékenyebb. A 600 mm csapadék feletti és a melegebb (8 °C feletti átlaghőmérsékletű) területek a kedvezőek számára. A kínai nád nem igényes a termőterületre, szinte minden talajon sikeresen termeszthető. A csapadékigénye a kukoricához hasonló, ezért a termesztési terület megválasztásakor csapadékosabb termőhelyet válasszunk ki.

Ugyanakkor a hosszabb ideig tartó vízborítást nem kedveli, de a talaj nagy nedvességtartalmát és az időszakos vízben állást eltűri. A vizezebb, agyagosabb, ártéri és réti területeken is természetű, ahol más szántóföldi növények termesztése nem gazdaságos. Fontos kiemelni, hogy télen sem fagy ki, de a fagyzugos területeken történő termesztését érdemes elkerülni. A késő tavaszi fagyok a hajtásokat pusztíthatják el, de a fagyok elmúltával a növény az alvó rügyekről újra hajt.



Miscanthus-állomány

1. lépés: A talaj előkészítése

A kiválasztott termőhelyen jó minőségű kellően laza szerkezetű talajállapot elérése a cél. A laza szerkezetű talajban a rizómák és a gyökerek is megfelelően fejlődhetnek. A rizómák a talaj felső 25 cm-es rétegében helyezkednek el, ezért 25-35 cm mélységű talajművelésre van szükség. Kis területen történő telepítés esetén kézi erővel (ásással) is történhet a talaj előkészítése, de a kellő mélység elérése érdekében indokolt az ekével történő szántás. Az őszi szántást még a fagyok beállta előtt végezzük el. A talaj-előkészítés során a legfontosabb, hogy a talajban található nedvességet őrizzük meg. Az ősszel elvégzett szántást el kell munkálni. A szántás vagy az ásás elmunkálása történhet ősszel vagy tavasszal egyaránt a magágy előkészítése előtt. A jó magágykészítés, vagyis az ültetési mélységben (10-15 cm) porhanyós talaj szintén fontos feltétele a sikeres termesztésünknek.



Rizóma



Kiásott rizómák



2. lépés: Telepítés

A rizóma ültetése március végétől május közepéig történhet. A talaj 8 °C-os hőmérsékleténél és kellő nedvességtartalmánál javasolt. A nagyobb nedvességtartalom ugyanis elősegíti a rügyek gyorsabb és egyöntetűbb kihajtását.



Miscanthus telepítés

A javasolt tőszám 10.000 db/ha 1 m-es sortávolsággal, és 1 m-es tőtávolsággal. Az ültetési mélység 10-15 cm között legyen. A telepítés történhet kézi úton és gépi úton is. Kézi ültetésnél az első feladat, hogy kimérjük a megfelelő tő- és sortávolságokat. A kijelölt pontoknál ültetőgödröket ássunk, amelyekbe beletesszük a rizómákat. Az ültetés után takarjuk be a rizómákat, és enyhén tömörítsük a talajt. Gépi ültetés során a talajt két csúszó fémlemez (csoroszlya) megnyitja, amely után egy ültető barázda keletkezik. Ebbe a barázdába lehet beletenni a rizómákat, amelyek körül a talajt egy forgó fémkerék összezárja és tömöríti. A rizómák ültetési időpontjának megválasztása igen fontos, mert a gyökér nélküli szaporítóanyagoknak a talajban magasabb nedvességtartalomra van szüksége a kihajtáshoz. Száraz tavaszokon vagy késői telepítések során számolnunk kell az elhúzódoó keléssel.

3. Lépés: Növényápolás

A tág térállás miatt a gyomok gyorsan felszaporodhatnak. Ezért már a magágy talajának is gyommentesnek kell lenni. Az ültetés után megjelent gyomokat kézi kapálással is lehet gyéríteni. A kapálás során oda kell figyelni, hogy a friss hajtásokat ne sértsük meg. Amikor már a kínai nád megerősödik, és a növényzet összezár, már nem szükséges a gyomok elleni védekezés. A sűrű nád elnyomja a gyomnövényeket, amelyek nem jutnak elegendő napfényhez, vízhez és tápanyaghoz. A gyomos terület negatív hatással van a későbbi évek termésére.

4. Lépés: Betakarítás

Járvaszecszkázó géppel egy menetben minden átalakítás nélkül betakarítható az energianád. Soros silókukorica adapterrel is be lehet takarítani, de célszerű sorfüggetlen vágóasztalt használni. A szecszkázott nádapríték lakossági, kisüzemi kazánokban azon-

nal felhasználható, vagy további előkészítés után pelletálható, brikettálható. A kínai nád betakarítása elvégezhető a szénakészítés gépsorával is. A tárolás ekkor bálázott formában történik, amely az anyagmozgatás szempontjából kedvező és könnyebben is tárolható. A bálák nagy tűzterű vagy mozgó rostélyos kazánban közvetlenül is eltűzelhetők. A pellet készítésekor bálabontó-daráló géppel lehet előkészíteni az alapanyagot.



Miscanthus betakarítása



Miscanthus bálázása

Fás szárú energianövények termesztése

Az energianövények olyan kultúrnövényeink, melyeket kifejezetten energetikai (valamilyen energia termelési/előállítási) célból termesztünk. Az energianövények viszonylag gyors növekedésűek (rövid idő alatt nagy biomassza termés), általában kultúrnövényeinkhez viszonyítva igénytelenebbek az agro-ökológiai (talaj, éghajlat) feltételekkel szemben, ezért termesztésük olyan kedvezőtlen adottságú területeken is ésszerű lehet, ahol gazdasági növényeink (búza, kukorica, napraforgó) csak nehezen és magas költségek mellett termeszthetők. Az energetikai célra termesztett növények felhasználása kétféle lehet: a szántóföldön megtermelt biomasszát közvetlenül felhasználhatjuk energiatermelésre (tűzelés), vagy valamilyen eljárás során anyaguk átalakítható egy másik energiahordozóvá (bioetanol, biodízel, biogáz).

A fás szárú energiaültetvény kétféle technológiával hasznosítható:

Újratelepítési technológia

E technológia szerint a területet gyors növekedésű fajokkal telepítik be, amelyet 8–15 éven keresztül hagynak a területen, majd ezt követően erdészeti módszerekkel takarítanak be (végvágás), illetve készítik elő üzemi felhasználásra. A végvágást követően a területet rekultiválják (újra alkalmassá teszik a termesztésre), alapos talaj-előkészítést végeznek, majd újra történik a telepítés. Ennek a módszernek előnye, hogy nagy az alkalmazható fajok köre, hátránya ugyanakkor, hogy rendkívül hosszú idő után nyerhető belőle alapanyag (biomassza), ami előre tervezést tesz szükségessé. A technológia sík- és dombvidéki területeken egyaránt alkalmazható, és évente mintegy 10–15 t/ha frisstömeg-gyapardással (nedves faanyag) lehet kalkulálni.

Sarjztatásos technológia

Alkalmazásakor gyorsan növő, jól sarjadó (nagy számú és erőteljes sarjhajtást hozó), nagy hozamú fajokkal telepítik kis térállásba (viszonylag sűrűn). A hektáronkénti

tőszám a technológiától függően széles határok között mozoghat (10000–50000 tő), ami meghatározza a kitermelést is. **A kisebb tőszám többnyire 2-3 éves, míg a nagyobb tőszám 1 éves vágásfordulót (letermelési gyakoriságot) tesz lehetővé.** Ennél a módszernél 15–25 éves élettartammal és 15–30 t/ha frisstömeeggel lehet számolni évente. Az utolsó betakarítás után a területet rekultiválni kell, ami a gyökér- és szármagmaradványok eltávolítását, valamint a mélyművelést (lazítás és szántás) jelenti. Ennek a módszernek előnye, hogy rendszeresen ad nagy mennyiségű biomasszát (tűzelőanyagot), természetési és betakarítási rendszere összehangolható a szántóföldi növénytermesztés technológiájával, széles körben alkalmazható hagyományos szántóföldi kultúrák természetésére kevésbé alkalmas gyenge termőképességű talajokon.

Környezeti feltételek

Magyarország területének mintegy felén, kb. 4,5 millió hektáron folyik szántóföldi növénytermesztés. Több százezer hektárra tehető azon szántóterületek nagysága, amelyeken a jelenlegi támogatások mellett sem garantált a megélhetés hagyományos növények (búza, kukorica, napraforgó) termesztése esetén. Ezek a gyakran vízjárta, belvíz kialakulására hajlamos területek, továbbá a szélsőséges víz- és tápanyag-gazdálkodású, többnyire homok- vagy homokos vályog talajok. A gyorsnövésű fajok termesztésére viszont valamennyi mezőgazdasági művelésre használt talaj megfelelő.

Az energetikai célra termesztett fás szárú növények általában a szélsőséges időjárást is elviselik. A legkritikusabb időjárási elem a hőmérséklet – ebből a szempontból a hazai feltételek megfelelőek –, valamint a csapadékmennyiség. Többnyire 500–600 mm csapadékra van szükség e növények kiegyenlített fejlődéséhez, azonban már 300–400 mm csapadékú évszakokban is nagy biomassza tömeget érnek el. Különösen fontos azonban a telepítés évében a kiegyenlített vízellátás, mert a növények a kezdeti fejlődés során érzékenyebbek az aszályos időszakokra.

Gazdasági feltételek

A környezeti feltételek mellett elengedhetetlen a gazdasági környezet alapos ismerete, vagyis a felvevőpiac feltérképezése. Biztonsággal ott érdemes e növények termesztésével foglalkozni, ahol **legfeljebb 50–80 km-es körzetben** a faaprítéket igénylő energiaelőállító szektor is megjelenik. Ennek fő oka a betakarított faanyag térfogathoz viszonyított kis tömege, ami a szállításnál jelent problémát, hiszen közúton egyszerre nem tudunk nagy tömeget mozgatni.

Növényválasztás szempontjai

Rövid vágásfordulójú energetikai faültetvények létesítése során az egyik legfontosabb feladat a termőhelyre alkalmas **faj és fajta kiválasztása**. A fás szárú energianövények lehetséges köre viszonylag széles, azonban a gyakorlatban csak néhány fafaj elterjedésére lehet számítani.

Az energia alapanyag előállítás céljából termesztett növényekkel szembeni legfontosabb követelmények az alábbiak:

- gyors növekedés, rövid idő alatt nagy mennyiségű biomassza,
- jó fagyűrő képesség,
- egyszerű szaporíthatóság, lehetőleg vegetatív úton (növényi hajtásrészsel),
- kiváló újrasarjadzó képesség (visszavágás, betakarítás után),
- jól viselje a viszonylag sűrű telepítést,

- lehető legváltozatosabb környezeti feltételek melletti biztonságos termesztetőség,
- biztonságos termesztetőség étel- és takarmánynövények számára kedvezőtlen adottságú feltételek esetén is,
- jó szárazságtűrés,
- betegségekkel, állati kártevőkkel szembeni nagyfokú ellenálló-képesség,
- olyan terület választása, ahol a vadállatok kártétele csekély,
- ne okozzon allergiát, ne fokozza az allergiás tüneteket a környezetében,
- betakarítása könnyű, jól gépesíthető legyen,
- a termesztett faanyag kis nedvesség- és hamutartalommal rendelkezzen,
- gyorsan és egyenletesen adja le a nedvességet,
- térfogatához viszonyítva nagy tömeggel rendelkezzen.

A fenti feltételeknek teljes egészében egyetlen növényfaj és fajta sem felel meg, azonban rövid vágásfordulójú ültetvények létesítésénél arra kell törekedni, hogy olyan növényt válasszunk, amely a legtöbb elvárásnak eleget tesz. Magyarország éghajlatai adottságai a kontinentális, változatos időjárási feltételeknek köszönhetően lehetővé teszik, hogy számos növényfaj és -fajta fás szárú energianövényként eredményesen termeszthető legyen. A **rövid vágásfordulójú energianövényekkel** szembeni elvárásoknak hazánkban a **fehér akác, a nyár, valamint a fűz** felel meg leginkább, ezért a fás szárú energianövények termesztésével foglalkozó fejezet e növényekkel foglalkozik részleteiben.

Fűz (*Salix sp.*)

A fűz (*Salix sp.*) világszerte elterjedt növényfaj, a fűzfafélék (*Salicaceae*) családjába tartozik, elsősorban a csapadékosabb termőhelyeken érzi jól magát, de egyes fajtái a száraz klímához is kiválóan alkalmazkodtak. Hazánkban eredetileg a patak- és folyóvölgyek jellemző kísérő növénye.



Energiafűz-ültetvény



Fűzültetvény télen

Alaktani jellemzők

A fűz fás szárú cserje- vagy fatermetű, lombhullató, kétlaki évelő növény. A fa alakú fűzek előbb karógyökeret fejlesztenek, utána alakítják ki dúsan elágazó oldalgyökér rendszerüket. A bokorfűzek gyökérzete kezdettől fogva rendkívül szerteágazó. Kérge eleinte sima zöld vagy vöröses-zöld, később hosszanti barázdákkal felrepedezik. A fűzek

lomblevelei csavarodottak, lándzsásak, általában fűrészszélűek, a levélnyel többnyire rövid, a levelek széle általában mirigyes. Virágzata füzérben nyílik, kétlaki (a hím- és nőivarú virágok nem egyazon növényen találhatók), az előző évi vesszők középső rügyeiből fakad. A virágok beporzását általában rovarok végzik. Termése toktermés, a magok körte alakúak, amelyek tartalék tápanyagot nem tartalmaznak, ezért csírázóképeségüket csak néhány napig őrzik meg.

Ökológiai igények

A fűz fajták nagy nedvesség- és fényigénnyel rendelkeznek. A legtöbb fűzfaj igényli a folyamatos és jó vízellátottságot, sőt az időszakos vízborítást (belvíz) is elviseli. A hosszú időn keresztül pangóvizet, illetve levegőhiányos állapotot nem viseli el, ilyen körülmények között állománya rövid idő után megritkul, illetve kipusztul. A fűznek speciális igényei vannak a tengerszint feletti magassággal szemben, lehetőleg 400 méter fölé ne kerüljön. A megfelelő vízellátottság mellett gondoskodni kell a kedvező fényviszonyok megteremtéséről, a félárnyékos-árnyékos területeket nem viseli el, ezért közvetlen erdőállományok közelébe nem ajánlott az ültetése. A fatermetű fajok (*Salix alba*) általában melegkedvelők, a mérsékelt égöv enyhébb tájain növekednek biztonságosan. A bokorfűzek mérsékelt melegkedvelők, Európában a skandináv országok déli részein is sikerrel termesztik ezek fajtáit, illetve klónjait.

Termesztett fajták és klónok

A rövid vágásfordulóú energetikai faültetvények létesítésére Európában a nagy terméshozamot elérő, magas növésű, tág tűrőképességű cserje- vagy bokor- (pl. *Salix viminalis* – kosárfonófűz, *Salix x smithiana* – szép barkájú fűz, *Salix x dasyclados* – molyhoságú fűz) és fatermetű (*Salix alba*) fajokat és fajtákat egyaránt termesztik. A külföldről (elsősorban Svédországból) behozott és honosított fajták egy részéről bebizonyosodott, hogy nem képesek hazánkban a származási helyükön elért biomassza-produkcióra. A nemesítői tevékenység elsősorban a fagy- és szárazságtűrésre, a környezeti feltételekkel (éghajlat, talaj) szemben támasztott nagy tűrőképességre, a betegség-ellenállóságra, valamint a nagy biomassza-hozam elérésére irányul.

Nyár (Populus sp.)

A nyár (*Populus*) nemzetség tagjai a fűzfafélék (*Salicaceae*) családjába tartoznak. Mintegy 35-40 faja az északi mérsékelt égöv lombhullató növényzetének tagja. Jellemzően a folyópartok kísérőnövénye, a hullámterek napos, világos partján található. Ezek a közepes méretű nagy méretben megtalálható lombhullató fák 15-50 méter magasra is megnőnek, akár 2,5 méteres törzsátmérővel. A kérgük sima, fehér, zöldes vagy sötétszürke színű, ami néhány fajnál öregkorára elveszíti simaságát, és mély barázdákat kap. A levelek mérete még az egyes fákon is nagyon eltérő lehet, a kis levelek főként az oldalágakon, míg a nagyobbak az erősebb törzsi ágakon találhatók.

Alaktani jellemzők

A nyárfélék fatermetű, lombhullató többnyire kétlaki (hím- és nővirágzat külön növényen található) növények, bár ritkán az egyalakúság is előfordul. Növekedésük az egész vegetációs időszakon keresztül folyamatos. Hajtásaik hengeresek vagy bordásak, a rügyeket különböző nagyságú rügypikkelyek fedik. Leveleik szórt állásúak, hosszú nyelűek. Jellemző rájuk a heterofillia, ami abban nyilvánul meg, hogy a hosszúhajtásokon és a rövidhajtásokon lévő levelek, alakja, nagysága különbözik. Virá-

gaik csüngő barkákban vagy füzérekben jóval a rügyfakadás előtt nyílnak. Termésük néhány- vagy sokmagvú tok, amelyek a virágzás után néhány héttel már beérnek. A magok kevés tartalék tápanyaggal rendelkeznek, ezért csírázókéességüket rövid idő után elveszítik.



Energianyár-ültetvény



Letermelt energianyár-ültetvény

Ökológiai igény

A nyárfajok termőhellyel szemben támasztott igénye lényegesen nagyobb, mint a fűzé. Az **egyenletes és folyamatos vízellátás** alapkövetelménye a rövid vágásfordulójú energianyár termesztésének. A fagyűrő képessége viszonylag gyenge. Termesztésére a mélyfekvésű, síkvidéki területek a legalkalmasabbak. A nyárfa növekedésének mértékét elsősorban a talaj víz-, levegő- és tápanyag-ellátottsága határozza meg. Olyan termőhelyeken is sikerrel termesztethető, ahol átmenetileg tartós felszíni vízborítás (belvíz) alakul ki.

Termesztett fajták és klónok

A rövid vágásfordulójú energetikai ültetvények létrehozásához a *Populus x euramericana* (nemes nyár hibridek), a *Populus nigra* (fekete nyár), a *Populus tremula* (rezgőnyár) és a *Populus balsamifera* (balzsamos nyár), illetve ezek különböző hibridjei (keresztkezései) a legalkalmasabbak. A jelenleg energiaültetvénynek telepített fajták többsége Olaszországból került Magyarországra, de több hazai államilag elismert hibrid is a termesztők rendelkezésére áll. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a hazai nemesítésű fajták közül mindössze néhány versenyképes a biomassa hozam tekintetében a külföldi klónokkal.

Fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.)

A fehér akác a pillangósvirágúak (Fabaceae) családjába tartozik, világviszonylatban az egyik legelterjedtebb fafaj. Észak-Amerikában őshonos, Európába 1620 körül hozta be Jean Robin francia botanikus, akiről a tudományos nevét kapta a növény. Az 1700-as évek elején került Magyarországra – valószínűleg német közvetítéssel – parkfának, illetve szegélyfának. Az Alföld-fásítás legfontosabb növénye volt, az 1800-as években indult program alapvetően változtatta meg az akkoriban már fátlan pusztaságnak ismert Alföld képét. Jelenleg Magyarországon található Európa legnagyobb akácállomány, összterülete meghaladja a 350 000 hektárt 16 százalékos területarányal. Népszerűségét sokoldalú felhasználhatóságának köszönheti: virága illatos, kiváló mé-

zet ad, fája alkalmas szőlőkarónak, parkettának, szerszámnyélnek, cölöpnek, oszlopnak, hordókészítésre és még számos egyéb célra. Biomasszaként pedig nagyon fontos tulajdonsága, hogy szárítás nélkül, „nyersen” is ég.



Fehérakác-ültetvény



Fehérakác

Alaktani jellemzők

Az akác törzse zárt állásban egyenes, hengeres, koronája laza, vékony ágú. Szabad állásban törzse erős ágakra bomlik, gyakran villásodó. Gyökérszete a laza talajon szétterül, ugyanakkor mélyre hatoló gyökereket is képez. A többi pillangósvirágúak családjába tartozó növényhez hasonlóan nitrogén szükségletének jelentős részét a gyökerein élő *Rhizobium*-baktériumok a levegőből kötik meg, így táplálva a növényt. Kérge fiatalon szürkésbarna, sima paraszemölcsös, de már korán hosszanti irányban repedezik. Virágai 10-15 cm hosszú, lelógó fehér fürtöket alkotnak. A kellemes illatú virágok kiváló mézjelők. Termése 5-10 cm hosszú lapos, barna hüvely, amely 4-8 magot tartalmaz. Magja vastag héjú, ezért vetés előtt forrázni kell. Az akác eredeti termőhelyén közepes méretű fa, fejlődése az első években rendkívül gyors, de 20-25 év után erősen visszaesik. Rövid vágásfordulójú energianövényként természetve szaporítása magról vagy vegetatív úton gyökérsarjról történik. Csemetenevelése nagyon könnyű, az átültetést jelentősebb visszaesés nélkül viseli. Természetes úton magról nem újul.

Ökológiai igény

Az akác kifejezetten fényigényes, magja kicsírázásához is fényre van szüksége. Klímatis szempontból az akác számára a legkedvezőbb termesztési körzet a Délnyugat-Dunántúl, a legmostohább pedig az Északi-középhegység. A növény termőhely tűrése széles, azonban a talaj szellőzőttségére különösen igényes, ezért a laza talajokat részesíti előnyben. Bár eredetileg elsősorban a rossz termőképességű futóhomok talajok megkötésére használták, azonban ezeken a termőhelyeken nem tudjuk kielégíteni az akác igényeit, ezért inkább a humuszos homoktalajra kell a telepítést koncentrálni. Rövid vágásfordulójú energiaültetvényként történő telepítés esetén arra kell figyelni, hogy a talaj kellően levegőzött legyen, továbbá belvíz, pangóvíz kialakulására ne legyen hajlamos. Magyarországon energetikai célú akác ültetvények létrehozása elsősorban a Dél-Dunántúl homoktalajain, a Duna-Tisza közti szárazulatokon, valamint a Tiszántúl laza, száraz termőhelyein javasolható.

Energetikai faültetvények létesítésére alkalmas egyéb fafajok

Magyarország változatos természeti adottságai akác, fűz és nyár mellett számos egyéb növényfaj fás szárú energianövényként történő termesztését lehetővé teszik. Rövid vágásfordulójú ültetvényként telepítve kevés hazai gyakorlati tapasztalat áll rendelkezésre, mivel többnyire kisebb biomassza tömeg elérésére képesek és lassabban növekednek, mint az előző fejezetben ismertetett fajok, azonban regionálisan lehet szerepük a jövőben. Energiaültetvény telepítésére alkalmas fafajok a következők: enyves éger (*Alnus glutinosa*), kőris (*Fraxinus sp.*), juhar (*Acer sp.*), fekete dió (*Juglans nigra*). Energetikai ültetvények létesítésére a fentiekben ismertetett növényfajokon és nemzetségeken kívül a jelenlegi jogszabályok a tölgy (*Quercus sp.*) telepítését teszik lehetővé, azonban számos kísérlet folyik egyéb növényfajokkal is mind hazai, mind külföldi kutatóhelyeken.

Területválasztás

Fás szárú energianövény termesztésének azokon a termőhelyeken lehet létjogosultsága, ahol a várható jövedelmezőség meghaladja a hagyományos (élelmiszer-alapanyag, takarmányozási, ipari, stb.) növények termesztésének eredményességét. A jól átgondolt területválasztás alapja a termőhely adottságainak, valamint a természetközeli növényfajok és fajták igényének és várható hozamának ismerete.

A terület kiválasztásánál több szempontot figyelembe kell venni, amelyek a gazdaságos gépkihasználás és termesztés elengedhetetlen feltételei:

Ökológiai feltételek

- A magas talajvízszint (1-2 m mélységben) egyes növények esetében kifejezetten kedvező lehet, de a pangóvízes, folyamatos vízállású talajokat kerülni kell.
- Az energiaültetvény területének kiválasztásánál *kerülni kell a folyamatos árnyékolást* (pl. szomszédos táblákon erdők), mivel az jelentős biomassza csökkenést eredményez.
- A talaj kémhatása *enyhén savanyú, illetve semleges kémhatású* legyen. Ha a pH érték kevesebb, mint 5,5, illetve magasabb, mint 7,5, nem alkalmas energetikai ültetvény létesítésére.
- Az éves átlaghőmérséklet legalább 8-8,5 °C legyen.
- A csapadék mennyisége a termőhelytől és a növény igényétől függően *legalább 400-500 mm* legyen. Az eredményességet elsősorban a telepítés évének időjárása határozza meg. A csapadékmennyiség mellett fontos annak eloszlása, különösen a kezdeti fejlődés megindulásához, valamint a megfelelő gyökeresedéshez van szükség elengedő nedvességre.

Műszaki feltételek

- A 15%-nál nagyobb lejtésű területeket lehetőleg kerülni kell. Ennél nagyobb lejtésnél a vízgazdálkodási tulajdonságok kedvezőtlenek, illetve a gépek mozgása is nehézkessé válik.
- A jó gépkihasználás és költségtakarékos gazdálkodás érdekében a táblaméret legalább 2 ha legyen. Gazdasági szempontból előnyösebb a nagyobb táblaméret, ugyanakkor környezeti szempontok (élőhely változatosság, biodiverzitás növelése) a kisebb táblamérettel mellett szólnak.
- A szállítás megkönnyítése és a költségek csökkentése érdekében célszerű burkolt út közelében, továbbá az átvevőhelyhez lehető legközelebbi (max. 70-80 km) területet kiválasztani.

A termőhely vizsgálata

A termőhely vizsgálata a teljes növénytermesztési technológia szempontjából meghatározó jelentőségű, és a későbbi költségeket befolyásoló munkafolyamat.

Céljai az alábbiakban fogalmazhatók meg: **a termőhely minősítése, valamint a talaj fizikai- és biológiai állapotjellemzőinek (tápanyagtartalom meghatározása) meghatározása.** A termőhely elbírálása a megfelelő faj és fajta kiválasztásához nyújt információt, valamint a **talajművelés módjának és mélységének környezetkímélő és energiatakarékos tervezésének elengedhetetlen feltétele.** A termőhely vizsgálata állandó és változó termőhelyi tényezőkre terjedhet ki.



A talajmintavétel 90 cm mélységig

A talajművelés célja és jelentősége energiaültetvények létesítése előtt

Az energetikai faültetvények létesítése során különösen nagy gonddal kell eljárni, ugyanis a műveléssel nem csak egy vegetációs időszakra készítjük elő a talajt, hanem 10-25 éves termelési ciklust alapozunk meg vele. Speciális helyzettel kell szembenézni a talaj művelőjének fás szárú energianövény termesztése előtt abban a tekintetben is, hogy esetenként olyan talajon kell telepítésre alkalmas talajállapotot kialakítani, ahol a megelőző években a hagyományos szántóföldi növények termelése nem volt jövedelmező (belvizes területek, aszályra érzékeny homoktalajok, stb.) vagy rendszeres művelés alatt nem állt (pl. parlagterületek, hullámtéri szántók stb.).



Belvizes terület



Parlagon hagyott terület

A fás szárú energianövények termesztését megalapozó talajművelésnek az alábbi elvárásoknak kell megfelelnie:

- a szaporítóanyag (általában valamilyen dugvány) géppel vagy kézzel történő akadálytalan bejuttatását elősegítő talajállapot,
- egyenletes, legfeljebb kissé rögös talajfelszín kialakítása,

- gyommentes, lehetőleg növényi maradványoktól mentes talajfelszín létrehozása,
- nedvesség- és szénvesztés (párolgás és szén-dioxid) csökkentő talajművelési beavatkozások alkalmazása.

Az energetikai faültetvények létesítése előtti talajművelés nagy odafigyelést igényel.

Tarlóhántás. legfontosabb talajmunkák közé tartozik, amely során az aprított szár és gyökérmaradványokat dolgozzuk a talajba. Mélysége ne haladja meg a 10-15 cm-t, mert az felesleges energiapazarlásnak minősülne. A tarlóhántás céljai a talaj védelmével, kedvező kultúrállapotának kialakításával, illetve megtartásával összefüggésben határozhatók meg: a talaj nedvesség veszteségének (párolgás) csökkentése, a gyomok elleni mechanikai védekezés, gyomszabályozás, a talaj hőforgalmának szabályozása, a talaj fizikai-biológiai beéredésének elősegítése, valamint a tarlómaradványok (elővetemény) sekély talajba keverése. A tarlóhántás elvégzésére a talaj kötöttségétől függően bármely sekélyen lazító és porhanyító eszköz (tárca, ásóborona, kultivátor, talajmaró) alkalmas.

Talajlazítás. A talajlazítás során az összeállt, ülepedett vagy tömörödött rétegek talaja minden irányban kisebb-nagyobb rögök képződésével szétválik. Javul a talaj vízbefogadó és víztároló képessége, csökken az összefolyás, és lejtős területen a vízfolyás. A lazítás nélkülözhetetlen a talaj kultúrállapota megőrzésében és javításában. Attól függően, hogy a talaj mely rétegében szükséges a tömör talajállapot megszüntetése a talajlazításnak három típusa különíthető el. **1. Sekélyen lazítandó** a talaj tarlóhántáskor, magágykészítéskor és kelés után, növényápoláskor. Sekély lazításra a kultivátorok, a tárcsák, az ásó- és fogasboronák, a kombinátorok alkalmasak. **2. Középmélylazítással** a talaj 0-45 cm rétegének fizikai állapota javítható. Hatása jobb esetben 2-3 tenyészidőn át érvényesül, ezért **alpművelési módszer**. Eszközei a **középmélylazítók** **3. Mélylazítással** a rendszeresen művelt réteg alatt elhelyezkedő talaj fizikai állapota javítható. A művelet elsődlegesen mélylazítókkal végezhető el hatékonyan.



Tarlóhántás tárcsával



Középmély lazítás a telepítés előtt

Őszi mélyszántás. Alpművelésen Magyarországon leggyakrabban ma még az ekével végzett forgatásos művelést értik, amelynek előnyei, hátrányai egyaránt ismertek. Végrehajtása többnyire szükséges, ha

- a talaj felső rétege lepusztult szerkezetű,
- a tápanyagok az alsóbb rétegekbe mosódtak,
- mésztartalmú réteget kívánunk felhozni a felső elsavanyodott helyére,

- a növényi maradványok, istálló- és zöldtrágyák beforgatása a cél,
- a gyomok irtását elősegíti.

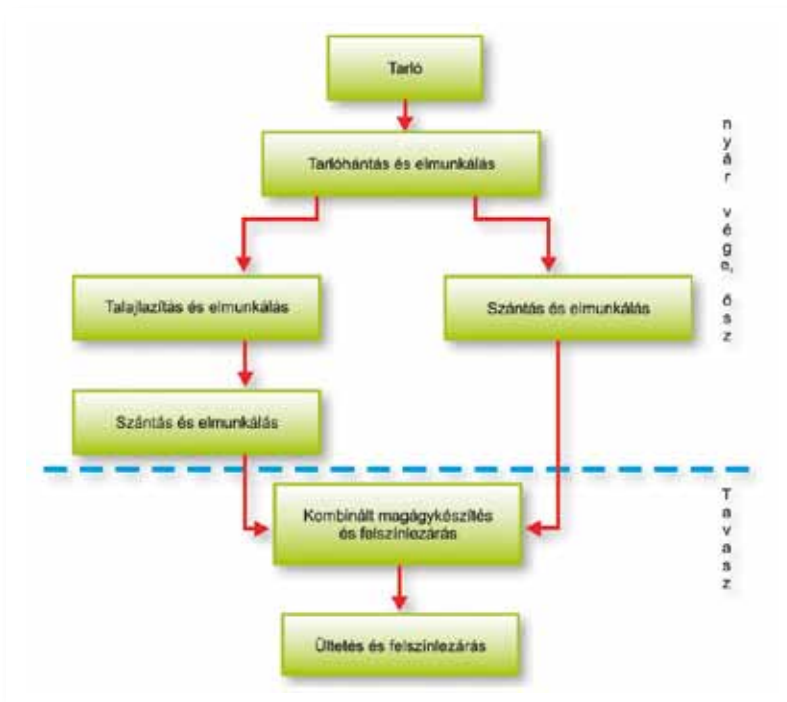
Fás szárú energianövények telepítését megelőzően a lazítás utáni alpművelés többnyire elhagyhatatlan módszere a szántás. A hagyományos szántóföldi növények termesztési rendszerében – a talaj állapotától függően – bevett gyakorlat a 20-25 cm mélységű forgatásos művelés, addig ebben az esetben célszerű gyökeres növények és sima dugványok telepítése előtt is legalább 30-35 cm mélységig végezni a szántást. Ügyelni kell arra, hogy a művelés mélységtartása egyenletes legyen, ellenkező esetben mind a kézi, mind a gépi telepítés minősége kedvezőtlen lehet, a nem kellően átmunkált talajba juttatott dugványok eltörhetnek.



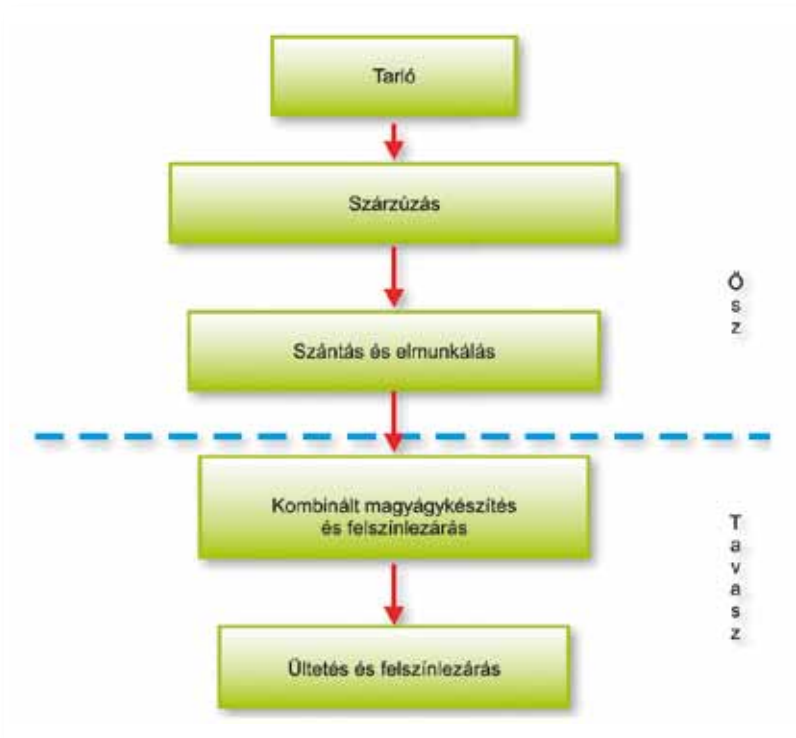
Szántás (forgatásos alpművelés)



Forgatás nélküli alpművelés (nehézkultivátorral)



Talajművelési rendszer korán lekerülő elővetemények után



Talajművelési rendszer későn lekerülő elővetemények után

Talajelőkészítés nem művelt területeken

Magyarországon több százezer hektárra tehető azoknak a területeknek a nagysága, amelyeken évek óta nem folyik szántóföldi talajhasználat, ugyanakkor energetikai ültetvények létesítésére és gazdaságos hasznosítására alkalmasak lehetnek. Ide tartoznak az alábbi szántó vagy gyeperőművelési ágba tartozó területek:

- gyenge termőhelyi adottságú parlagterületek,
- szántó vagy gyeperőművelési ágba tartozó rét és legelő,
- elhanyagolt cserjés, csalitos területek.

Ezek a termőhelyek megfelelő felmérés és előkészítés után alkalmassá tehetőek fás szárú energianövények telepítésére. Amennyiben a termőhely-feltárás alapján teljesíthető valamely növény igénye, az első munkafázis a terület művelésre történő előkészítése. Ez jelentheti a növényi részek (pl. nagy tömegű száraz növényi rész, cserje, gyom) zúzását, eltávolítását.

Szükség lehet a művelést megelőzően totális hatású gyomirtószer kijuttatására is, ugyanis ilyen termőhelyeken a gyomnövények későbbi fokozott megjelenésével számolni kell.

A talaj művelése során nem mellőzhető ebben az esetben a középmedly lazítás és az azt követő őszi mélyszántás és elmunkálás.

Ültetési alapanyag

A fás szárú energiaültetvények létesítéséhez kizárólag a fajtatulajdonos vagy engedélyes termelő által központi vagy üzemi törzsültetvényen előállított minősített szaporítóanyagot lehet felhasználni. Az energetikai faültetvények létrehozása *telepítési engedély*hez kötött, amely megszerzésének feltétele a szaporítóanyag eredetét bizonyító fajtatulajdonosi igazolás. A dugványnak, csemetének minden esetben egészségesnek, sérülésmentesnek kell lennie.

A fás szárú energiaültetvények telepítése történhet:

- fűz és nyár fajok telepítése esetén leggyakrabban a 20-22 cm hosszúságú gyökér nélküli, egyéves hajtásokról származó **simadugvány**okat használnak. *Átmérőjük érje el legalább az 1 cm-t*, hiszen az ennél vékonyabb, valamint a görbe dugványok a talajba helyezés során sérülhetnek, gépi és kézi telepítésnél egyaránt könnyen eltörnek.
- **karódugványokkal**, ami *1-4 méter hosszúságú gyökér nélküli, egyéves vagy többéves* (általában két, legfeljebb három éves) növényi részekből vágott ültetési alapanyagot jelent. Ebben az esetben a dugvány átmérője 1-5 cm között változhat a dugvány korától és méretétől függően.
- akác esetében egyéves, jól meggyökeresedett 30-100 cm magas **magági csemetéket** alkalmaznak. Sok esetben közvetlenül a telepítés előtt 10-15 cm hosszúságúra vágják vissza a gyökeres növényeket.

A dugványokat kötegelve vagy ládába helyezve -2 – -4 °C-ra hűtött helyiségben tárolják, majd a telepítés előtt a felhasználás helyére szállítják. Nagyon fontos, hogy a tárolás során *egyenletesen alacsony hőmérsékletet* lehessen biztosítani, mert ellenkező esetben a nedvkeringés megindulásával a dugványok kihajtanak, a képződő hajtások a telepítés során letörnek, ami a megeredés esélyét rontja, a képződő biomassza mennyiségét csökkenti.

A simadugványokat felhasználás előtt *24 órán keresztül áztatni* szükséges, ami lehetővé teszi a talajba került dugványok fejlődésének gyors megindulását, valamint az esetleges szárazabb időszakok átvészelését.



*Első éves hajtások
(szaporítási alapanyaga – dugvány)*



Előkészített sima dugványok

Telepítés ideje

Az eredményes telepítés előfeltétele a gondosan előkészített talaj. A magágy egyenletes felszínű, aprómorzsás szerkezetű legyen, tömör záróréteget nem tartalmazhat. Az *ültetés ideje többnyire tavasz, de egyes esetekben ősszel is történhet.*

A *tavaszi telepítés* a simadugványok használatakor a leggyakrabban alkalmazott módszer. Minél korábbi időpontban sikerül a dugványokat a talajba juttatni, annál biztosabb eredésre lehet számítani, ugyanis a vegetációs időszak beindultával a növények intenzív fejlődésnek indulhatnak. Ügyelni kell arra, hogy *legkésőbb április végére, május első napjaira* a telepítést befejezzük. A karódugványok kevésbé kitettek az időjárás viszontagságainak, mivel nagyobb a tartalék nedvesség és tápanyag a növényekben, továbbá mélyebb rétegekből is hozzáférnek a vízhez.

Az *őszi telepítés* a gyökeres csetetknél kedvezőbb, tavaszra beállt, a szárazabb időszakot is könnyebben elviselő állományt kapunk.

Ültetési hálózat

A dugványozás előtt gondosan mérlegelni kell a tő- és sortávolság, valamint az ültetési hálózat (egysoros vagy ikersoros) megválasztását. Ebből a szempontból figyelembe kell venni a telepítendő faj ökológiai igényeit, de nagyon fontos tekintetbe venni a területi adottságok mellett a telepítés utáni munkaműveletek (vegyszerezés, növényápolás, betakarítás) agrotechnikai és műszaki követelményeit, illetve az alkalmazható műszaki megoldásokat.

Az **egysoros ültetési hálózat** különböző változatai rövid és hosszú vágásfordulóban termelt fafajhoz és fajtához egyaránt javasolhatók. Egyes fűzfajták termesztése során az állomány besűríthető akár 50 000-55 000 db/ha növényre, ami 60-70 cm sortávolságot és 30-40 cm tőtávolságot jelent. Ilyen intenzív hasznosítás az *évenkénti vágást* teszi lehetővé.

Az **ikersoros ültetési hálózat** a gépi betakarítás hatékonyságának javítása miatt terjedt el. A technológia kizárólag a rövid, két-hároméves vágásfordulójú ültetvények telepítése esetén alkalmazható.



Szimplasoros állomány



Ikersoros telepítés

Az ikersorok közötti távolság általában 70-75 cm, a soron belül a növények közötti távolság 40-50 cm. Rugalmasabban tervezhető ugyanakkor a művelőutak távolsága, amely 150-300 cm között változik. A művelőút szélességét befolyásolják a termőhely ökológiai adottságai (nedvesség), a növény faja és fajtája, valamint a sorok mechanikai ápolására rendelkezésre álló művelőeszközök munkaszélessége.

Telepítés

A telepítés történhet géppel és kézzel. A telepítés módját meghatározzák a termőhelyi adottságok, az időjárási feltételek, az ültetési alapanyag, az ültetvény létesítéséhez rendelkezésre álló munkaerő, stb.. Túl száraz területen vagy időszakos vízborította körülmények között csak a kézi telepítés jöhet számításba. Simadugvány telepítésénél gépi és kézi módszer egyaránt alkalmazható, ugyanakkor karódugványok telepítésénél elsősorban a talaj előfűrészt követő kézi ültetés végezhető. Az energiaültetvény létesítése révén nagyszámú képzetlen munkaerő köthető le, ezért a közmunka programokba jól illeszthető, ami szintén a kézi telepítést helyezi előtérbe.

Gépi telepítés

A gépi telepítésre használhatók az **erdészeti csemeteültető**k, a **mezőgazdaságban, kertészeti ültetvényekben használatos ültetőgépek**, valamint a **speciális dugványozó gépek**. Valamennyi eszköz félautomata, az emberi munkától csak részben függetleníthető.



Telepítés erdészeti csemeteültetővel



Vízszintes kézi ültetés

Kézi telepítés

A telepítés speciális módszere a kézi ültetés, amely többféleképpen végezhető. Ha a talaj kedvezően lazult legalább 20-25 cm mélységig, a simadugványok közvetlenül a talajba juttathatók.

A kézi telepítés speciális módja, amikor a simadugványokat előre meghúzott barázdákba vízszintesen ültetik el. A talajba helyezés 6-10 cm mélységbe történik, amely után visszatemetik a termőföldet.



Energetikaiültetvény-telepítő



Szorítóujjas megfogóelem

Gyomszabályozás

A fás szárú energianövények telepítését követően az első évben elvégzett ápolási munkák és különösen a gyomszabályozás határozzák meg a teljes ültetvény sikerességét. Amennyiben egészséges, beállt állomány jön létre az első év végére, a későbbiekben kevés időráfordítással és költséggel tartható fenn az ültetvény a teljes életciklus végéig. A telepítés évének legfontosabb munkálatai az állományművelés mechanikai módszerekkel, valamint a kémiai gyomszabályozás.

A növények kezdeti fejlődése gyorsnak tekinthető, ugyanakkor az első évben a gyomszabályozástól nem lehet eltekinteni. A védekezés mechanikai és kémiai módszerek kombinálásával oldható meg. A jól begyökeresedett növényegyedek növekedési intenzitása olyan mértékű, hogy gyommentes állományban legfeljebb a sorközök mechanikai ápolására van szükség, az állomány korai záródása és gyors fejlődése miatt a gyomokkal szembeni konkurencia minimálisra csökken.

A gyomszabályozás tehát kiemelkedő fontosságú az ültetés évében, a második vegetációs évben, a visszavágás után, valamint a betakarításokat követően.

Betegségek

Egyes esetekben (pangó víz, legyengült növényállomány) az ültetvény fogékony lehet bizonyos gombás, vírus- és baktériumfertőzésre, ami ugyancsak hozamcsökkentő hatással bír. Ilyen esetekben a vegyszeres védekezés indokolttá válik.

Kártevők

Az állati kártevők közül elsősorban a levélbogárra és molyra, a nyárfacincérre és a földibolhára kell odafigyelni. Abban az esetben, ha jelentős mértékben elszaporodnának a rovar kártevők, vegyszeres védekezéshez kell folyamodni.

A legnagyobb kártételt a vadak károsításai jelentenek az ültetvények esetében. A nyulak, pockok és a nagyvadak ellen sokszor a megelőző védekezés jelenti a biztonságos megoldást. Ezen állatok a hajtás és hajtáscsúcsi rágásaikkal nagy károkat okozhat-

nak az állományban. Ezek megelőzhetőek vagy csökkenthetőek rágáskár ellen védő, vadriasztó szerek alkalmazásával. A legjobb megoldás a vadkár ellen napjainkban is a kerítés használata, ez viszont nagyban megdrágítja az ültetvény telepítési költségeit.

Visszavágás

Egyes fajok és fajták (pl. bokorfűz és akác) esetében az első év után a talajfelszín közelében visszavágásra lehet szükség. Ezt a műveletet azokban az esetekben célszerű elvégezni, ha a *visszavágást követően intenzívebb növekedésre* lehet számítani.

Elhalt dugványok pótlása

A telepítés előtti szakszerű terület-előkészítés (termőhely-feltárás, talajművelés, növénytáplálás, gyomszabályozás), valamint a jó minőségű szaporítóanyag feltételezi a legalább 90-95% eredést, azonban rendkívüli körülmények miatt (pl. száraz időjárás a telepítést követően, jégkár, stb.) veszteségekkel is számolni kell. A kismértékű, *néhány növényegyedet érintő veszteség nem igényel beavatkozást*, mivel a szomszédos egyedek többé-kevésbé be fogják nőni az üresen maradt helyeket. *Amennyiben a dugvány vagy csemetepusztulás mértéke meghaladja a 15%-ot, pótlásra lehet szükség*

Az energianövények tápanyagigénye

A közvélekedés az energianövényeket – különösen a fás szárú energianövényeket – tápanyagigényes növényeknek tartja. Tudnunk kell ugyanakkor, hogy a tápanyagigény nem tér el lényegesen más szántóföldi kultúráktól. Valamennyi energetikai célra termesztett növény esetén érvényes az a megállapítás, hogy adott termőhelyi körülmények között *nagy mennyiségű biomassza kizárólag a talaj tápanyag-ellátottságát és a növény tápanyagigényét figyelembe vevő növénytáplálás esetén érhető el.*

A termés betakarításával kivont tápanyag mennyisége a fafajtól, a termőhelytől, a termelési ciklus időtartamától és a terméshozamtól függően változik. *A fás szárú energianövények 1 tonna szárazanyag előállításához évente 3,7-5,5 kg N-t, 0,6-1,0 kg P-t, 2,6-4,0 kg K₂O-t 5,0-5,5 kg Ca-ot, valamint 0,5-0,8 kg Mg-ot használnak fel.* Ez összevetve a hagyományos lágyszárú szántóföldi növények által felvett tápanyag mennyiségével nem tekinthető kiemelkedőnek, de a sokévi egyoldalú tápanyagfelvétel miatt fontos odafigyelni a rendszeres visszapótlásra.

Növénytáplálás istállótrágyával és komposzttal

A szervestrágyázás a talajerő-pótlás legkedvezőbb formája, azonban mennyisége az állatállomány drasztikus visszaesése révén korlátozott, ezért ültetvények telepítése esetén is számolni kell azzal, hogy a legritkább esetben áll rendelkezésre. A legjobb szervestrágya az *érett istállótrágya*, amelyet megfelelő kezelést követően juttathatunk ki 30-40 t/ha mennyiségben.

A szervestrágyázás másik módszere, amely energetikai ültetvények esetében alkalmazható a különféle, elsősorban szennyvíziszap eredetű *komposztok kijuttatása.*

Zöldtrágyázás

A zöldtrágyázás során a növényi részeket zöld állapotban dolgozzuk be a talajba, ami részben növénytáplálási célokat szolgál, részben a talaj kedvező fizikai és biológiai állapotának javításához járul hozzá. Ezeken túlmenően fontos szerepe van a gyomkorlátozásban is.

Mútrágyázás

A szerves- és zöldtrágyázás a növénytáplálás, a talaj kedvező kultúrállapota megőrzésének legkedvezőbb eljárása, azonban a műtrágyák használata az esetek többségében elkerülhetetlen. A műtrágyát a felszínre szórjuk ki, amelyet legfeljebb a sorközökben sekélyen tárcsával dolgozunk be. A nitrogén kijuttatása folyékony formában is történhet a vegetációs időszak során.



Szervestrágya-kijuttatás



Mútrágyaszórás

Betakarítás

A fás szárú energiaültvények betakarítását minden esetben lombmentes állapotban és lehetőleg a nyugalmi nedvkeringés idején kell végezni. A betakarításnál nagy odafigyelést igényel a vágóeszköz megválasztása, hiszen a vágási felület minősége, valamint talajhoz viszonyított magassága nagymértékben befolyásolja a termesztés sikerességét. A helyesen megválasztott betakarítási időben a biomassa nedvességtartalma nagyjából 50-55%-os.

Kézi betakarítás

Kézi betakarításnál fűrész tárcsával felszerelt motoros kaszával vagy motoros fűrészszel történik az állomány levágása. Ez a módszer általában a kis területű ültvények betakarításánál alkalmazható költséghatékonyan. A levágott hajtásokat kévékbe köteve lehet szállítani és tárolni.

Szakaszos gépi betakarítás

Ennél a betakarítási módnál a növényállományt ún. döntő kötegelő gép vágja el és kötegeli. Az összekötött kévéket irányba helyezve hagyják a területen, amiket általá-

ban egy darus teherautó, vagy valamilyen közelítő gép szállít a tárolás, vagy a további feldolgozás helyszínére.

Egymenetes gépi betakarítás

Ennél az eljárásnál egyazon gép végzi a hajtások levágását és aprítását is menet közben. Ezek a gépek lehetnek önjáró kivitelűek és vontatott aktív hajtású járvaszecszkázók is. A gép menet közben a keletkező faaprítékot szállítójárműre rakja. Az egymenetes betakarítás a nagy kiterjedésű ültetvények esetében indokolt, hiszen ezen gépek beszerzési és fenntartási költségei a legmagasabbak.



Kézi betakarítás



Betakarított fűz tárolása/szárítása



Szakaszos gépi betakarítás



Egymenetes betakarítás

Szállítás, tárolás, szárítás

A szállítás módja és a távolság nagyban meghatározzák annak költségeit. Amennyiben a felhasználás helye 40 km-es távolságon belül található, a szállítás megoldható a gazdaság saját tulajdonú traktoraival. Ettől nagyobb távolságra célszerű teherautókkal szállítani az alapanyagot. Mivel kis térfogattömegű anyagról van szó érdemes nagy rakterű szállítójárműveket választani, valamint a rakodással egy időben az aprítékot tömöríteni.

A betakarítás után a letermelt biomasszát el kell szállítani a tárolás, a további feldolgozás vagy a felhasználás helyszínére. Mivel a folyamatban nagy mennyiségű relatíve kis térfogattömegű anyagot kell szállítani, a logisztikának kulcsfontosságú szerepe van a költséghatékonyság növelésében.

A levágott vesszők és fák tárolhatók laza szerkezetű prizmákban, ahol a faanyag szelődése, ezáltal száradása akadálytalan. A kis térfogattömeg miatt a tárolásnak nagy a helyigénye.

Az apríték formájában tárolt alapanyag kedvező időjárás mellett a szabadban is tárolható, komolyabb minőségromlás nélkül. Időszakos forgatással az apríték száradása segíthető, minőségromlása mérsékelhető.

Szélsőséges csapadékviszonyok miatt szükséges lehet az apríték fóliával történő fedése, viszont a csapadékvíz elvezetéséről gondoskodni kell.

Az apríték tárolható fedett helyen is, ennél a megoldásnál viszont mindenképpen gondoskodni kell az alapanyag időnkénti forgatásáról. A forgatás nélküli tárolás esetében a betakarításkori nedvességgel tárolt faanyag hőmérséklete elérheti a 80 °C-ot is, elméletileg az anyag öngyulladás is lehetséges.

A fás szárú energiaültetvények betakarított faanyagának kb. 30%-os nedvességtartalomra vagy légszárakra (kb. 20%-os víztartalom) szárítása az elégetés szempontjából nemcsak előnyös, de szükséges is. A légszáraz faanyag fűtőértéke jóval magasabb a betakarításkori nedvességgel rendelkező alapanyagénál. Amennyiben szárítjuk az aprítékot, csökkenthető a tárolás során jelentkező légzési veszteség mértéke, valamint a mikrobiális anyaglebontás során jelentkező veszteség, ami a 2%-ot is elérheti egyes esetekben. A magas nedvességgel betárolt alapanyag penészedik, a gombák spórái pedig egészségkárosodást okozhatnak.

Szárítási módok:

- a prizmában, ill. fedett tárolóban lévő alapanyag időszakonkénti átforgatása,
- a tárolt aprítékalmokba kis páratartalmú hideg levegőt fúvatnak,
- a prizmákba vagy tárolókba előmelegített levegőt fúvatnak, ezáltal gyorsítva a száradási folyamatot (a levegőt költséghatékonyság szempontjából hulladékhővel érdemes fűteni),
- a betárolt aprítékot száríthatják forró levegő (120 °C-os) bevezetésével, de ez igen költséges eljárás; a költségek hulladékhő használatával csökkenthetők.

Felhasználási lehetőségek

Napjainkban a lágy- és a fás szárú energiaültetvények betakarított biomasszáját majdnem teljes egészében energetikai célra, főként tüzelőberendezésekben történő elégetésre használják fel.

A betakarított termés apríték formájában történő felhasználási lehetőségei:

- térségi-kistérségi fűtőművekben tüzelőanyagként használható fel energiatermelés céljából,
- pelletálva az alapanyag térfogattömege, így fűtőértéke növelhető, csökkentve a szállítás és tárolás költségeit, növelve a felhasználás hatékonyságát (az eljárás nagyon energiaigényes folyamat, és az alapanyag szecskamérete és nedvességtartalma meghatározza a sikerességét),
- brikettálva az alapanyag térfogattömege, így fűtőértéke növelhető, csökkentve a szállítás és tárolás költségeit, növelve a felhasználás hatékonyságát (az eljárás nagyon energiaigényes folyamat és az alapanyag szecskamérete és nedvességtartalma meghatározza a sikerességét),
- metánt és szintetikus hajtóanyagot is előállíthatunk belőle (BTL-Biomass to Liquid),
- második generációs bioetanol üzemekben (lignocellulóz alapú technológia) felhasználható bioetanol előállítására,
- szigorú követelményeknek megfelelően az apríték alkalmas lehet ipari felhasználásra is (farostlemez-, rétegtlemez-, papír-,karton- és cellulózgyártás).

Faanyag alternatív felhasználási lehetőségei:

- az energiafűz felhasználható kosárfonáshoz, vagy dísznövényként; pionír növényként partok és lejtős területek, árkok és rézsűk megkötésére és talajvédelemre is használható,
- az energianyár töveken a trópuson laskagombát termesztene, de ennek a hasznosítási módnak viszonylag kicsi a jelentősége,
- egyes fűzfajok olyan szalicilátokat tartalmaznak, amik lázcsillapító hatásúak és reumás panaszok enyhítésére is használhatók; a szalicin hatásos egyes levélbogarak, mikrobák ellen (növény-védőszer alapanyag).

Biomassza tüzelőberendezések

Családi házak fűtése

Lakossági használatra sokféle tüzelőberendezés létezik. A tüzelőberendezések kialakítása és a benne eltűzelt anyagok határozzák meg a berendezések típusát. A lakossági tüzelőberendezések kis teljesítményűek és családi házak fűtésellátására alakították ki. A háztartási kistűzelők tüzelőanyaga hasított fa, brikett, pellet és apríték.

Lakossági tüzelőberendezések:

- Cserépkályhák
- Kandallók
- Darabosfa-kazánok
- Faelgázosító kazánok
- Pelletkazánok
- Apríték tüzelésű kazánok

A cserépkályhák jó hatásfokkal és hőtároló képességgel rendelkeznek. Darabos fával és brikettel is működtethetőek.

A cserépkályhákhoz nagyon hasonló kialakításúak a kandallók, de alapvető különbség, hogy nagy tűztérnyílással rendelkeznek, amely lehet nyitott vagy hőálló üvegajtóval zárható. A hőálló üvegajtóval ellátott kandallók több nyíláson keresztül levegőztethetőek.

A darabosfa kazánokhoz hasított fa, vagy nagyobb méretű brikettek is szolgálhatnak tüzelőanyagként. A brikett tüzelésénél figyelembe kell venni, hogy a fűtőértéke magasabb, mint a tűzifáé. A tűztérben felszabaduló hő a kazán falazatán távozik a környezetbe. A modern kazánok tűzterét samott téglákkal veszik körbe ezzel növelve a kazán hatásfokát.

A faelgázosító kazánok jó hőszigetelt tűztérrel rendelkeznek hatásfokuk 90% fölötti. A faelgázosító kazánok két tűztérrel rendelkeznek. A felső tűztérben történik a fa kiszáritása 200-700°C-on. A fa égetése légszegény körülmények között zajlik, aminek eredményeként faszén és gázok keletkeznek. A felszabaduló gázok elégetésnek a hőfoka eléri az 1000°C-ot.



Apríték tüzelésű kazán



Pelletkazán

A pelletkazánok olcsó, kényelmes, energiatakarékos és környezetbarát megoldást jelentenek. A pellet fűtőanyagot az épület egy előre kialakított részében úgynevezett pellettartályban tároljuk. A pellet adagolása automatikusan történik, amelyet a szobákban elhelyezett termosztát vezérel. A megfelelően megtervezett pellettartályt a fűtési szezonban elég kétszer-háromszor újratölteni. A korszerű pelletkazánok bővíthetőek napkollektoros rendszerekkel is, amivel tovább növelhetjük a fűtésrendszerünk hatékonyságát. A pelletkazánok hatékonysága 90% körüli.

A pelletkazánokhoz hasonló felépítésűek az apríték tüzelésű kazánok. Az apríték tüzelésű kazánok tüzelőanyaga lehet fűrészpor, forgács, faapríték és pellet. A pelletkazánokhoz hasonló módon automatizálható a kazán táplálása. Az apríték kazánok előnye, hogy olcsóbb a tüzelőanyag ellátásuk, viszont a pellet nagyobb sűrűségű, ezáltal kisebb a helyigénye és nagyobb a fűtőértéke. Az apríték kazánok hatásfoka 80-90%. A pellet és apríték kazánoknál a külső tárolónak teljesen zárhatónak kell lennie, mert kerülni kell, hogy az alapanyag nedvességgel érintkezzen.



Brikettkazán



Faalgázósító kazán

Települési fűtőművek

A települési fűtőmű, mint a neve is mutatja, egy kisebb település energia-ellátását biztosítja. A fűtőművek elegendő hőenergiát biztosíthatnak az önkormányzati ingatlanok (hivatalok, orvosi rendelő, iskola) fűtésére. A kistelepülések igényeihez igazodó fűtőművek elterjedésével az ország energia-ellátása stabilizálható és a külföldi tüzelőanyagoktól való függőségünk részben megszüntethető. A fűtés korszerűsítésével több millió forintot takaríthatnak meg a téli fűtési számlákon a települések. Az erőművek csökkentik az energiaköltségeket, munkahelyeket teremtenek, és hozzájárulnak a szén-dioxid kibocsátás mérsékléséhez is.

A fűtőművek tüzelőanyaga lehet darabosfa, aprítékfa, brikett, pellet, szalma és egyéb bálázott mezőgazdasági melléktermék. Ezenfelül a településen keletkező zöld hulladékokat (nyesedékágak, gallyak) is el lehet tüzelni. A hosszú távú tüzelőanyag ellátást az önkormányzatok tulajdonában álló és használaton kívüli szántóterületeken rövid vágásfordulójú energiaerdők telepítésével biztosítani lehet.

A települési fűtőberendezések több típusát használják a gyakorlatban, lehetnek, rostélytüzeléses berendezések, rostély nélküli és fluidágyas berendezések. Ezek a típusok már alkalmasak különböző tüzelőanyagok elégetésére, mint fakéreg, aprított kukoricacsó, fűrészpor, faapríték, bála, stb.

A rostélytüzelést leginkább nagyobb teljesítményű (1 Megawatt feletti) berendezéseknél alkalmazzák. A magas nedvesség- és hamutartalmú anyagok is elégethetők a berendezésekben. Ez annak köszönhető, hogy a rostélyra beadagolt tüzelőanyag ki tud száradni a rostély felső részén, majd a rostély alsó részére érve teljesen elég az anyag. A rostélytüzelés másik nagy előnye, hogy az eltérő nagyságú tüzelőanyagok is eltüzelhetők a berendezésekben. A rostélytüzelés leggyakoribb változatai, az álló, mozgó és fluidágyas berendezések.

A szalmakazánok új generációt képviselnek a megújuló tüzelési technikák területén. A gabonaszalmából és egyéb mezőgazdasági melléktermékből készült bála tüzelése nagy hatékonysággal történik. A szalmakazánok belseje úgy lett kialakítva, hogy a szögletes és a henger alakú bálákat is be tudja fogadni.

A fűtőipari berendezés méretétől függően alkalmas családi házak, nagyobb ingatlanok és mezőgazdasági létesítmények fűtésére is. A szalmabálákat nagyobb biomassza erőművekben a tüzelés előtt aprítják és így adagolják a tüztérbe.



Szalmatüzelésű fűtőmű

A fluidágyas tüzelőberendezéseknél a tüzelőanyagot általában kvarchomokágyba fújják be. A homokágyat alulról történő levegő lefúvásával lebegő állapotban tartják. A tüzelőanyagot kis adagokban juttatják be a tüztérbe. A tüzelőanyag az égés során folyamatos mozgásban van, ennek köszönhetően égése is stabilabb. A hagyományos rendszerekkel szemben előnye még, hogy az eltérő típusú alapanyagok elégetésére is alkalmas.



Települési fűtőművek

Biomassza erőművek

A biomassza erőművek egy egész várost ellátnak energiával. Általában ezek az erőművek nemcsak hőenergiát, hanem villamos áramot is előállítanak. Az ilyen típusú erőműveket kogenerációs erőműveknek hívjuk. Ilyenek a távfűtő művek is, ahol a hő mellett villamos áramot is előállítanak.

A villamos áram fejlesztése során elég jelentős mennyiségű hő keletkezik, amelyet lakások, szociális épületek, mezőgazdasági létesítmények (üvegházak) fűtésére lehet használni.

A biomassza erőművek becsatlakozhatnak a távhőszolgáltatásba, ezzel csökkenthetőek a távhődíjak, ugyanis az erőművekben elégetett biomassza alapanyagok ára alacsonyabb, mint a jelenleg használt földgázé.

A tüzelőanyag (biomassza) tulajdonságaihoz kialakított kazánrendszerekben kerül elégetésre. A tüzelőanyag lehet energiaerdőkből és energiaültvényekből (fás- és lágyszárú) betakarított faanyag és mezőgazdasági melléktermék (szalma) is. A biomassza tüzelés gyakran különböző egyéb tüzelőanyagokkal együtt is történhet. Ebben az esetben a biomassza mellett nem megújuló fűtőanyagokat (szén, lignit, stb.) is el lehet égetni.

Nagyobb települések biomassza alapú energiaellátásának megállapításához több tényezőt is vizsgálni kell. Ezek közül az egyik legfontosabb, hogy az alapanyag-ellátás hosszú távon is biztosítható legyen. A biztonságos alapanyag megteremtése érdekében ezért célszerű energia ültetvényeket létesíteni a biomassza erőművek közelében.



Biomassza erőmű



Biomassza erőmű

Tartalomjegyzék

ÁLTALÁNOS ÁTTEKINTÉS	3
Megújuló energiaforrások	3
A biomassa szerepe az energiatermelésben	5
FOLYÉKONY ENERGIAHORDOZÓ ALAPANYAGOK	9
Alkoholnövények termesztése és felhasználása	9
Bioetanol	9
Őszi búza	9
Kukorica	10
Burgonya	10
Cukorrépa	11
Cukorcirok	11
Alkoholgyártás	12
Olajnövények termesztése és felhasználása	13
Biodízel	13
Napraforgó	13
Őszi káposztarepce	14
A biodízel előállításának folyamata	14
GÁZNEMŰ ENERGIAHORDOZÓ ALAPANYAGOK – BIOGÁZ	15
A biogáz előállítás folyamatának lépései	16
SZILÁRD ENERGIAHORDOZÓ ALAPANYAGOK	19
Erdészeti melléktermékek	19
Mezőgazdasági melléktermékek	19
Lágyszárú energianövények termesztése	21
Silócirok	22
A silócirok termesztésének módja	24
Mischantus (kínai nád) termesztésének módja	26
Fás szárú energianövények termesztése	29
Újratelepítéses technológia	29
Sarjzattatásos technológia	29
Környezeti feltételek	30
Gazdasági feltételek	30
Növényválasztás szempontjai	30
Fűz (Salix sp.)	31
Nyár (Populus sp.)	32
Fehér akác (Robinia pseudoacacia L.)	33

Energetikai faültetvények létesítésére alkalmas egyéb fafajok	35
Területválasztás	35
Ökológiai feltételek	35
Műszaki feltételek	35
A termőhely vizsgálata	36
A talajművelés célja és jelentősége energiaültetvények létesítése előtt	36
Tarlóhántás	37
Talajlazítás	37
Őszi mélyszántás	37
Talajelőkészítés nem művelt területeken	39
Ültetési alapanyag	40
A fás szárú energiaültetvények telepítése	40
Telepítés ideje	41
Ültetési hálózat	41
Egysoros ültetési hálózat	41
Ikerosos ültetési hálózat	41
Telepítés	42
Gépi telepítés	42
Kézi telepítés	42
Gyomszabályozás	43
Betegségek	43
Kártevők	43
Visszavágás	44
Elhalt dugványok pótlása	44
Az energianövények tápanyagigénye	44
Növénytáplálás istállótrágyával és komposzttal	44
Zöldtrágyázás	45
Műtrágyázás	45
Betakarítás	45
Kézi betakarítás	45
Szakasos gépi betakarítás	45
Egymenetes gépi betakarítás	46
Szállítás, tárolás, szárítás	46
Szárítási módok	47
Felhasználási lehetőségek	47
Biomassza tüzelőberendezések	48
Családi házak fűtése	48
Lakossági tüzelőberendezések	48
Települési fűtőművek	50
Biomassza erőművek	52

