

Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar

VII. KARI TUDOMÁNYOS KONFERENCIA

konferencia kiadvány

2019. február 12.

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR



A konferenciát és a konferenciakötet megjelenését az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerep-vállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatta.

A kötet publikációit lektorálták: Bartha Dénes, Bidló András, Brolly Gábor, Czímber Kornél, Czupy Imre, Faragó Sándor, Frank Norbert, Pájet-Gálos Borbála, Gribovszki Zoltán, Heil Bálint, Hofmann Tamás, Horváth Adrienn, Horváth Tamás, Jánoska Ferenc, Kalicz Péter, Király Angéla, Király Gergely, Kovács Gábor, Lakatos Ferenc, László Richárd, Mátyás Csaba, Szakálosné Mátyás Katalin, Rétfalvi Tamás, Tuba Katalin, Veperdi Gábor, Vityi Andrea, Winkler Dániel

A kötet szakmai előkészítését az MTA VEAB Erdészettudományi Munkabizottsága támogatta.



Soproni Egyetem Kiadó 2019

ISBN978-963-334-322-7 (nyomtatott verzió)

978-963-334-323-4 (on-line verzió)

On-line verzió elérhetősége: http://emk.uni-sopron.hu/images/dekani_hivatal/Kiadvanyok/KariTudomanyosKonferencia/KariTudomanyosKonferencia2019.pdf

Szerkesztette: Király Gergely
Facskó Ferenc

Ajánlott hivatkozás:

KIRÁLY G. – FACSKÓ F. (szerk.) (2019): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VII. Kari Tudományos Konferencia. Soproni Egyetem Kiadó Sopron.

Tartalomjegyzék

Gribovszki Zoltán, Csáki Péter, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin: Erdő és víz – Kutatások az Erdőmérnöki Karon.....	5
Bende Attila, László Richárd: Erdei szalonka (<i>Scolopax rusticola</i> L.) színváltozatok és kúriózumok Magyarországon.....	9
Polgár András, Kovács Zoltán, Elekné Fodor Veronika: Szántóföldi növénytermesztés környezeti életciklus elemzése	16
Rákóczi Attila: A zöldítés és a tájhasználat összefüggései Békés megyében.....	25
Tari Tamás, Sándor Gyula, Heffenträger Gábor, Náhlik András: A gímszarvas élőhelyhasználatának jellemzői a Soproni-hegyvidéken	30
Szalay László: The amazing world of Fibonacci sequence.....	37
Barton Iván, Czimmer Kornél, Király Géza, Moskal L. Monika: Faállomány típusok térképezése Sentinel-2 ürfelvétel idősorozaton deep learning osztályozóval	41
Brolly Gábor, Primusz Péter, Bazsó Tamás, Király Géza: Több műszerállásból készített lézerszkennelések tájékozása erdőállományok felmérése során	48
Horváth Tamás, Gál János: Nelder kísérlet Magyarországon.....	54
Gálos Borbála, Csáki Péter, Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Zagyvai Gergely, Tiborcz Viktor, Bartha Dénes, Hofmann Tamás, Visi Rajecz Eszter, Balázs Pál, Bidló András, Horváth Adrienn: Multidiszciplináris adatbázis és oktatási segédanyag fejlesztés komplex erdészeti klímahatás elemzések végzéséhez	58
Heilig Dávid, Heil Bálint, Kovács Gábor: A vízellátottság és a tápanyag-utánpótlás hatása egy midi rotációs nemesnyárültetvény növekedésére.	64
Horváth Attila László, Sudár Ferenc János, Szakálosné Mátyás Katalin: Folyamatgépesített fakitermelések vizsgálata	71
Kollár Tamás: Új adatok a magyarországi bükkösök faterméséről	76
Molnár Tamás, Birinyi Mátyás, Somogyi Zoltán, Király Géza: A 2017. áprilisi bükki hókárók felmérése és elemzése ürfelvételek alapján	81
Kiss Péter Áron, Rákosa Rita, Németh Zsolt István: Spektrumelőkészítési eljárások hatása biodegradált faanyag FT_IR spektrumainak értékelésében	88
Balázs Balázs, Tuba Katalin, Lakatos Ferenc: Kékülést okozó gombák és a szúbogarak kapcsolata.....	92
Bende Attila, László Richárd: Az erdei szalonka (<i>Scolopax rusticola</i> L.) színváltozatok előfordulása 2017-ben Magyarországon	96
Csáki Péter, Czimmer Kornél, Király Géza, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: A CREMAP párolgástérkép leskálázása erdőállományok vízháztartásának vizsgálatához.....	102
Horváth Attila László, Horváth Béla, Szakálosné Mátyás Katalin: Harveszterek munkamínőségének vizsgálata.....	107
Kalicz Péter, Csáki Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: A lombkoronán áthulló csapadék mérésnek automatizálási lehetőségei.....	113
Komán Szabolcs, Németh Róbert, Fehér Sándor: <i>Paulownia</i> -fajok faanyagának tulajdonságai.....	117
Komán Szabolcs, Varga Dávid: Nyártermesztés Magyarországon	121
Major Tamás, Pintér Tamás: Mag- és sarjeredetű akác állományok választék-összetételének vizsgálata a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. területén	126
Palkó Ákos, Winkler Dániel: Patakmenti égerligetek talajlakó faunájának (<i>Collembola</i>) vizsgálata a Soproni-hegységben	131
Papp Viktória: Ipari melléktermékek és faanyag keverék pelletek előállítása és energetikai értékelése.....	135

Polgár András: A környezetközpontú irányítás gyakorlatának helyzetértékelése Sopron városában	141
Polgár András, Elekné Fodor Veronika: Környezeti vonatkozású helyi sajtóinformációk vizsgálata Sopronban	149
Rákosa Rita, Vargovics Máté, Németh Zsolt István: FT-IR-ATR spektrometria alkalmazhatósága gomba tenyészetek fajspecifikus megkülönböztetésére.....	156
Stofa Krisztián, Virág Szabolcsné, Gálos Borbála: A kitettség napi hőmérséklet menetre gyakorolt hatásának számszerűsítése a Harkai kúpon	161
Szalay Dóra: RED II. – A generációk találkozása	164
Szőke Előd, Csáki Péter, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Vízpótlási rendszerek hatásai egy somogyi erdőtömbön belül a vízfolyás menti zónák vízforgalmára	169
Vágvolgyi Andrea, Kovács Gábor: Energetikai faültetvények értékelő pontrendszere..	174
Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente, Hofmann Tamás: Tobozok antioxidáns polifenol tartalmának felmérése.....	178
Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Csáki Péter, Kalicz Péter, Szőke Előd, Gribovszki Zoltán: Agrárerdészeti rendszerek hidrológiai jellemzői	182

SZÁNTÓFÖLDI NÖVÉNYTERMESZTÉS KÖRNYEZETI ÉLETCIKLUS ELEMZÉSE

POLGÁR ANDRÁS¹ – KOVÁCS ZOLTÁN² – ELEKNÉ FODOR VERONIKA¹

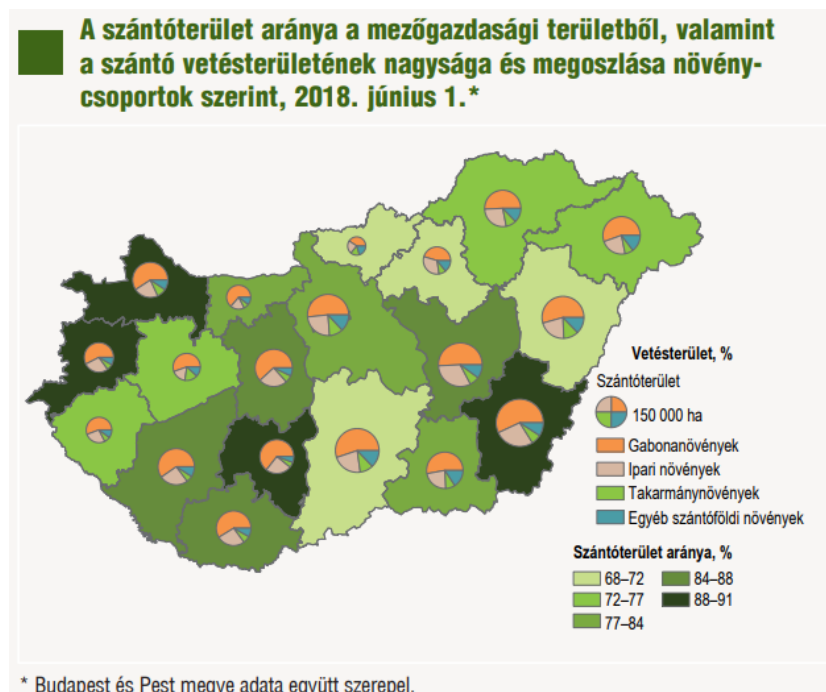
¹Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet

²NAIK, Erdészeti Tudományos Intézet

polgar.andras@uni-sopron.hu

A gazdaság (termelő szektor) működésének alapvető jellegbeli megváltozása az ipari forradalom óta a környezeti problémák egyik fontos kiváltója. Ez a terület (beleértve az agrárágazatot is) egyben azonban a legkönnyebben szabályozható részelem is. Számos már kidolgozott szabályozási elv közül az önkéntes szabályozások (köztük az életciklus elemzés, ISO 14040-44:2006) nyújthatnak hatékony, proaktív megközelítést a problémák kezelésére (RÉDEY 2011).

Magyarország területének mintegy felén, kb. 4,5 millió hektáron folyik szántóföldi növénytermesztés, melynek országos területi megoszlását jól mutatja az alábbi ábra gabona-, ipari, takarmány- és egyéb szántóföldi növények esetében (KSH 2018).



1. ábra: A szántóterület aránya a mezőgazdasági területből, valamint a szántó vetésterületének nagysága és megoszlása növénycsoportok szerint, 2018. június 1. (KSH 2018)

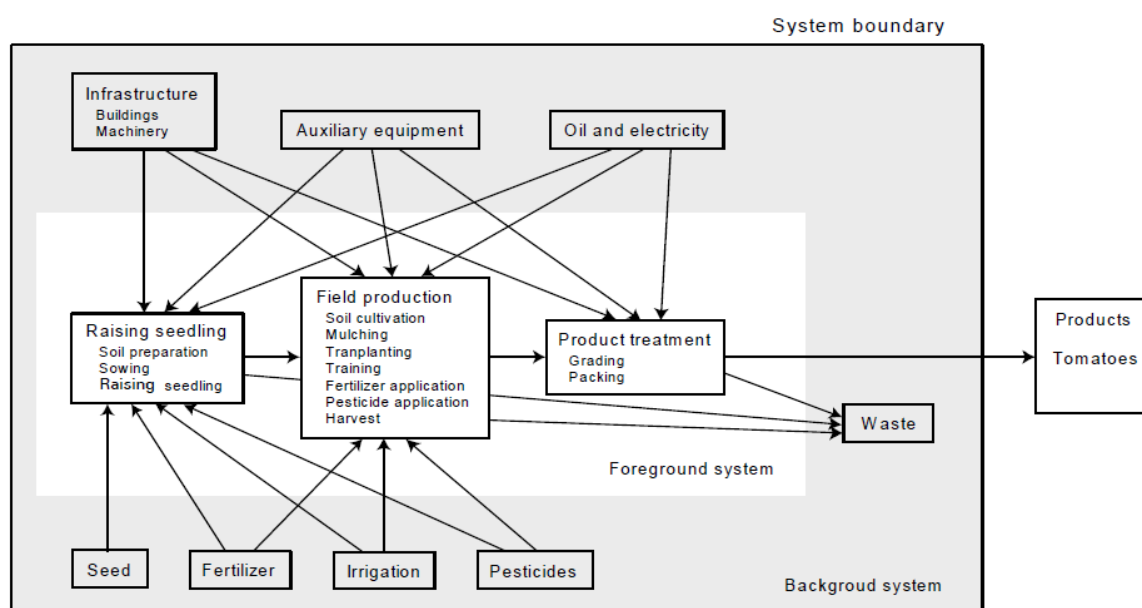
A szántóföldi növénytermesztés hozamaira – részben időjárási, részben talajminőségi, részben technológiai okok, valamint az alacsony öntözési kapacitás miatt – hazánkban jellemző az indokoltnál nagyobb ingadozás. A főbb növények hozamai a két-három évtizeddel ezelőtti szint közelében állnak (OTP 2017).

NAGY (2018) szerint a jövő mezőgazdaságát a klímaválság, az élelmiszerek iránti egyre növekvő kereslet, a digitalizáció, a precíziós gazdálkodás, a robotok elterjedése jellemzi majd. 2050-re hetven százalékkal több élelmiszerre lesz szükség a világon, miközben a klímaválság miatt harminc százalékkal kevesebb termőföld és negyven százalékkal kevesebb ivóvíz áll majd rendelkezésre. Ezeknek a kihívásoknak csak a tudomány segítségével leszünk képesek megfelelni.

A tartós versenyképesség egyik alappillére a mezőgazdaságban a környezeti egyensúly fenntartása, a klímaváltozásból adódó anomáliák okozta károk csökkentése. Ezért a jövőben

még erősebben támogatják az öntözést, valamint az agrárium digitalizációja mellett a gazdálkodói generációváltást is (NAGY 2019).

Több szerző felhívja azonban arra a figyelmet, hogy a biomassza szántóföldi előállításának csak akkor lehet létjogosultsága, ha olyan technológiákat alkalmazunk, amelyek környezeti és fenntarthatósági szempontból egyaránt megfelelnek az elvárásoknak. DINYA (2018) a szakmai szempontokat előtérbe helyező, tágabb rendszerbe illeszkedő, hosszú távú és termékpályákban gondolkodó döntéshozatal fontosságát hangsúlyozza a helyi és országos szintű döntések során egyaránt. A környezeti hatások elemzésére az életciklus-elemzés (LCA) lehet alkalmas, amely valamennyi biomassza-előállítási és -felhasználási módszerre vonatkozóan pontos becslést ad a károsanyag-kibocsátásra, valamint az energiamérlegre vonatkozóan (HELLER *et al.* 2003). HAYASHI *et al.* (2007) a mezőgazdasági termelési rendszer sematikus folyamatait vizsgálták életciklus szemléletben, amely során kiemelték, hogy az elsődleges folyamatok mellett a háttérfolyamatok környezeti hatásai is számba veendők.



2. ábra: Mezőgazdasági termelési rendszer sematikus folyamatai életciklus szemléletben (HAYASHI ET AL. 2007)

Kutatásunkban a jelentős haszonnövényekhez (kukorica, napraforgó, lucerna, kalászosok, repce) köthető hazai szántóföldi növénytermesztési technológiák összehasonlító környezeti életciklus-elemzésére (LCA) vállalkoztunk (a környezeti adatok területi megközelítésben: 1 ha-ra vetítve és mennyiségi megközelítésben: 1 t terményre vetítve figyelembe vételével).

Kutatási kérdéseink: *Melyek a vizsgált agrár területhasználatok során alkalmazott művelési technológiák fő környezeti hatásai? Hogyan alakul a környezeti rangsoruk? Milyen mértékben járulnak hozzá a klímaváltozáshoz? Hogyan alakul a szénlábnymuk (területi: 1 ha és mennyiségi: 1 t megközelítésben)? Hogyan viszonyulnak más biomassza előállítási rendszerekhez?*

Anyag és módszer

Az LCA elkészítéséhez alkalmazott módszertan megfelel az ISO 14040:2006 és ISO 14044:2006 szabvány követelményeinek. Az elemzést a GaBi Professional szoftverrel végeztük el (GABI THINKSTEP 2018). Az LCA előírt lépései a következők voltak: 1. cél és rendszerhatárok meghatározása, 2. leltárelemzés, 3. hatásértékelés, 4. hatásértelmezés (ISO 14040-44).

Cél: Az összehasonlító LCA célja a megadott kutatási kérdések megválaszolása az elemzési módszertan alkalmazásával a szántóföldi növénytermesztési technológiák esetén.

Rendszerhatárok: A vizsgált életút szakaszok az egyes technológiák és műveleti lépéseik voltak. Általánosan a terepi műveletek: a talajelőkészítés – műtrágyázás – vetés – vegyszeres növényvédelem – betakarítás – terményszállítás – betárolás voltak. Mindezek mellett a környezeti hatások kalkulációjakor figyelembe vettük az üzemanyag és kenőolaj előállítás háttér folyamatait is. Terményszállítási távolságnak egységesen 10 tkm-t tekintettünk. Kihasználó szállítás esetén 5-5 km-es közúti megközelítési távolságot vettünk alapul.

Figyelembe vett folyamatok és műveleti lépések részletesen haszonnövényenként:

- Kalászosok (napraforgó elővetemény): Tarlóhántás gruberrel – Altalajlazítás – Műtrágyázás – Magágy előkészítés – Vetés – Fejtrágyázás – Vegyszeres növényvédelem – Fejtrágyázás – Vegyszeres növényvédelem – Kalászvédelem – Betakarítás – Terményszállítás – Betárolás
- Kukorica (őszi búza elővetemény): Tarlóhántás gruberrel – Őszi mélyszántás – Tavaszi szántás elmunkálás – Magágy előkészítés – Vetés + műtrágyázás – Vegyszeres növényvédelem – Sorközművelés – Betakarítás – Terményszállítás – Betárolás
- Napraforgó (őszi búza elővetemény): Tarlóhántás gruberrel – Őszi mélyszántás – Tavaszi szántás elmunkálás – Műtrágyázás – Magágy előkészítés – Vetés – Vegyszeres növényvédelem – Sorközművelés – Vegyszeres növényvédelem – Deszikálás – Betakarítás – Terményszállítás – Betárolás
- Lucerna (kalászos elővetemény): Tarlóhántás gruberrel – Altalajlazítás – Műtrágyázás – Magágy előkészítés – Hengerezés – Vetés – Műtrágyázás – Kaszálás – Forgatás – Forgatás – Rendsodrás – Bálázás – Szállítás – Betárolás – Kaszálás – Forgatás – Forgatás – Rendsodrás – Bálázás – Szállítás
- Repce (kalászos elővetemény): Tarlóhántás gruberrel – Altalajlazítás – Műtrágyázás – Magágy előkészítés – Hengerezés – Vetés – Hengerezés – Permetezés – Permetezés – Permetezés – Műtrágyázás – Permetezés – Permetezés – Permetezés – Permetezés – Betakarítás – Szállítás

Leltárelemzés: A szántóföldi növénytermesztési technológiákról vizsgált haszonnövények szerint gyűjtöttük a környezeti leltáradatokat. A technológiák műveleti lépéseiről környezeti leltáradatbázist (input-output, elemi áramok) hoztunk létre

Funkcióegység: alapvetően területi megközelítésben 1 ha művelt területre, míg az árnyaltabb megjelenítés miatt mennyiségi megközelítésben 1 t terményre vonatkoztattuk a környezeti adatokat. Az egyes haszonnövényekhez tartozó területi megközelítésű *referenciaáramokat* részletesen a közölt leltáradatbázis tartalmazza (1. táblázat).

A környezeti leltáradatok esetén *referencia időszaknak* a műveleti sorok jellemző időtartamát vettük (egyéves haszonnövényeknél: 1 év). Több éves növény, a lucerna esetében, annak jellemzően 3 évig fenntartott műveleti lépései esetén, az ismétlődő műveleteknél a teljes időtartamra vonatkozó értékeket harmadoltuk, az egyéves növényekkel való összehasonlíthatóság miatt.

Az adatok vonatkoztatási időszaka: 2016. Földrajzi érvényességét tekintve az adatok hazaiak, Pápa térségére jellemzőek.

Az adatok forrásai: saját adatok, szakértői becslés, publikált adatok. GOCKLER (2014) nyomán átlagadatokkal is dolgoztunk, melyek megállapítása sokszor hibával terhelt, ám alkalmazásuk elengedhetetlen volt az elemzéshez.

Az elemzésbe információ hiányában már nem vontuk be a technológiákhoz szükséges gépek és eszközök előállításának környezeti paramétereit, az utak építésének hatásait, és a földhasználat változását.

A fentiek alapján felépítettük a vizsgált technológiák szoftveres életciklus-modelljeit.

Hatásértékelés: A szabvány szerint a leltáreredményeket először az LCA tanulmány céljainak és kereteinek megfelelő hatáskategóriákhoz rendeltük. Számos hatásértékelési módszer áll rendelkezésre, tanulmányunkban az egyik legelterjedtebben alkalmazott módszert, a CML2001 (2016. januári) hatásértékelési eljárást választottuk. A módszer előnye, hogy kifejezetten alkalmas a szénlábnyom kifejezésére is (SIMON 2012). A technológiákat környezeti hatásaik növekvő értékei szerint rangsoroltuk.

A környezeti összhatás kifejezése érdekében, a szabvány szerint ajánlott hatásértékelési lépésként, GaBi szoftverrel elvégeztük a Közép-Európára vonatkoztatott normalizálást a CML2001, Experts IKP (Central Europe) módszerrel.

A haszonnövényenként vett teljes technológiai szénlábnyomokhoz való műveleti hozzájárulások (részesedések) analízise érdekében – a terepi, terményszállítási és kiszolgáló szállítási műveletekre vonatkozó leltáreredmények szerint – vizsgáltuk a kapcsolódó műveleti sorok CO₂ [kg/ha] kibocsátási profiljait is.

Hatásértékelés: Az LCA utolsó fázisában a leltár- és hatáselemzési eredmények ellenőrzése történt meg, következtetéseket fogalmaztunk meg.

Az eredményeket területi (1 ha) és mennyiségi (1 t) megközelítésben is vizsgáltuk. A haszonnövényenként vett értékeket összevetettük más (fás) biomassza-előállítási agrár földhasználati technológiák hasonló LCA eredményeivel, nevezetesen a rövid vágásfordulójú energiaültetvények különböző (ültetvény mérete által determinált) betakarítási technológiai esetén, azok 3. éves vágáskorában tapasztaltakkal (POLGÁR *et al.* 2018).

Eredmények

A leltárelemzés során a folyamatokra jellemző input-output adatokat, elemi áramokat határoztuk meg. Bementi és kimeneti oldalon egyaránt elvégeztük az adatok összesítését. A területi megközelítésű, 1 ha-ra vetített környezeti leltáradatokat táblázatos formában mutatjuk be.

A munkarendszerek esetén a környezeti tényezők közül jelentős volt bementi oldalon az üzemanyag és kenőolaj (gépek üzemeltetése), műtrágya (karbamid, MAS, NPK, P, K), növényvédőszer (gyom, gomba, rovar elleni védelem, regulátor) és víz felhasználása, kimeneti oldalon a CO₂, valamint a fáradt olaj (reciklált) kibocsátás (gépek üzemeltetése).

A szántóföldi növénytermesztés gépei az egyes haszonnövények esetén többnyire azonosak voltak, eltérés a használatuk intenzitásában volt megfigyelhető (pl. eltérés a talaj előkészítésben az előveteménytől függően).

A továbbiakban a korábban feltett kutatási kérdésekre adott válaszokon keresztül mutatjuk be az elért eredményeket.

Kérdés: Melyek a vizsgált agrár területhasználatok során alkalmazott művelési technológiák fő környezeti hatásai? Hogyan alakul a környezeti rangsoruk?

A munkarendszerek CML2001 (2016. januári) környezeti életciklus-hatásértékelése során a következő eredményeket kaptuk.

A szántóföldi növénytermesztési technológiák esetén a legnagyobb hatás a tengervízi ökotoxicitás (MAETP) esetén jelentkezett, majd az abiotikus kimerülő fosszilis erőforrások (ADP foss.) kategóriájában. A technológiák a globális felmelegedésre (GWP 100) ezután voltak csak hatással. Mindez elsősorban az üzemanyag és kenőolaj inputoknak és előállításuk környezeti hatásainak tudható be. A technológiák jellegéből adódóan kiemelendő volt még a savasodás (AP), eutrofizáció (EP), édesvízi ökotoxicitás (FAETP inf), fotokémiai ózonképződési potenciál (POCP) és földi ökotoxicitási potenciál (TETP inf.) hatáskategóriája. A technológiák életciklus részesedése hatáskategóriáinként közel azonosnak tekinthető (15-21%). A növekvő környezeti rangsort az alábbiak szerint tudjuk felállítani: „kukorica (15%) – napraforgó (19%) – lucerna (20%) – kalászosok (21%) – repce (25%)”.

1. táblázat. A munkarendszerek összesített bemeneti és kimeneti környezeti leltáradatbázisa területi megközelítésben (1 ha) haszonnövényenként (Magyarország, Pápa térsége)

Tényező		Egység	Haszonnövény				
			Kalászosok	Kukorica	Napraforgó	Lucerna	Repce
Vonatkoztatási időszak		év	2016	2016	2016	2016	2016
Referencia áram		t/ha	8	9	3	5	3
Input							
Üzemanyag	Dízel (művelési+kiszolgáló)	kg	110,88	82,32	105,84	97,04	123,01
	Dízel (közúti)	kg	35,70	26,88	29,82	44,10	50,40
	Összes dízel	kg	146,58	109,20	135,66	141,14	173,41
Kenőolaj	Kenőolaj	kg	0,59	0,58	0,59	0,18	0,61
Műtrágya	Karbamid (N 46%)		0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
	Mész-ammon-salétrom műtrágya (MAS), N (27%)	kg	500,00	300,00	0,00	250,00	250,00
	Komplex műtrágya (NPK)	kg	300,00	0,00	0,00	0,00	400,00
	P műtrágya (szuperfoszfát, P ₂ O ₅ 18%)	kg	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00
	K műtrágya (KCl, K ₂ O 60%)	kg	0,00	0,00	200,00	0,00	0,00
Vegyszeres növényvédelem	Gyomirtószer	kg	0,05	0,08	2,69	0,00	0,22
	Gombaölőszert	kg	1,01	0,00	0,61	0,00	0,25
	Rovarirtószer	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36
	Regulátor (növény szabályozó)	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24
	Víz	l	600,00	200,00	600,00	0,00	1400,00
Output							
Légköri emisszió	Szén-dioxid (művelési+kiszolgáló)	kg	349,80	259,70	333,90	306,14	388,06
	Szén-dioxid (közúti)	kg	112,63	84,80	94,08	139,13	159,00
	Összes szén-dioxid	kg	462,43	344,50	427,98	445,27	547,06
Fáradtolaj	Fáradtolaj (reciklált)	kg	0,59	0,58	0,59	0,18	0,61

A környezeti összhatás számításakor haszonnövényenként egy dimenzió nélküli mérőszám, egymás mellett láthatjuk az összes hatáskategória eredményeit. A kötelező hatásértékelési lépésben kapott értékeket Közép-Európára normalizálva (CML2001, Experts IKP (Central Europe) módszerrel), az egyes haszonnövények hozzájárulása esetén a korábban tapasztalt környezeti rangsor megerősítését tapasztaltuk a környezeti összhatás tekintetében is: „kukorica (1,02E-09) – napraforgó (1,26E-09) – lucerna (1,31E-09) – kalászosok (1,37E-09) – repce (1,62E-09)”.

KÉRDÉS: Milyen mértékben járulnak hozzá a klímaváltozáshoz? Hogyan alakul a szénlábnyomuk (területi: 1 ha megközelítésben)?

A klímaváltozáshoz való hozzájárulás érzékeltetése érdekében a CML2001 (2016. januári) hatásértékelésből a globális felmelegedési potenciál (GWP 100 years) értékeket emeltük ki (szénlábnyom). A szénlábnyomhoz való hozzájárulás %-ában a művelési technológiák esetén a: „kukorica (15%) – napraforgó (19%) – lucerna (20%) – kalászosok (21%) – repce (25%)” növekvő technológiai rangsort kaptunk területi megközelítésben (1 ha). Ugyanez [kg CO₂-equiv./ha] mértékegységben kifejezve: a „kukorica (376 kg) – napraforgó (467 kg) –

lucerna (486 kg) – kalászosok (505 kg) – repce (597 kg)” növekvő technológiai rangsort adta.

2. táblázat. Vizsgált technológiák környezeti hatásai CML2001 (2016. januári) értékelési módszer alapján területi megközelítésben (1 ha)

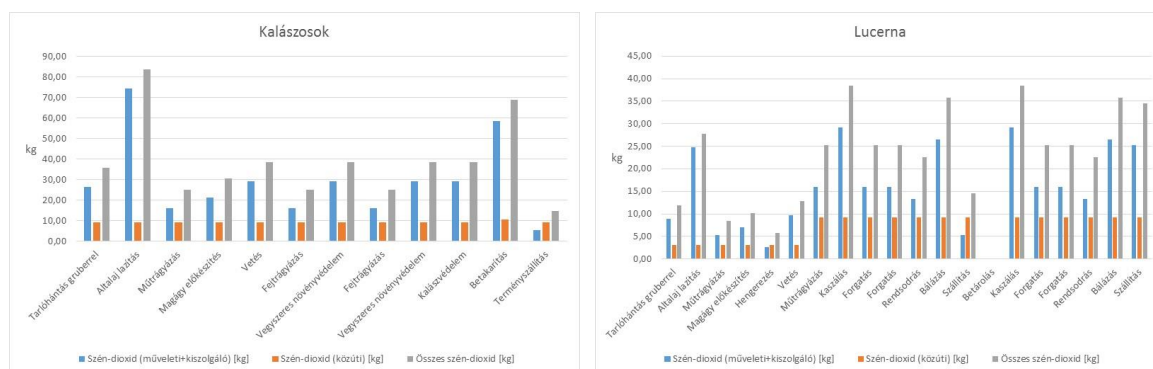
Környezeti hatáskategória (CML2001 - Jan. 2016)	M.e.	Haszonnövény				
		Kalászosok	Kukorica	Napraforgó	Lucerna	Repce
Abiotikus kimerülő források (ADP)	[kg Sb eq.]	5,37E-05	4,00E-05	4,97E-05	5,16E-05	6,35E-05
Abiotikus kimerülő fosszilis források (ADP foss.)	[MJ]	6,90E+03	5,13E+03	6,38E+03	6,62E+03	8,15E+03
Savasodási potenciál (AP)	[kg SO ₂ eq.]	0,259	0,193	0,24	0,249	0,306
Eutrofizációs potenciál (EP)	[kg Phosphate eq.]	0,0481	0,0358	0,0445	0,0463	0,0569
Édesvízi ökotoxicitási potenciál (FA-ETP inf.)	[kg DCB eq.]	2,87	2,14	2,66	2,76	3,4
Globális felmelegedési potenciál (GWP 100 years)	[kg CO ₂ eq.]	505	376	467	486	597
Globális felmelegedési potenciál, kiv. biogén eredetű szén (GWP 100 years)	[kg CO ₂ eq.]	535	399	495	515	633
Humán toxicitási potenciál (HTP inf.)	[kg DCB eq.]	20,2	15	18,7	19,4	23,9
Tengervízi ökotoxicitási potenciál (MAETP inf.)	[kg DCB eq.]	7,20E+03	5,36E+03	6,67E+03	6,91E+03	8,51E+03
Ózonréteg elvékonyodási potenciál (ODP, steady state)	[kg R11 eq.]	1,09E-11	8,12E-12	1,01E-11	1,04E-11	1,29E-11
Fotokémiai ózonképződési potenciál (POCP)	[kg Ethene eq.]	0,0449	0,0334	0,0415	0,0431	0,0531
Földi ökotoxicitási potenciál (TETP inf.)	[kg DCB eq.]	0,991	0,737	0,917	0,954	1,17

Az egyes művelési sorok CO₂ [kg/ha] kibocsátási profiljainak vizsgálata során többnyire egységes képet kaptunk. *1. kibocsátási csoport:* kalászosok, kukorica, napraforgó és repce esetén a művelési lépésekhez tartozó kibocsátások a terület előkészítése és a betakarítás során nagyobb mértékben jelentkeztek. Ehhez képest kisebb és kiegyensúlyozottabb volt a kibocsátás és képe az egyes közbenső műveletek során, mint az ápolás, vegyszeres növényvédelem. *2. kibocsátási csoport:* lucerna esetében már fordított képet tapasztaltunk az előző csoporthoz képest. A terület előkészítése és a betakarítás során tapasztalt kibocsátási értékek (1 évre arányosítva) kisebbek voltak, mint az egyes közbenső műveletek (többszöri kaszálás, forgatás, rendsodrás, bálázás) során jelentkezők. Ez a lucerna esetén jelentkező technológia sajátosságának volt betudható.

Az 1. kibocsátási csoportban megállapítottuk, hogy a CO₂ [kg/ha] kibocsátás a terület előkészítése és a betakarítás, valamint a közbenső műveletek között kb. 65-35% arányban oszlott meg. A 2. kibocsátási csoportban ugyanez már kiegyensúlyozottabb volt: kb. 55-45%.

Modelljeinkben általánosságban a fő művelési, kiszolgáló lépések vs. a közúti közlekedés CO₂ [kg/ha] kibocsátása kb. 70-30%-os arányban oszlott meg. Érdekes összehasonlítást adott más agrár földhasználatokkal összevetve, hogy területi megközelítésben (1 ha) 3. éves vágáskorban a rövid vágásfordulójú fűz/nyár energiaültetvények (RVEÜ) betakarítási technológiai esetén, POLGÁR *et al.* (2018) szerint, a terepi munkák kb. 20-30%-ban, míg a közúti közlekedési (szállítási) folyamatok kb. 70-80%-ban járultak hozzá a hasonlóan vizsgált CO₂ kibocsátás alakulásához. Naturáliákban kifejezve területi megközelítésben (1 ha) a szántóföldi haszonnövényeknél (344,5-544,06 kg) kb. fele-harmad akkora mértékű CO₂ kibocsátást tapasztalhattunk, mint RVEÜ esetén (697-1870 kg) (megj.: a CO₂ [kg/ha] kibocsátás

csak az üzemanyagok felhasználásából adódóan számítva, azok előállítása során keletkező CO₂ emisszió ebbe nem értendő bele) (POLGÁR et al. 2018).



1. kibocsátási csoport

2. kibocsátási csoport

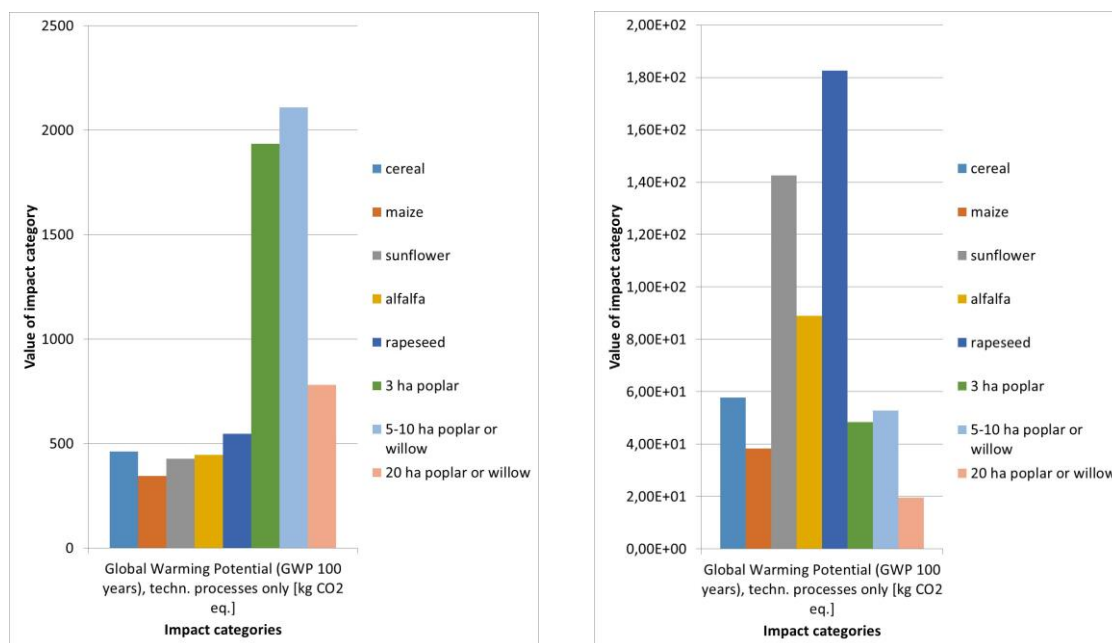
3-4. ábra. A művelési sorok CO₂ kibocsátási profilja területi megközelítésben (1 ha)

Következtetések

Kérdés: *Hogyan viszonyulnak más biomassza előállítási rendszerekhez?*

A vizsgált haszonnövények során kapott értékeket a fent bemutatott RVEÜ-re jellemző értékekkel is összehasonlítottuk. A területi megközelítés (1 ha) mellett mennyiségi megközelítést (1 t) is alkalmaztunk, hogy az eredmények értelmezése árnyaltabban is megvalósulhasson.

Az alábbi ábra kiemelten mutatja a globális felmelegedési potenciál (GWP 100 years) értékek összehasonlítását.



Területi megközelítés: 1 ha

Mennyiségi megközelítés: 1 t

5-6. ábra. A globális felmelegedési potenciál (GWP 100 years) értékek a vizsgált haszonnövények és 3. éves vágáskorú rövid vágásfordulójú energiaültetvények betakarítási munkarendszereiben

Területi megközelítésben (1 ha) a CO₂ kibocsátási profil analízis eredményei köszöntek vissza. Az ott tapasztalt trendek minden további hatáskategóriában érvényesek voltak, vagyis a haszonnövények esetén kb. fele-harmad akkora mértékű értékek voltak tapasztalhatók, mint RVEÜ esetében a környezeti hatásokban.

Kérdés: Hogyan alakul a szénlábnymuk (mennyiségi: 1 t megközelítésben)?

A szénlábnymukhoz való hozzájárulás %-ában a művelési technológiák esetén a: „kukorica (8%) – kalászosok (11%) – lucerna (17%) – napraforgó (28%) – repce (36%)” növekvő technológiai rangsort kaptuk mennyiségi megközelítésben (1 t). Ugyanez [kg CO₂-equiv./ha] mértékegységben kifejezve: a „kukorica (38,28 kg) – kalászosok (57,8 kg) – lucerna (89,05 kg) – napraforgó (142,66 kg) – repce (182,53 kg)” növekvő technológiai rangsort adta.

Kiemelendő, hogy mennyiségi (1 t) megközelítésben már árnyaltabb képet kaptunk, ugyanis: kalászosok és a kukorica közel azonos; lucerna közel kétszeres; napraforgó közel háromszoros; repce közel négyszeres szénlábnymuk értékeket [kg CO₂-equiv.] mutattak a RVEÜ hasonló mutatójához képest. Ennek okaként a mennyiségi megközelítésben jelentkező nagyobb mennyiségű fosszilis üzemanyag előállításból és felhasználásból adódó légköri emissziók nevezhetők meg.

A szántóföldi növénytermesztés értékeinek RVEÜ értékeihez viszonyítása esetén a továbbiakban a mennyiségi (1 t) megközelítésből adódó tapasztalatokat néhány jelentősebb hatáskategória esetén emeljük ki:

- az abiotikus kimerülő fosszilis erőforrások (ADP foss.) esetén ugyanaz a trend volt megfigyelhető a viszonyítás során, mint a GLOBÁLIS FELMELEGEDÉSI POTENCIÁL (GWP 100 YEARS) HATÁSKATEGÓRIÁJÁBAN.
- A szántóföldi növénytermesztés savasodási potenciál (AP) értékeinek RVEÜ hasonló értékeihez viszonyítása esetén kiemelendő, hogy: kalászosok és kukorica közel 0,6-szeres; lucerna közel azonos; napraforgó közel 1,5-szeres; repce közel kétszeres értéket mutatnak a RVEÜ mutatójához képest. Okaként a műtrágyázásból származó ammónia és NO_x kibocsátások voltak felhozhatók.
- A szántóföldi növénytermesztés eutrofizációs potenciál (EP) értékeinek RVEÜ hasonló értékeihez viszonyítása esetén: kalászosok és kukorica 0,33-szoros; lucerna közel 0,5-szeres; napraforgó közel azonos; repce közel 1,5-szeres értéket mutatnak a RVEÜ mutatójához képest. Okaként az eltérő arányú műtrágya, gyomirtószeres felhasználása volt megnevezhető.
- A szántóföldi növénytermesztés édesvízi ökotoxicitási potenciál (FAETP) értékeinek RVEÜ hasonló értékeihez viszonyítása esetén: kalászosok és kukorica 0,75-szoros; lucerna közel azonos, napraforgó közel 1,5-szeres, repce közel kétszeres értéket mutatnak a RVEÜ mutatójához képest. Okaként a különböző arányú kenőolaj, műtrágya és gyomirtószeres felhasználása volt azonosítható.

Összefoglalás, kitekintés

A környezeti életciklus-elemzést (LCA) fenntarthatósági, döntéstámogató környezetmenedzsment eszköznek fejlesztették ki (ISO 14040-44:2006). Az LCA alkalmazása az agrárszektorban mind a külső (összehasonlító), mind a belső (hatékonyságnövelő) előnyök elérése érdekében is prioritás. Mivel a termékek és folyamatok életciklus elemzését nagy érdeklődés övezi, ezért e módszer mezőgazdasági alkalmazásának mindenképpen el kell terjednie.

Kutatásunkban a hazai szántóföldi növénytermesztési technológiák (kukorica, napraforgó, lucerna, kalászosok, repce) összehasonlító környezeti életciklus-elemzésére vállalkoztunk (területi megközelítésben: környezeti adatok 1 ha-ra vetítve és mennyiségi megközelítésben: környezeti adatok 1 t-ra vetítve). Előállítottuk a szántóföldi növénytermesztési technológiák környezeti leltáradatbázisát, felépítettük az életciklus modelleket és elvégeztük a hatásértékelést. A technológiák környezeti rangsorát is felállítottuk. A hatásértelmezés során a kapott értékeket RVEÜ értékekkel hasonlítottuk össze hatáskategóriánként. Kiemelt figyelmet fordítottunk a szénlábnymuk elemzésére.

Az eredmények ismerete segíti a szántóföldi növénytermesztési technológiák esetén a környezeti hatások, a klímakockázatok és a klímaváltozásban betöltött szerep helyesebb identifikálását is. Ez segítheti a környezet érzékenységehez illeszkedő megfelelő technológiák kiválasztását is.

Köszönetnyilvánítás: Vizsgálatainkat az „AGRÁRKLÍMA.2 VKSZ_12-1-2013-0034” projekt támogatásával valósítottuk meg.

Irodalomjegyzék

- CML 2001: GUINÉE, J.B., – GORRÉE, M., – HEIJUNGS, R., – HUPPES, G., – KLEIJN, R., – KONING, A. – DE OERS et al 2002: Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 2002, 692 pp. on-line: <http://cml.leiden.edu/research/industrialecology/researchprojects/finished/new-dutch-lca-guide.html>
- DINYA L. (2018): Biomassza-alapú energiahasznosítás: a múlt és a jövő. Magyar Tudomány 179(2018)8, 1184–1196. DOI: 10.1556/2065.179.2018.8.8
- GABI THINKSTEP (2018): GaBi Professional, Thinkstep, Leinfelden-Echterdingen, Germany. Web site [online 3 December 2018], URL: <https://thinkstep.com/software/gabi-software/gabi-professional>.
- GOCKLER, L. (2014): Mezőgazdasági gépüzemeltetés költsége 2014-ben. Agroinform Hírszolgálat, Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő, on-line: <http://www.agroinform.com/aktualis/A-mezogazdasagi-gepuzemeltetes-koltsege-2014-ben/20140224-24667/>
- HAYASHI ET AL. (2007): Life Cycle Assessment of Agricultural Production Systems: Current Issues and Future Perspectives. National Agricultural Research Center 3-1-1 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan Agroscope FAL Reckenholz Swiss Research Station for Agroecology and Agriculture Reckenholzstr. 191 CH-8046 Zurich, Switzerland, 2007- 05-16., URL: <http://www.agnet.org/library/bc/>
- HELLER ET AL. (2003): Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. Biomass and Bioenergy 25(2): 147-165. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(02\)00190-3](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00190-3)
- ISO 14040:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Principles and framework (ISO 14040:2006). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 20 p.
- ISO 14044:2006. Environmental management. Life cycle assessment. Requirements and guidelines (ISO 14044:2006). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 46 p.
- KSH (2018): Statisztikai Tükör, 2018. augusztus 8., URL: <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/vet/vet1806.pdf>
- NAGY I. (2018): Korszakváltás előtt áll a magyar mezőgazdaság. 2018. szeptember 5., URL: <http://drnagyistvan.hu/2018/09/05/nagy-istvan-korszakvaltas-elott-all-a-magyar-mezogazdasag/>
- NAGY I. (2019): Nagy István agrárminiszter: ki kell törni az alapanyag-termelő szerepből! Magyar Mezőgazdaság 2019/1. 2019. január 2., URL: <https://magyarmezogazdasag.hu/2019/01/02/nagy-istvan-agrarminiszter-ki-kell-torni-az-alapanyag-termelo-szerepbol>
- OTP (2017): OTP Agrár. Javaslat a magyar agrárgazdaság középtávú stratégiájára. OTP Nyrt. Agrárgazdai Igazgatósága, Budapest, 60 p.
- POLGÁR ET AL. (2018): Carbon Footprint of Different Harvesting Work Systems in Short Rotation Energy Plantations. Acta Silv. Lign. Hung., Vol. 14, Nr. 2 (2018) 113–126
- RÉDEY A. (SZERK.) (2011): Környezetmenedzsment és a környezetjog. Készült a Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézetének gondozásában, a TAMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0021 azonosítójú pályázat keretében. In Domokos E. (2011): Környezetmérnöki Tudástár, XX. kötet (On-line: <http://mkweb.uni-pannon.hu/tudastar/>)
- SIMON B. (2012): A rendszerhatárok és a hatásvizsgálati módszer megválasztásának szerepe az LCA eredményében – az elektromos-energia előállítás példáján keresztül. In Eco-matrix. Az LCA (Life Cycle Assessment) Center - Magyar Életciklus Elemzők Szakmai Egyesület On-line folyóirata. 2012/1-2: 11-24. ISSN: 2061-344X