

ENERGY BALANCE IN ORGANIC AND CONVENTIONAL CROPPING SYSTEM AS AN INDICATOR OF SUSTAINABLE FARMING

BILANCE ENERGIE V EKOLOGICKÉM A KONVENČNÍM SYSTÉMU ROSTLINNÉ PRODUKCE JAKO JEDEN Z INDIKÁTORŮ TRVALE UDRŽITELNÉHO HOSPODAŘENÍ

Valtýniová S., Křen J.

Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: xvaltyni@mendelu.cz, kren@mendelu.cz

ABSTRACT

Our objective was to assess organic and conventional cropping system from the point of view of energy balance and also to consider suitability of this approach for the sustainability assessment. Values of indicators were counted out from data from agronomic records of organic and conventional farm from the period of three years (2004 – 2006). Used methodology was the software model Repro (Hülsbergen, Diepenbrock, 1997), which counts with direct and indirect fossil energy on the side of input and works on the level of plot. In this survey, it was confirmed that total energy input into organic system (5,2 GJ.ha⁻¹) is significantly lower than into the conventional one (9,1 GJ.ha⁻¹). But input in the case of machinery and diesel (representing mechanized treatments) is higher in the organic plant production (3,4 GJ.ha⁻¹ versus 2,8 GJ.ha⁻¹ on conventional farm). Productivity of organic system (20,7 OJ.ha⁻¹ and 50,2 GJ.ha⁻¹) is much lower than conventional one (76,3 OJ.ha⁻¹ and 114,6 GJ.ha⁻¹), but the efficiency of energy use is almost comparable. Energy balance is useful for sustainability assessment. It is an important indicator enables to consider stability and autonomy (self-sufficiency) of system. All inputs can be transferred to units of energy and than it is possible to work with them together.

Key words: energy balance, organic, sustainable cropping

ÚVOD

Argumenty, na které nejen zemědělská veřejnost nejlépe reaguje, jsou ekonomické ukazatele. Jak ale uvádí Tellarini a Caporali (2000), ekonomická životaschopnost se vztahuje také k trvalé udržitelnosti přirozené produktivity půd a dalších přírodních zdrojů, na kterých ekonomická produkce částečně závisí, takže ekonomické indikátory závisí z části na neekonomických faktorech, a holistický přístup je potřebný.

Tellarini a Caporali (2000) mají za to, že strukturální a funkční indikátory performance agrosystému počítané na základě energie mají vyšší vypovídací schopnost než ekonomické indikátory, jak pro navrhování udržitelných zemědělských systémů, tak pro rozhodovací procesy. Energetické hodnocení je významným objektivním měřítkem efektivnosti zemědělské produkce (Neudert, 1998; Pospíšil, Vilček, 2000). Energetická bilance umožňuje objektivně srovnávat jak rozdílné druhy produkce, tak i značně odlišné způsoby výrobní činnosti. Výhodou tohoto přístupu je, že naprosto rozdílné formy vstupů lze převést na stejné měrné jednotky (Christen, O'Halloran Weitholtz, 2002).

Obecně se má za to, že negativní vliv na prostředí je menší u agrosystémů, které využívají méně dodatkové (antropogenní) energie. Indikátorový systém by měl zvýraznit ty formy organizace, které jsou schopny lépe využívat systému vlastní zdroje (solární záření, půdní organickou hmotu, atmosférický dusík atd.) raději než importované, neobnovitelné zdroje (Tellarini, Caporali, 2000). Trvalá udržitelnost by měla zahrnovat redukci externích vstupů a směřovat více k vnitřní soběstačnosti (Webster 1997).

MATERIÁL A METODIKA

Pro výpočet bilance energie bylo použito dat z agronomických záznamů ekologické a konvenční farmy za období tří let (2004 – 2006). Ekologická farma zároveň představuje systém s chovem hospodářských zvířat a konvenční farma je specializovaná čistě na intenzivní rostlinnou produkci. Při bilanci byla brána v úvahu pouze rostlinná produkce. Charakteristika farem je uvedena v tabulce 1.

Tab. 1 Charakteristika podniků

	Ekologická farma	Konvenční farma
Výrobní oblast	bramborářská	řepařská
Půda	střední až lehká	Střední
Celková výměra	540 ha	492 ha
Výměra OP	293 ha	492 ha
Výměra TTP	190 ha	-
Trvalé kultury	0,3 ha	-

Skot BTPM	80	-
Prasata	80	-
Ovce	30	-
Kozy	6	-
Koně	15	-

K provedení výpočtu bilance byl použit softwarový model Repro (Hülsbergen, Diepenbrock, 1997; Hülsbergen, 2003). Metoda uvažuje na straně vstupů s fosilní energií v přímé i nepřímé podobě. Hranice systému je stanovena na úroveň hranice pozemku, energie na sušení, skladování a další posklizňové úpravy a transport v současné době není zahrnuta. Výpočet se uskutečňuje na nejnižší uvažované úrovni, úrovni části pozemku oseté jednou plodinou. Hodnoty pro vyšší úrovně jsou získávány agregací výsledků z úrovně části pozemku.

Definice užitých energetických veličin (Hülsbergen, 2003):

$$E_i = E_S + E_{MD} + E_{OD} + E_{PSM} + E_M$$

$$E = E_d + E_i$$

$$EO = EB - EB_S$$

$$EO_n = EO - E$$

$$EI = E / GE$$

$$OI = EO / E$$

Symbol	jednotka	označení
E	GJ.ha⁻¹	vstup energie
E_d	GJ.ha ⁻¹	přímá spotřeba energie (nafta, elektrická energie atd.)
E_i	GJ.ha⁻¹	nepřímá spotřeba energie
E_S	GJ.ha ⁻¹	spotřeba energie pro výrobu osiva
E_{MD}	GJ.ha ⁻¹	spotřeba energie pro výrobu minerálních hnojiv
E_{OD}	GJ.ha ⁻¹	spotřeba energie v organických hnojivech, substituční hodnota
E_{PSM}	GJ.ha ⁻¹	spotřeba energie pro výrobu pesticidů
E_M	GJ.ha ⁻¹	spotřeba energie pro výrobu strojů
EO	GJ.ha⁻¹	výstup energie
EB	GJ.ha ⁻¹	brutto energie, fyzikální hodnota spalného tepla sklizené biomasy
EB _S	GJ.ha ⁻¹	brutto energie vysetého osiva
EO_n	GJ.ha⁻¹	zisk energie
EI	MJ.OJ⁻¹	intenzita energie
GE	OJ.ha ⁻¹	výnos v obilních jednotkách
OI	-	Output / Input - poměr

Spotřeba podnikových prostředků a techniky je vyjádřena energetickými ekvivalenty dle různých zdrojů (Hülsbergen, 2003). Ekvivalent pro organická hnojiva je stanoven na základě obsahu účinných živin jako fosilní energie potřebná pro výrobu odpovídajícího množství minerálního hnojiva (postup dle Heyley a Solansky, 1979) (Hülsbergen, 2003).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Při energetické bilanci můžeme podniky hodnotit z několika hledisek, respektive podle několika indikátorů (tabulka 2).

Z hlediska celkové spotřeby dodatkové (fosilní) energie do systému je výrazně méně náročný ekologický systém, který při průměru za tři sledované roky ($5,2 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) dosahuje přibližně poloviny vstupů systému konvenčního ($9,1 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). Pokud se podíváme na jejich strukturu (graf 1), stroje a nafta tvoří v ekologickém systému významnější podíl energetických vstupů než v konvenčním jak co do absolutních čísel ($3,4 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ proti $2,8 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ v průměru za tři roky), tak zejména v poměru k celkovým vstupům (67 % proti 30 % v průměru za tři roky). K podobným výsledkům dospěl také Delgaard et al. (2003). V konkrétním pozorovaném případě má největší podíl na energetické náročnosti konvenčního systému spotřeba minerálních hnojiv.

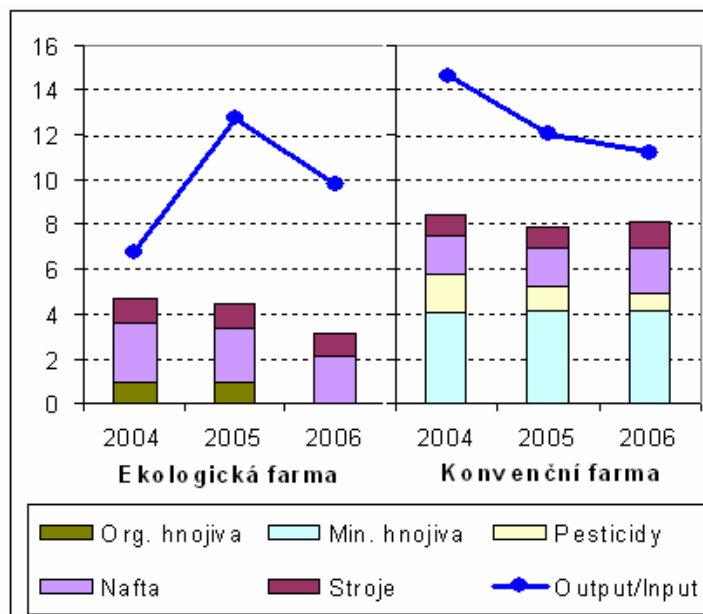
Z hlediska produktivity (výrobnosti) je mezi systémy v konkrétním případě velmi výrazný rozdíl jak z hlediska vyjádření v obilních jednotkách, tak ve výstupu energie. Výrobnost ekologické farmy činí v průměru za tři roky $20,7 \text{ OJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $50,2 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. U konvenční farmy to je $76,3 \text{ OJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $114,6 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. Podle Pimentel et al. (2005) jsou výnosy téměř stejné a FiBL (2000) uvádí rozdíl okolo 20 %. Tento rozdíl je velmi výrazný také díky značnému rozdílu mezi vybranými podniky jako takovými, kdy konvenční podnik je zaměřen značně intenzivně, zatím co v ekologickém podniku je poměrně vyšší výnosová nestabilita a nezřídka dochází k rušení porostů a zakládání náhradních z důvodu jejich špatné kvality, čímž dochází ke zvýšeným výdejům energie bez vlivu na produkci. Prezentované výsledky však reprezentují situaci v ekologickém zemědělství v České republice, kdy si farmáři stále neosvojili potřebné dovednosti zejména v hospodaření na orné půdě.

Z hlediska efektivnosti využití energie však už mezi oběma systémy takový rozdíl není. ve dvou letech ze tří sledovaných je poměr Output/Input energie srovnatelný (tabulka 2, graf 1).

Tab. 2 Přehled a srovnání výsledků bilance energie

	Ekologická farma			Konvenční farma		
	2004	2005	2006	2004	2005	2006
Energie vázaná v produkci (GJ/ha)	40,94	73,01	45,33	136,95	108,4	105,77
- Hlavní produkt (GJ/ha)	32,65	38,32	22,88	136,95	108,4	105,77
- Vedlejší produkt (GJ/ha)	8,28	34,69	22,45	0	0	0
Výrobnost (OJ/ha)	19,69	26,02	16,25	91,13	70,31	67,45
Org. hnojiva (GJ/ha)	0,99	0,93	0	0	0	0
Min. hnojiva (GJ/ha)	0	0	0	4,05	4,19	4,13
- N hnojiva (GJ/ha)	0	0	0	2,74	2,22	3,28
- P hnojiva (GJ/ha)	0	0	0	0,8	1,43	0,59
- K hnojiva (GJ/ha)	0	0	0	0,51	0,54	0,26
Osivo (GJ/ha)	3,46	4,09	4,43	2,68	3,43	3,93
- Spalné teplo (GJ/ha)	2,49	3,03	3,24	1,87	2,48	2,86
- Výroba (GJ/ha)	0,96	1,06	1,19	0,81	0,95	1,07
Pesticidy (GJ/ha)	0	0	0	1,7	1,03	0,8
Nafta (GJ/ha)	2,65	2,43	2,13	1,74	1,7	2,07
Stroje (GJ/ha)	1,05	1,08	0,99	0,93	0,96	1,14
Vstupy fosilní E (GJ/ha)	5,65	5,5	4,31	9,22	8,82	9,2
Výstup E (GJ/ha)	38,44	69,99	42,09	135,08	105,92	102,91
Intenzita E (MJ/OJ)	308,58	227,77	299,58	102,63	128,41	140,15
Output/Input	6,8	12,72	9,77	14,64	12,01	11,19

Graf 1 Struktura vstupů energie (GJ.ha⁻¹) a efektivita energie (Output/Input)



ZÁVĚR

Bilance energie je dobře využitelná pro posuzování trvalé udržitelnosti v rostlinné produkci. Jde o důležitý faktor umožňující posouzení stability a autonomie systému. Na jednotky energie lze dobře převést i všechny materiální vstupy a výstupy (produkci) systému a takto s nimi dál pracovat.

Při porovnání energetické bilance ekologické a konvenční rostlinné produkce se potvrzují zjištění prezentovaná v odborné literatuře, že vstupy do ekologického systému ($5,2 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) jsou nižší než do konvenčního ($9,1 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), ale v kategorii strojů a nafty (vyjadřující mechanizované operace) je ekologické zemědělství naopak náročnější i co se týče absolutních hodnot ($3,4 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ekologická, $2,8 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ konvenční farma). Produktivita ekologické rostlinné produkce je výrazně nižší ($20,7 \text{ OJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $50,2 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) než konvenční ($76,3 \text{ OJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $114,6 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), avšak efektivita využití vložené energie je téměř srovnatelná.

Príspevek je součástí výstupů projektu IG270151 a VZ MSM6215648905.

LITERATURA

Delgaard, T., Kelm, M., Wachendorf, M., Taube, F., Delgaard R. (2003): Energy balance comparison of organic and conventional farming. In Organic Agriculture: Sustainability, Markets, and Policies. CABI Publishing, OECD.

FiBL (2000): Organic farming enhances soil fertility and biodiversity. FiBL Dossier. Nr.1, august 2000.

Heyland, K.-U., Solansky, S. (1979): Energieeinsatz und Energieumsetzung im Bereich der Pflanzenproduktion. In Hülsbergen, K. J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwissenschaft. Aachen: Shaker Verlag, S. 96.

Hülsbergen, K. J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwissenschaft. Aachen: Shaker Verlag, 292 s. ISBN 3-8322-1464-X.

Hülsbergen, K. J., Diepenbrock, W. (1997): Das Model REPRO zur Analyse und Bewertung von Stoff- und Energieflüssen in Landwirtschaftsbetrieben. In Hülsbergen, K. J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwissenschaft. Aachen: Shaker Verlag, S. 79-90. ISBN 3-8322-1464-X.

Hülsbergen, K.-J., Kalk, W.-D. (2001): Energy balances in different agricultural systems – can they be improved. 2001 IFA Symposium in Lisbon. ISBN 978-0-85310-112-3

Christen, O., O'Halloran-Weitholz, Z., (2002): Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft, Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn, s. 54, ISBN 3-926898-17-8.

Neudert, L. (1998): Využití produkčních faktorů a energetické bilance pěstebních technologií u obilnin. Disertační práce, MZLU v Brně, Brno, s. 140.

Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Dous, S., Seidel, R. (2005): Environmental, Energetic and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience* Vol. 55 No. 7. 573-582.

Pospišil, R., Vilček, J. (2000): Energetika sústav hospodárenia na pôde, VÚPOP, Bratislava 2000, 108 s., ISBN 80-85361-75-2.

Tellarini, V., Caoprali, F. (2000): An input/output methodologz to evaluate farms as sustainable agroecoszstems: an application of indicators to farms in central Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77: 111-123

Webster, J.P.G. (1997): Assessing the economic consequences of sustainability in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 64: 95-102.