

## **Energie v agroekosystémech – pracovní text.**

Zemědělství možno označit za proces, ve kterém člověk ovlivňuje zachycování a toky energie v ekosystémech. Lidé využívají agroekosystémů k přeměně sluneční energie na biomasu využitelnou v podobě potravin, krmiv, vláknin a paliv. Všechny agroekosystémy vyžadují kromě vstupu sluneční energie také dodatkovou energii, kterou do nich člověk vnáší v nejrůznějších podobách. Musí to dělat proto, aby nahradil energii, kterou z agroekosystémů čerpá ve formě sklizně. Velmi významným důvodem je ovšem také potřeba ovlivňovat přirozené procesy sukcese, kterými mají agroekosystémy tendenci procházet. Zemědělci tak činí prostřednictvím kultivace půdy, hnojením, zavlažováním, agrotechnikou plodin, technologiemi chovu zvířat a sklizní. Nedílnou součástí globalizovaného industriálního agroekosystému je rovněž zpracování a distribuce zemědělských produktů.

Proces „modernizace“ zemědělství znamená z větší části vnášení stále rostoucího objemu dodatkové (kulturní) energie za účelem zvyšování výnosů. Tato energie může mít formu biologické kulturní energie, představované převážně lidskou prací, energií zvířat a organických hnojiv (Gliessman 2000). Větší část je ovšem představována industriální kulturní energií, pocházející přímo či nepřímo z neobnovitelných fosilních zdrojů. Z hlediska udržitelnosti tohoto konání je proto nutno brát v úvahu, zda je splněna podmínka tempa čerpání těchto zdrojů energie v souladu s tempem jejich substituce. Spolu s tím je důležitá informace o účinnosti využití vložené energie.

Analýzou energetických poměrů různých typů agroekosystémů se zabývá řada autorů (Lampkin 1986, Geng et al. 1990, Pimentel a Pimentel 1996, Giampietro 1997, Nátr 1998, Zarea et al. 2000, Funes-Monzote 2000, Günther 2001). Asi tři čtvrtiny celosvětové spotřeby fosilní energie jsou konzumovány v rozvinutých zemích, přičemž 17 procent z toho množství připadá na produkci, zpracování, balení a konzervaci potravin (Pimentel a Pimentel 1996). Přímo v procesu industriální zemědělské produkce je fosilní energie vynakládána ve formě umělých hnojiv, pesticidů, závlah a pohonných hmot pro mechanizaci, které nahrazují vstupy biologické kulturní energie. V rozvojových zemích zůstává podíl lidské práce poměrně vysoký, fosilní energie je vkládána hlavně ve formě umělých hnojiv a závlah, v menší míře pesticidů. Energetický poměr různých historických i současných systémů zemědělské a potravinářské produkce přináší tabulka 10.

Povšimněme si zejména vysoké efektivnosti malozemědělství v tropických oblastech, velmi příznivého energetického poměru ve společnostech lovců a sběračů a výrazné negativní bilance průměru světového systému produkce potravin. Z dalších literárních údajů (Gliessman

2000), které jsme do tabulky 10. nezahrnuli, současně plyne, že energetický poměr se v průmyslově rozvinutých zemích plynule zhoršuje již od poloviny 20. století. Situace je o to varovnější, že možná až 90 procent fosilní energie v globálním průměru spotřeby systému zemědělské produkce není vynaloženo bezprostředně na pěstování rostlin a chov zvířat, ale je spotřebováno na posklizňovou úpravu a prodej, včetně transportu často na velmi velké vzdálenosti nebo environmentálně nešetrné způsoby balení (Tansey, Worsley 1995). Ke zcela překvapivým závěrům dochází Folke Günther (2001) – ze srovnání ročních nároků průměrné švédské rodiny na energii plyne, že při zohlednění celkového množství energie vynaložené na produkci a zpracování rodinou zkonsumovaných potravin spotřebuje rodina v jídle více energie než na provoz domu a automobilu. Ve světle těchto údajů poněkud ztrácejí na přesvědčivosti argumenty zastánců industrializace zemědělství, kteří se s oblibou odvolávají na energetickou ziskovost rostlinné produkce (Geng et al. 1990).

Tabulka 10. Energetický poměr produkce potravin

Typ produkce	Energie získaná:Energie vynaložená
Tropické malozemědělství – kasava	65-70:1
Zemědělství v Číně – 1930	42:1
Nemechanizované pěstování rýže – Thajsko	38:1
Tropické malozemědělství – různé plodiny	15 – 40:1
Pastevecká produkce masa a mléka – Afrika	10:1
Tropické zemědělství – malé dávky umělých hnojiv	5-10:1
<b>Lovec a sběrač</b>	<b>5-10:1</b>
Cukrovka, Velká Británie	4,5:1
Nemechanizovaná kukuřice - Mexiko	<3:1
Pšenice, VB	3,5:1
Kukuřice USA	2,8:1
Kukuřice VB	3,5:1
Brambory VB	1,7:1
Domácí zahrádka VB	1,3:1
Výroba cukru	1:1
Průměr zemědělství VB 1952	1:1,85
Průměr zemědělství VB 1968	1:2,8
Potravinářský sektor VB 1968	1:4,5
Mechanizovaná produkce jahod USA	1:5
Hovězí maso – USA	1:5
<b>Průměr světové produkce</b>	<b>1:10</b>
Produkce brojlerů VB	1:10
Mořský rybolov VB	1:20
Rybolov – Středozemní moře	1:100

(Lampkin 1990, Gliessman 2000, Günther 2001)

Nejvýznamnější zastoupení industriální kulturní energie nepřímo vynaložené na zemědělství mají umělá hnojiva, zejména dusíkatá (ta ve skutečnosti tvoří dokonce jednu

třetinu veškeré přímé zemědělské spotřeby), dalších asi 20 procent představují pesticidy. Energetický obsah dusičnanu amonného činí  $62\,000\text{ kJ.kg}^{-1}$ , insekticidů a herbicidů (včetně spotřeby energie při jejich výrobě)  $360\,000\text{ kJ.kg}^{-1}$  a  $466\,000\text{ kJ.kg}^{-1}$  (pro srovnání dodejme, že litr nafty znamená včetně její výroby a dopravy  $48\,000\text{ kJ}$ ) (Gliessman 2000). Při pohledu na efektivitu využití aplikovaného dusíku v rozvinutých zemích (tabulka 7.) si tak uvědomíme, že z hlediska neudržitelnosti environmentálních dopadů intenzivního zemědělství není důležitý pouze vliv používání agrochemikálií na kvalitu vod, potravin a krmiv, ale že nízká účinnost využití dusíku navíc znamená plýtvání neobnovitelnými zdroji energie. V některých zemích jsou velkými konzumenty energie specifické činnosti jako závlahy ve Španělsku (11 procent) či provoz skleníků v Dánsku (18 procent) (Greenpeace 1992). V oddíle o hnacích silách chemizace zemědělství jsme jako jednu z nich uvedli i vysokou intenzifikaci chovů hospodářských zvířat. V tabulce 10. uvedená celková energetická rozmařilost tohoto odvětví nás upozorňuje na další stránku neudržitelnosti tohoto způsobu živočišné produkce. Navíc se mimo spotřeby chemikálií pro pěstování krmiv přidávají další dopady – deforestace a zabor ploch rozvojových zemí pro pěstování sóji a dalších zrnin jako krmiva pro export do rozvinutých zemí, degradace půdy nadměrnou pastvou, produkce metanu trávením a dalších skleníkových plynů při transportu krmiv, ad. (Lockeretz, Anderson 1993, Mannion 1995, Goodland 1997, 2000).

Z ekonomického, sociálního a dokonce i politického hlediska vysoká závislost industriálního zemědělství na fosilní energii znamená jeho mnohem větší nestabilitu v případě pohybu cen jejich zdrojů. Tento problém se postupně stává závažnější, protože takovýto způsob hospodaření se stále více rozšiřuje i do rozvojových zemí. Zejména tam navíc už nyní způsobuje nestabilitu tím, že nahrazuje tradiční způsoby hospodaření a tím podporuje migraci do měst či marginálních oblastí, narušuje kulturní vazby a v důsledku snižuje dostupnost potravin získaných samozásobitelským pěstováním.

Druhým dokladem vysokých materiálových a energetických požadavků zejména industriálního zemědělského a potravinářského systému je jeho náročnost na zásobování fosforem. Postavení tohoto prvku je mezi ostatními vnějšími vstupy do zemědělského systému zcela unikátní. S nemalou dávkou fantazie si dovedeme představit přechod zemědělství (a celé současné společnosti založené na využívání fosilní energie) na okolnostmi vynucený přechod na jiné energetické zdroje. Ovšem fosfor jako biogenní prvek je učebnicovým příkladem zdroje nijak nenahraditelného – tomu by bránila biochemická podstata celého problému. Bohužel je fosfor také zdrojem vyčerpitelným, což neplatí u dalších ze šestice makrobiogenních prvků. Dusík a síra se dostávají do půd přirozenou cestou

z atmosférické fáze jejich biogeochemického cyklu srážkami, dusík je navíc dostupný přirozenou mikrobiální fixací. Draslík, hořčík a vápník jsou dostupné v přiměřených koncentracích jako součást struktury minerálů, odkud jsou zpřístupňovány zvětráváním. Fosfor je však přítomen ve většině hornin ve velmi nízkých koncentracích a jeho biogeochemický cyklus atmosférickou fází postrádá. Pro zemědělství jeho dostupnost zajišťuje těžba fosfátů, jejichž limitovaný objem činí z hospodaření z fosforem předpoklad dlouhodobé udržitelnosti zemědělství a současně představuje i přesah do jiné oblasti života moderní společnosti – nemalá část fosfátů je využita pro výrobu čistících prostředků.

Britský autor E. I. Newman (1997) při analýze čtyř historických zemědělských systémů dospěl k závěru, že nejhůře hospodaří s tímto prvkem současný systém produkce obilnin v Británii, kde se hodnoty vstupu a výstupu tohoto prvku lišily o celý jeden řád. Rovněž další systémy bez cíleného dodávání zdrojů P (středověká anglická farma, čínský statek počátku 20. století a farma amerického středozápadu poloviny 19. století) pravděpodobně nedosahovaly vyrovnané bilance P, ovšem dosažené přetrvání prvních dvou systémů po několik staletí ukazuje na stav, alespoň blízký se představě udržitelnosti. Jediného systému s vyváženým poměrem P bylo pravděpodobně dosaženo ve starověkém Egyptě a to jen díky dodávání této živiny pravidelným rozvodněním Nilu. Dodejme, že tradiční hospodářství jihovýchodní Asie rovněž částečně předcházelo tomuto problému pečlivým využíváním exkrementů zvířat i lidí jako hnojiva, čím se po dlouhou dobu výrazně lišilo od evropského přístupu (Montague 1999).

Odhady životnosti zdrojů P v globálním měřítku se různí, Günther (2001) shrnuje výsledky úvah na toto téma a uvádí rozmezí 130 – 700 let. Tato doba, zejména její horní hranice, se zdá být dostatečně vzdálenou na to, aby nyní budila závažnější zájem. Obavy ovšem vzbuzuje jiný aspekt exploatace P, který dokládá úzkou provázanost s energetickou náročností zemědělství. Jeho separace z přírodních fosfátů je energeticky náročná (podle druhu výsledného produktu je na extrakci 1 kg P spotřebováno 18 – 32 000 kJ). Vyčerpávání bohatých ložisek zdrojů P znamená, že jsou využívány méně koncentrované zdroje, takže klesá výtěžnost na jednotku energie. Tak se může stát, že v případě budoucího možného nedostatku energie a tedy vzrůstu její ceny, nebude možno tyto zdroje využít. Růst ceny energie o 5 procent ročně, doprovázený tříprocentním ročním poklesem efektivity extrakce P ze zdroje znamená v perspektivě 25 let zvýšení ceny energie o 350 procent s dopadem na celkové navýšení nákladů na získání P o téměř 1 100 procent. V období 50 let by pak cena energie vzrostla 12krát a fosforu 38krát. To je záhodno brát v úvahu při hodnocení výše uvedené doby životnosti ložisek P. Tyto skutečnosti spolu s nakládáním s P v moderním

zemědělství, doloženém výše uvedeným příkladem produkce obilnin v Británii, také zdůrazňuje důležitost takových modifikací zemědělských postupů, které by umožnily alespoň snížení množství fosforu vstupujícího do produkce. Mannion (1995) uvádí příklady účinné práce s farmáři v okolí floridských Everglades, kdy cílem byla redukce používání umělých hnojiv, motivovaná snahou zabránit nadměrné eutrofizaci povrchových vod. Výsledkem změn pěstitelských technologií bylo mimo jiné 45-procentní snížení hodnot vyplavovaného P. Jako příklad lze rovněž uvést agrolesnické systémy jižních zeměpisných šířek, kde společné pěstování zemědělských plodin a stromů zvyšuje kvalitativní ukazatele půdy, včetně obsahu rostlinám přístupného fosforu (Gliessman 2000). Často jsou ovšem plochy, na kterých je agrolesnictví provozováno, cílem snah o jejich přeměnu na intenzivně využívané plochy.

Ze všech výše uvedených důvodů je proto důležité věnovat pozornost nakládání s fosforem v současných zemědělských systémech při úvahách o neudržitelnosti.