

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Vedoucí katedry: Prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Rozbor modelu FARM a možnosti využití modelů
v rámci optimalizace hospodaření

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Modrý, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Dr. Jeroen Groot

Autor: Jana Urbánková

České Budějovice, duben 2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: URBÁNKOVÁ JANA

Studijní obor: TUSHK

Název tématu: **Rozbor modelu FARM a možnosti využití modelů v rámci optimalizace hospodaření**

Analysis of model FARM and possibilities of usage of models in optimalization of farming

Zásady pro vypracování:

(v zásadách pro vypracování uveďte cíl práce a metodický postup)

Bakalářské práce je zaměřena na zhodnocení a popis matematicko statistického modelu FARM. Ten je používán k optimalizaci hospodaření a bilancím látkově energetických toků v rámci farmy. Model je vyvíjen na Wageningen University - Biological Farming Systems Group (WUR-BFSG) primárně pro Holandsko, jeho využití by však mělo být možné i v podmínkách České Republiky. Práce vychází jak z literárních zdrojů, tak z rozboru vlastního modelu, který je pro ní z WUR-BFSG poskytnut.

1. Vypracování úvodního shrnutí a literární rešerše na téma optimalizace zemědělských aktivit s pomocí matematicko-statistických modelů
2. Výběr verze modelu FARM, studium dokumentace modelu, vyhledání doplňujících literárních zdrojů.
3. Detailní popis modelu, jeho funkcí, zpracovávaných proměnných, vstupních dat a výstupů vybrané verze modelu FARM, zhodnocení dostupnosti vstupních dat, nalezení alternativních variant a modelů pro optimalizaci.
4. Shrnutí nejvýznamnějších zjištění vyplývajících z rozboru modelu, posouzení jeho využitelnosti pro podmínky ČR.
5. Vytvoření seznamu literatury v abecedním pořadí dle ČSN

Rozsah grafických prací: tabulky, grafy, fotografická příloha

Rozsah průvodní zprávy: 40 stran textu vč. tabulek

Seznam odborné literatury:

Wijk, M., Rossing, W., Lantinga, E., Semenov, S., Meuter, E.: Systems analysis, Simulation and systems Management, Wageningen University, 2008, 178 s.

Geier, U.: Anwendung der Ökobilanz-Methode in der Landwirtschaft – dargestellt am Beispiel einer Prozess-Ökobilanz konventioneller und organischer Bewirtschaftung. Schriftenreihe des Instituts für Organischen Landbau der Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Berlin, 2000, 308 s.

Kantelhardt, J.: Perspektiven für eine extensive Grünlandnutzung – Modellierung und Bewertung ausgewählter Landnutzungsszenarien, AgriMedia, 2003, 272 s., ISBN 3-86037-225-4

Klír, J.: Setrvalé zemědělství, Studijní zpráva, ÚZPI, Praha, Rostlinná výroba, č. 2/1997 40 s., ISBN 80-86153-18-5

Moudrý, J., Konvalina, P., Moudrý, J. jr., Kalinová, J.: Ekologické zemědělství. JU ZF v Č. Budějovicích, 2007, 219 s., ISBN 978-80-7394-046-1

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Moudrý Ph.D.

Konzultant: Dr. Jeroen Groot (WUR)

Datum zadání bakalářské práce: 7.2. 2012

Termín odevzdání bakalářské práce: 15.4. 2013

L.S.

prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.
Vedoucí katedry

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSs.
Děkan

V Českých Budějovicích dne 7.2. 2012

Prohlášení autora

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské – diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum

Podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce Ing. Janu Moudrému, Ph.D za jeho odborné vedení a Prof. Ing. Janu Moudrému CSc. za cenné rady a poskytnutí materiálů.

Abstrakt

Tato práce se na základě literárních pramenů zabývá základním rozdělením matematických modelů , popisuje metody pro hodnocení trvalé udržitelnosti zemědělských podniků a zaměřuje se především na látkově energetické toky v zemědělství, které jsou shrnuty v kapitolách o bilancích živin, organické hmoty a energie. V závěru teoretické části jsou zmíněna některá opatření pro optimalizaci hospodaření zemědělského podniku. Praktická část se zabývá popisem matematicko-statistického modelu FARM, který slouží ke zpracování základních dat o zemědělském hospodaření.

Klíčová slova: Bilance živin, energetická bilance, bilance organické hmoty, metody pro hodnocení trvalé udržitelnosti, optimalizace hospodaření, model FARM

Abstract

This thesis is based on literature sources deals with the basic division of mathematical models, describes methods assessing the sustainability of farms and focuses primarily on energy flows in agriculture, which are summarized in the chapters about balance of nutrients, organic matter and energy. At the end of the theoretical part contains some measures for optimizing farm management. The practical part describes the mathematical-statistical model FARM, which is used to process the basic data about farming.

Keywords: Nutrient balance, energy balance, balance of organic matter, methods for assessing the sustainability, optimization of farming, model FARM

1	Úvod.....	1
2	Literární rešerše.....	2
2.1	Matematické modely v zemědělství.....	2
2.2	Metody pro hodnocení udržitelnosti	3
2.2.1	Indigo®	4
2.2.2	KSNL	4
2.2.3	EMA.....	4
2.2.4	STANK	5
2.2.5	GREEN ACCOUNTS.....	5
2.2.6	REPRO.....	5
2.2.7	Certifikační systém DLG (DLG-NHZ).....	6
2.2.8	RISE	6
2.2.9	Souhrn metod pro hodnocení udržitelnosti	7
2.3	Energetické hodnocení	8
2.4	Bilance energie.....	8
2.5	Energetické toky.....	9
2.5.1	Tok a transformace energie v podsestavě rostlinná výroba	9
2.5.2	Tok a transformace energie v podsestavě živočišná výroba	10
2.6	Bilance organické hmoty.....	11
2.7	Bilance živin.....	12
2.8	Typy bilancí	13
2.9	Základní živiny.....	14
2.9.1	Dusík	14
2.9.2	Fosfor	16
2.9.3	Draslík.....	18
2.9.4	Další makroelementy	19
2.10	Mikroelementy	22
2.11	Další živiny započítávané do bilance živin.....	22
2.12	Návrhy pro optimalizaci zemědělského hospodaření	24
2.12.1	Optimalizace hospodaření.....	24
2.12.2	Plánování osevních postupů.....	25
3	Cíle práce	28
4	Materiál a metody	29
5	Vlastní práce.....	30

5.1	Rozbor modelu FARM.....	30
5.1.1	Souhrnné zhodnocení modelu FARM a možnosti využití v podmínkách ČR.....	40
6	Závěr	41
7	Použitá literatura	42
8	Přílohy.....	48

1 Úvod

Energetická analýza zemědělské výroby patří do relativně nové oblasti výzkumu. Pozornost této problematice se začalo věnovat v podstatě až v 70. letech při energetické krizi, kdy došlo k poznání, že o využívání vkladů do zemědělství se ví jen velmi málo.

Ekonomicko energetický pohled na hospodaření zemědělských podniků vychází z koncepce trvale udržitelného rozvoje, jejímž základem je myšlenka vzájemné provázanosti lidí, jejich činností a přírody. Účelem energetické analýzy je odhalovat rezervy a energetické ztráty a optimalizovat energetické inputy do výrobního procesu z hlediska dosažení maximální efektu při minimalizaci spotřeby energie.

K provedení celkové analýzy zemědělského podniku nám mohou pomoci matematické modely, které dokáží ze základních vstupních dat vypočítat efektivnost hospodaření. Nejčastěji jsou používány výpočty bilancí živin, krmiv, organické hmoty a energie. Z výsledků modelů se dá určit, v jaké sféře agrosystému dochází k přebytkům či naopak ztrátám. Na tomto základě se mohou navrhnout opatření pro změny v managementu.

Podobné, avšak méně složitější výpočty jsou využívány v metodách pro hodnocení trvalé udržitelnosti, které berou v úvahu vstupy do agrosystému farmy, vztahují je k výstupům, ale oproti matematickým modelům umožňují také posouzení environmentálního působení praktik podniku. Nejpoužívanějšími výpočty v těchto metodách jsou bilance živin, organické hmoty a energie.

Vzhledem k nárůstajícímu počtu obyvatelstva na Zemi a zhoršujícímu se životnímu prostředí je nezbytné vytvářet takové optimalizace hospodaření, které budou v souladu s cíli udržitelnosti.

2 Literární rešerše

2.1 *Matematické modely v zemědělství*

Význam modelů v zemědělství, jak popisují SINCLAIR a SELIGMAN (1996), je schopnost modelů uspořádat znalosti do organizovaného logického dynamického rámce umožňujícího identifikaci chybných předpokladů a poskytujícího nové vhledy.

Matematický model je rovnice nebo sada rovnic předpovídající chování systému.

K pochopení různých typů matematických modelů v biologických vědách je klíčovým pojmem hierarchie. Pro použití v zemědělství jsou důležité tři modely: empirické, mechanistické a teleonomické. Modely pro výzkum se obvykle liší od modelů pro praxi. (THORNLEY a FRANCE, 2007).

Typy modelů

THORNLEY a FRANCE (2007) ve své publikaci popisují základní typy modelů, které mohou být deterministické nebo stochastické, dynamické nebo statistické, mechanické nebo empirické. Důležitou podkategorií modelů je teleonomický, který se může týkat celého nebo části modelu z některých výše uvedených kategorií s výjimkou kategorie empirické.

Stochastické modely představují skupinu modelů, které se dají charakterizovat absencí vazebnosti mezi příčinou a následkem popisovaného jevu v rámci charakterizovaného systému.

THORNLEY a FRANCE (2007) uvádí, že problémy se stochastickými modely mohou být technická složitost při vytváření a obtížné testování.

Deterministické modely mají za úkol popisovat pomocí matematických vztahů fyzikální systém. Přesnost popisu fyzikálního systému modelem se může zvyšovat s ohledem na kvalitu vstupních dat, protože se stoupající přesností popisu stoupají i nároky na vstupní data (BAIER, 2007).

Podle THORNLEYHO a FRANCE (2007) deterministické modely předpovídají množství jako je např. rostlinnou sušinu nebo příjem krmiv, aniž by počítaly s variabilitou okolních přírodních vlivů. Tento model by mohl v mnoha

případech stačit, ale pro velkou proměnlivost veličin nebo procesů jako jsou dešťové srážky či migrace (nemocí, škůdců nebo predátorů) to nemusí být zcela vhodné.

Dynamické modely předpovídají změnu množství v čase. Dynamický model je obecně prezentován jako sada diferenciálních rovnic, ve kterých je čas nezávislou proměnnou. Většina modelů v zemědělství a ekologii je dynamických a popisují časový průběh od několika dnů či vegetačního období až po několik let.

Statistické modely neobsahují čas jako proměnnou a jsou nezávislé na čase. Například předpovídají sušinu ovoce při sklizni nebo celkové vstupy zvířat během sezóny.

Empirické modely jsou zaměřeny především na popis odezvy systému, často s pomocí matematických nebo statistických rovnic bez jakéhokoliv vědeckého kontextu a nejsou omezeny žádnými vědeckými principy.

Mechanistické modely poskytují určitou míru porozumění nebo vysvětlení jevů, které jsou zkoumány. K dosažení tohoto cíle musí být model postaven na alespoň dvou úrovních popisu (např. rostlina a úroveň orgánů) (THORNLEY a FRANCE, 2007).

Mezi stochastickými a deterministickými modely dochází k jistému překrývání a dostáváme tím modely smíšené. Tyto modely pak obsahují submodely stochastické i deterministické povahy a sestavují se pro zdokonalení výstupů deterministického modelu (BAIER, 2007).

2.2 Metody pro hodnocení udržitelnosti

Metody pro hodnocení udržitelnosti zemědělských podniků jsou vyvíjeny přibližně od 90. let 20. století. Nejpoužívanějším nástrojem hodnocení jsou různé sady indikátorů. ROSNOBLET et al. (2006) ve svém výzkumu určili 150 takových metod. Zpravidla probíhá hodnocení na úrovni zemědělského podniku a na vyšších organizačních úrovních (region a krajina). Počet indikátorů se pohybuje mezi 4 a 200 na metodu. Nejčastějším způsobem spojení indikátorů je jejich suma nebo aritmetický průměr. V Evropě bylo zjištěno 55 bilančních systémů („Input-Output Accounting systems“ – IOAs), (GOODLAS et al., 2003). Základními a nejčastěji používanými ukazateli, jsou bilance živin, organické hmoty a bilance energie (TELLARINI a CAPORALI, 2000). Popis některých metod jsem převzala z disertační práce VALTÝNIOVÉ (2011).

2.2.1 Indigo®

Jedná se o metodu, zaměřenou na rostlinnou produkci, včetně travních porostů, zeleniny a vinic. Umožňuje agronomicko-environmentální analýzu jak celého podniku, tak i jednotlivých pozemků, stejně jako stanovení silných a slabých stránek pěstitelských postupů, identifikaci rizikových ploch atd. Je určena pro farmáře a poradenství. Metoda zahrnuje osm indikátorů (rozmanitost kultur, osevnické postupy, organická hmota, fosfor, dusík, přípravky na ochranu rostlin, závlaha, energie) a další jsou ve vývoji.

(BOCKSTALLER et al., 1997; BOCKSTALLER et al., 2006; GIRARDIN et al., 2000)

2.2.2 KSNL

KSNL (Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft – Systém kritérií pro udržitelné zemědělství). Hlavní oblastí jeho použití je poradenství pro jednotlivé podniky. Systém testuje a hodnotí stav udržitelnosti hospodaření podniku jako celku a identifikuje slabiny a silná místa způsobu hospodaření v oblasti rostlinné produkce včetně travních porostů a živočišné produkce. Zahrnuto je 14 indikátorů z oblasti ekologie (bilance N, P, emise NH₃, třída pH půdy, bilance organické hmoty, erozní ohroženost, riziko utužení půdy, intenzita ochrany rostlin, ekologická infrastruktura, diverzita plodin, medián výměry pozemků, bilance energie – podnik, bilance energie – rostlinná produkce, emise skleníkových plynů), 11 z oblasti ekonomiky (míra rentability, rentabilita celkového kapitálu, rentabilita vlastního kapitálu, rentabilita vstupů, potenciál zhodnocování kapitálu, cashflow III, podíl vlastního kapitálu, změny vlastního kapitálu, netto investice, příjem na pracovní sílu, příjem podniku) a 9 ze sociální oblasti (podíl majitele, sociální aktivity, průměrný hrubý plat, pracovní podmínky, dovolená, kvalifikace, věková struktura, nabídka pracovních míst).

Data pro hodnocení ekologické části jsou získávána prostřednictvím dotazníku, pro ekonomickou část ze záznamů podniku a pro sociální část ze záznamů s doplněním ústním dotazováním. (BREITSCHUH et al., 2008; ZAPF et al., 2009)

2.2.3 EMA

EMA (Environmental Management for Agriculture). Jde o počítačový software navržený pro zemědělce, který slouží také jako poradenství. Hlavním cílem je podpořit udržitelnost systému. Hodnocení probíhá na úrovni farmy. Mezi ukazatele této metody patří : ochrana rostlin (pesticidy), výživa plodin (minerální a statková

hnojiva), energetická analýza, využívání vody, chov hospodářských zvířat a welfare, zachování stanovišť volně žijících živočichů a nakládání s půdou a odpady.

(GOODLAS et al., 2001)

2.2.4 STANK

Tato metoda byla vyvinuta jako nástroj pro zjednodušení výpočtů bilancí živin na úrovni zemědělského podniku. Je zaměřena na rostlinnou produkci. Výpočty se týkají především živin (množství, obsah, ztráty). Metoda obsahuje 6 hlavních ukazatelů (bilance živin, množství hnoje, obsah živin ve hnoji, stroje a budovy, ekonomická analýza a vyplavování dusičnanů). V současné době se klade velký důraz na popis programu a výpočty hodnot s cílem usnadnit výklad bilance živin. (LINDER, 2001)

2.2.5 GREEN ACCOUNTS

Metoda GREEN ACCOUNT byla vyvinuta v Dánsku. Soustřeďuje se především na bilanci živin a používání pesticidů. Mezi hodnocené ukazatele se řadí: bilance živin (N,P,K,Cu), používání pesticidů, spotřeba energie a spotřeba vody na zavlažování.

(GOODLAS et al., 2001)

2.2.6 REPRO

Cílem metody REPRO je hodnocení vlivů na životní prostředí, respektive udržitelnosti podniku na základě analýzy toků látek a energie a ekonomických výpočtů ve zkoumaném zemědělském systému. Metoda je zaměřena na zemědělce a zemědělské poradenství. Hodnocení zahrnují rostlinnou produkci včetně travních porostů i živočišnou produkci. Obsahuje přibližně 200 indikátorů. Jde zejména o jednoduché indikátory na nízkém stupni agregace (např. bilance N, P, K, bilance organické hmoty, efektivita využití energie, příspěvek na úhradu apod.). Výpočet všech indikátorů je možný od úrovně podniku, přes skupinu plodin, plodinu až po jednotlivé pozemky. Pro celkovou analýzu je vyžadována evidence všech aktivit v rostlinné a živočišné produkci na úrovni pozemků, respektive stájí. Pro některé indikátory jsou vyžadována také podrobná data o půdě a průběhu počasí.

(HÜLSBERGEN, 2003; BOCKSTALLER et al., 2006; ROEDENBECK, 2004)

2.2.7 Certifikační systém DLG (DLG-NHZ)

Hodnocení se zaměřuje na produkci tržních plodin z pohledu všech tří pilířů trvalé udržitelnosti. Ekologická část je postavena na metodě REPRO. Soubor indikátorů obsahuje 10 ekologických indikátorů (bilance N, P, organické hmoty, agrobiodiverzita, služby péče o krajinu, bilance energie, emise skleníkových plynů, intenzita ochrany rostlin, utužení půdy, eroze půdy), 6 ekonomických indikátorů (příjmy podniku, rentabilita vstupů, hranice zhodnocování kapitálu, změny vlastního kapitálu, netto investice, míra zisku) a 6 sociálních indikátorů (odměňování pracovní síly, průměrná pracovní doba, vzdělání a zvyšování kvalifikace, délka dovolené, spolurozhodování v podniku, společenské služby). Samotné hodnocení vyžaduje údaje za poslední tři roky. (SCHAFFNER a HÖVELMANN, 2009; ZAPF et al. 2009)

2.2.8 RISE

Hodnocení zahrnuje všechny oblasti zemědělské produkce, a to ze všech tří pohledů trvalé udržitelnosti. Původně je metoda určena k celosvětovému použití, a proto je třeba počítat s určitými zjednodušeními v metodice. Cílem je analyzovat zemědělské produkční systémy, určit jejich silná místa a slabiny. Jedná se především o poradenský nástroj a prostředek umožňující jednoduché sdělení o udržitelnosti hospodaření farmy nebo i regionu.

12 indikátorů (ekologie – přírodní zdroje: energie, voda, půda, biodiverzita; management: potenciál ztrát N a P, ochrana rostlin, odpady; ekonomika: ekonomická stabilita, ekonomická efektivnost, lokální ekonomika; sociální aspekty: lokální ekonomika, pracovní podmínky, sociální jistoty) je vypočítáváno na základě celkem 57 parametrů. (HÄNI et al., 2003; HÄNI et al., 2008; ZAPF et al., 2009)

2.2.9 Souhrn metod pro hodnocení udržitelnosti

Tab.č.1 Souhrn metod pro hodnocení udržitelnosti zemědělských podniků

Metoda	Zaměření	Určení	Indikátory
Indigo	Zemědělci a zemědělské poradenství	Podnik, pozemky	- rozmanitost kultur - osevnické postupy - organická hmota - fosfor - dusík - přípravky na ochranu rostlin - závlaha - energie
KUL/USL	Zemědělské poradenství	Podnik	- hospodaření se živinami (bilance N, P, K, emise NH ₃ apod.) - energie (vstupy, bilance energie apod.) - půda (erozní ohroženost apod.) - ochrana rostlin (intenzita, minimalizace rizik) - rozmanitost krajiny a druhů (ekol. Infrastruktura)
EMA	Zemědělci a zemědělské poradenství	Podnik	- ochrana rostlin (pesticidy) - výživa plodin (minerální a statková hnojiva) - energetická analýza - využívání vody - chov hospodářských zvířat (welfare) - nakládání s půdou a odpady - zachování stanovišť volně žijících živočichů
STANK	Zemědělci	Podnik	- bilance živin - množství hnoje - obsah živin ve hnoji - stroje a budovy - ekonomická analýza - vyplavování dusičnanů
GREEN ACCOUNTS	Zemědělci a zemědělské poradenství	Podnik	- bilance živin (N,P,K,Cu) - používání pesticidů - spotřeba energie - spotřeba vody
REPRO	Zemědělci a zemědělské poradenství	Podnik, pozemky, plodiny	- bilance N, P, K, - bilance organické hmoty, - efektivita využití energie, - příspěvek na úhradu apod.
Certifikační systém DLG	Zemědělci	Podnik	- 10 ekologických (bilance N,P, organické hmoty, bilance energie, emise skleníkových plynů apod.) - 6 ekonomických (příjmy podniku, rentabilita vstupů apod.) - 6 sociálních (odměňování pracovní síly, průměrná pracovní doba, vzdělání a zvyšování kvalifikace apod.)
RISE	Poradenství	Podnik, region	- ekologie – přírodní zdroje: energie, voda, půda, biodiverzita - management: potenciál ztrát N a P, ochrana rostlin, odpady - ekonomika: ekonomická stabilita, ekonomická efektivnost apod. - sociální aspekty, pracovní podmínky, sociální jistoty

2.3 Energetické hodnocení

Energetické hodnocení je významným objektivním měřítkem efektivnosti zemědělské produkce (POSPÍŠIL a VILČEK, 2000). Výhodou tohoto přístupu je, že naprosto rozdílné formy vstupů lze zpětně převést na stejné jednotky a srovnávat objektivně jak rozdílné druhy produkce, tak i značně odlišné způsoby výrobní činnosti (TELLARINI a CAPORALI, 2000). Při výpočtu energetické bilance rostlinné produkce mohou být použity různé metody v závislosti na cíli prováděné analýzy.

Účelem energetického hodnocení je odhalovat existující rezervy a optimalizovat energetické vklady do výrobního procesu z hlediska dosažení co největšího výrobního efektu při nízké spotřebě energie (HOMOLKA a STRAŠIL, 2005).

2.4 Bilance energie

Energetická bilance obecně srovnává vstupy energií do výrobního procesu s energetickými výstupy. Lze stanovit energetický zisk, který se definuje jako rozdíl mezi získanou a vloženou energií. Při výpočtu energetických bilancí musíme dodržovat určité postupy. Proto byly vypracovány metodiky pro postup výpočtů přímých i nepřímých energetických vstupů a výstupů (HOMOLKA a STRAŠIL, 2005).

Vstup a výstup energie soustavy jsou veličiny, kterými je kvantifikované spojení soustavy s prostředím. Mezi podsoustavami (rostlinná výroba, živočišná výroba, půda) v rámci zemědělské soustavy se vzájemnými vztahy utváří cyklický proces. Vysoká stabilní výkonnost soustavy vyžaduje, aby vzájemné vazby mezi podsoustavami byly optimální, aby umožňovali plynulý průtok energie mezi nimi.

Přímé vstupy energie jsou chápány jako spotřeba nafty, benzínu, oleje, elektrické energie, lidské práce apod., bezprostředně při výrobních operacích. Nepřímé vstupy představují převážně spotřebu energie při výrobě základních prostředků (POSPÍŠIL a VILČEK, 2000).

2.5 Energetické toky

Podle HOMOLKY a STRAŠILA (2005) se dá zemědělství z hlediska toků a transformace rozdělit na tři podsestavy, které tvoří cyklický řetězec. Rostlinnou výrobu, živočišnou výrobu a půdu (rostlinnou výrobu). Prvním článkem řetězce je podsestava rostlinné výroby, kde zelené rostliny (primární producenti) transformují kinetickou energii slunečního záření a dodatkovou energii vkládanou člověkem na potenciální energii organické hmoty. Druhým článkem je podsestava živočišné výroby, která transformuje organickou hmotu vytvořenou v rostlinné výrobě na koncentrovanější a kvalitnější živočišné produkty a část organické hmoty vrací do půdy. Třetím článkem je podsystém půda, kde reducenti žijící v půdě (mikroorganismy, houby, bezobratlí apod.) přeměňují organickou hmotu zbytků rostlin a odpady ze živočišné výroby na živiny a humus, čímž vytvářejí podmínky pro další efektivní transformační cyklus zemědělské soustavy.

2.5.1 Tok a transformace energie v podsestavě rostlinná výroba

V podsoustavě rostlinná výroba transformují rostliny kinetickou energii slunečního záření na potenciální energii organické hmoty. Využití slunečního záření rostlinami je relativně malé, přesto tvoří podstatnou složku v energetické bilanci rostlinné výroby, neboť nejméně desetinásobně převyšují veškeré přímé dodatkové energie dodávané do zemědělství ve formě paliv apod. V našich zeměpisných podmínkách je v rostlinné produkci na dodatkovou energii nejnáročnější cukrová řepa, brambory, pšenice a vojtěška. Jednotlivé vstupy dodatkové energie se liší dle plodiny i různých pěstebních systémů. Největší energetické výstupy vykazuje z výše uvedených plodin cukrovka, méně pak vojtěška, pšenice a brambory. (HOMOLKA a STRAŠIL 2005)

Kvantifikace energetických vstupů a výstupů (produkce energie) a sestavení energetických bilancí v rostlinné produkci poskytuje nový pohled na význam jednotlivých plodin ve struktuře osevních postupů, umožňuje využívat těchto hledisek jak při optimalizačních propočtech, tak i při návrzích energetických racionalizačních opatření a hodnocení jejich významu.

http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/ke_stazeni/ahzpl/Prednaska_energetika_Neudert.pdf

(staženo dne 5.2.2013)

2.5.2 Tok a transformace energie v podsestavě živočišná výroba

Živočišná výroba hraje v rámci toku energie v zemědělství důležitou funkci. Vazbou a podstatnou částí vstupů energie do systému je spojená s podsestavou rostlinná výroba ve formě krmiv, které jsou vysoce koncentrovaným zdrojem energie. Tuto energii transformují hospodářská zvířata na ještě koncentrovanější potenciální energii obsaženou v živočišných produktech.

Část energie obsažené v krmivech, stelivu, výkalech a moči zvířat, které jsou z hlediska živočišné produkce odpadem, se dostává ve formě organických hnojiv do podsestavy půda. V půdě se transformuje na humus a minerální látky.

Podsestava živočišná výroba se skládá z jednotlivých odvětví (skot, ovce, prasata, drůbež apod.), jež mají specifické požadavky na vstupy energie různého druhu. Hlavní zdroj energie, který ovlivňuje tok energie do podsestavy živočišná výroba je energie krmiv.

Stanovení stravitelné a metabolizovatelné energie se provádí na základě bilančních pokusů na všech kategoriích hospodářských zvířat. Od množství přijaté brutto energie krmiv se odečte energie vyloučených výkalů a získá se stravitelná energie. Od stravitelné energie se odečte energie moče a plynů a získá se metabolizovatelná energie. Metabolizovatelnou energii je možno vypočítat přibližně ze stravitelné energie násobením koeficientem 0,81. (HOMOLKA a STRAŠIL, 2005).

GOODLAND (1997) ve své publikaci uvádí, že jednotlivá odvětví živočišné výroby jsou různým způsobem náročná na energetické vstupy a s rozdílnou efektivitou tyto vstupy transformují v energetické výstupy. Hospodářská zvířata se tak jeví jako nepřilíš efektivní konvertory energie. Na druhou stranu, pokud jsou hospodářská zvířata živena potravinovými zbytky (které by v opačném případě byly promrhány nebo by znečišťovaly okolí) či pokud se pasou na neúrodných kusech půdy, které jsou pro rostlinnou zemědělskou produkci nevhodné, pak musí být hospodářská zvířata vnímána jako efektivní konvertory energie.

V celkové spotřebě dodatkové energie je dle KŘENA a VALTÝNIOVÉ (2007) výrazně náročnější konvenční produkční systém, který dosahuje přibližně dvojnásobku vstupů oproti systému ekologickému. K podobným výsledkům došel také MÍŠA (2008), který uvádí, že pěstební systémy, které využívají střídání plodin

a statková hnojiva, jsou méně náročné na fosilní energii. Jejím největším konzumentem jsou monokulturní pěstební systémy. Při započtení energie organických hnojiv jsou nejnáročnějšími systémy hospodaření konvenční systém a osevní postup Norfolk. Pokud se ovšem pěstební systémy srovnají v českých podmínkách, je z hlediska produktivity rozdíl mezi konvenčním a ekologickým systémem výrazný ve prospěch konvenčního. Z hlediska efektivity využití vložené energie je rozdíl využití energie srovnatelný.

Podle PIEMENTALA et al. (2005) je však produktivita v dlouhých časových úsecích srovnatelná.

2.6 Bilance organické hmoty

Bilance organické hmoty je založena na rozdílu vstupů a úbytku půdní organické hmoty v důsledku mineralizace. Míra mineralizace přitom závisí na pěstované plodině, intenzitě zpracování půdy a kvalitě půdy (JURČOVÁ a BIELEK, 1997). Pro vyjadřování množství organické hmoty se často používají stanovené hodnoty s definovaným obsahem uhlíku a dusíku (LEITHOLD et al., 1997) nebo tuny obnovitelných organických látek (ECKERT et al., 2000). V ČR je to nejčastěji sušina organických látek nebo množství oxidovatelného uhlíku.

KUBÁT a KLÍR (2000) navrhli optimální hladinu půdní organické hmoty pro základní typy a druhy půd v České republice. V Německu byl vytvořen podobný návrh pro jednotlivé specifické stanovištní podmínky (KÖRSCHENS et al. 1997).

Organická hmota v ekologickém zemědělství

Podle PIEMENTALA et al. (2005) se obsah půdní organické hmoty (půdního uhlíku a dusíku) v ekologickém systému za období 22 let významně zvýšil, což má pozitivní vliv na vsakování srážkové vody do půdy a půdní zásobu vláhy. STOLZE et al. (2000) uvádějí, že ekologické plochy většinou vykazují nižší pokles, nebo výraznější nárůst obsahu organického uhlíku v půdě. Především se to podle nich projevuje u půd, které měly před přechodem na ekologický systém nízký obsah organické hmoty. STOLZE et al. (2000) upozorňují na to, že zvýšená kultivace půdy, prováděná v ekologickém systému jako mechanické opatření ochrany proti

plevelům, může mít za následek dočasnou zvýšenou mineralizaci organické hmoty v půdě.

Bilance živin a organické hmoty jsou vzájemně provázány a u každého podniku dochází k jiné situaci. Tato skutečnost je velmi důležitá pro péči o půdní úrodnost a celkovou udržitelnost systému (WATSON et al., 2002).

2.7 Bilance živin

Pro optimální nastavení systému z hlediska živinového nám slouží jejich bilance, kterou můžeme označit jako poměr mezi zdroji a spotřebou živin. Její hodnocení patří v zemědělství k jedné ze základních rozvah při navrhování agrosystémů. V případě dlouhodobě kladné bilance (přebytku) dochází k finanční ujmě, k výrazným změnám půdního prostředí (to je možno pozorovat např. v případech zvýšeného obsahu draslíku nebo sodíku v půdě vedoucího ke změnám půdní struktury) a k negativnímu ovlivnění životního prostředí, zejména vodních zdrojů. V případě dlouhodobě záporné bilance (nedostatku) je půda o živiny ochuzována a může docházet k jejímu okyselení, destrukci sorpčního komplexu, a tím k nevratným změnám v úrodnosti (ŠARAPATKA et al.,2010).

Bilanci živin na poli ovlivňuje člověk sklizní, hnojením a zpracováním půdy. V zemědělsky využívaných půdách jsou vedle zbytků pocházející z pěstovaných plodin významným zdrojem živin organická hnojiva a v konvenčních systémech hospodaření i hnojiva minerální. Do půdy se rovněž dostávají živiny z atmosférických srážek a živiny uvolněné při zvětrávání hornin a minerálů. V bilanci je nutné čítat se ztrátami způsobenými vyplavováním živin z půdního profilu, erozí a denitrifikací.

Pokud je bilance živin kladná a byly vyzkoušeny možnosti zvýšení výnosů pomocí jiných odrůd a agrotechnických postupů, je nutno omezit vstupy, neboť ostatní agroekologické podmínky (klíma, vodní režim, půdní druh) nedovolují, aby byly živiny odčerpávány zvýšenými výnosy.

Pokud je bilance živin záporná, je možné postupovat dvojí cestou, buď zvýšit dodávku živin nebo dlouhodobě přejít na výnosově nižší hladiny a snížit odčerpávání živin. Bilanci živin pak můžeme upravit v obou směrech změnou osevního postupu (ŠARAPATKA et al.,2010).

Stanovení jednotlivých toků bilancí živin v půdě (tj. vstupů a výstupů) vyžaduje rozdílné přístupy. Hodnoty vstupů závisí významně na míře rozborů a dostupnosti dat. Snadno stanovitelná jsou například data výnosu plodin, obsahu živin ve sklizených produktech, ale méně dostupné jsou výsledky např. vyplavování živin, spady, fixace dusíku apod. (BALÍK et al., 2012).

2.8 Typy bilancí

Bilancování živin a sledování jejich účinnosti je vhodným prostředkem pro rychlou diagnostiku situace v hospodaření se živinami na různých úrovních agroekosystému. I když zjištěné hodnoty nemohou dát odpověď na otázky o využití živin ani o povaze probíhajících procesů, jsou solidním základem pro další sledování, doporučení změn technologie, výzkumná řešení či politická rozhodnutí.

Při zjišťování bilančních odhadů se používají dva hlavní typy bilancí:

faremní bilance („farm balance“, „farm gate balance“),

povrchová bilance („field balance“, „soil surface balance“).

Faremní bilance

V případě výpočtu faremní bilance je hodnocenou jednotkou farma, zemědělský podnik, příp. ve větším měřítku region, stát apod. Započítány jsou všechny toky živin vstupující do farmy a vystupující z farmy. Výhodou této bilance je, že se nemusí sledovat jednotlivé dílčí toky živin uvnitř farmy (stáj – pole, stáj – atmosféra, pole – stáj atd.)

Povrchová bilance

Sledují a kvantifikují se toky živin do a ze systému půda – rostlina. Hranice sledovaného systému mohou být vymezeny na různých úrovních – pole, výměra zemědělské půdy podniku, regionu nebo státu. Z časového hlediska se nejčastěji využívá období jednoho roku (kalendářního či hospodářského), příp. délka jedné rotace osevního postupu. Vstupy se počítají na povrchu půdy (porostu) a představují hnojiva, spady a fixaci dusíku. Výstupy jsou pak živiny ve sklizených produktech a ztráty (volatilizace čpavku, denitrifikace, vyplavení, povrchový odtok a eroze) (ČERMÁK et al., 2007).

2.9 Základní živiny

Rostlinné živiny jsou chemické látky potřebné pro normální životní pochody rostlin. Jejich funkce nemůže být nahrazena jinou chemickou látkou. Zelené rostliny mohou přijmout z prostředí více než 50 chemických prvků (minerálních látek). Pouze však asi 16 z nich jsou rostlinné živiny.

http://www.agrokrom.cz/texty/metodiky/radce_hospodare/radce_vyziva_rostlin_a_hnojeni.pdf

(staženo dne 13.3.2013)

2.9.1 Dusík

Dusík je pro rostliny významnou makroživinou. Je součástí aminokyselin tvořících bílkoviny a enzymy, které kontrolují biologické procesy v rostlinách. Nedostatek dusíku se projevuje zpomalením růstu rostlin a redukcí větvení. V závislosti na stupni nedostatku tohoto prvku se mění barva nejstarších listů (světle zelená až žlutá) až po odumírání listů. Na druhé straně nadbytek dusíku vede k bujnému růstu, temně zelené barvě a náchylnosti k poléhání (např. u obilovin) (ŠARAPATKA et al.,2010).

Celkový obsah dusíku v ornici dosahuje průměrných hodnot 0,1 – 0,2 %, může však kolísat ve značném rozmezí 0,03 – 0,5 %, především v závislosti na stanovišti, genetickém vzniku půdy a s ohledem na dlouhodobý průběh hospodaření. Lze vypočítat, že v orniční vrstvě je asi 3000 – 9000 kg N/ha. (BALÍK et al. 2012), ale pouze nepatrná část (1-2%) je podle ŠARAPATKY et al.(2010) v minerální formě, která je bezprostředně přijatelná pro rostliny. Podstatná část, 98 až 99 %, je ve formě organické, pro rostliny nepřijatelná.

Dynamika obsahu minerálního dusíku v půdě se během roku obtížně stanovuje. Využitelnost dusíku rostlinami je úzce spojená s povětrnostními podmínkami (vliv ročníku) a s mikrobiální aktivitou půdy, a proto je obtížné kvantifikovat některé vstupy a výstupy dusíku do systému (půdy). Vyplavování, povrchový odtok se pohybuje mezi 50–85 kg N.ha⁻¹ za rok, denitrifikace, volatilizace 25 – 50 kg N.ha⁻¹ za rok.

http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/ke_stazeni/ahzpl/Prednaska_bil-zivin_Kren-Drysova.pdf

(Staženo dne 13.3.2013)

Podle ŠARAPATKY (2010) mohou ztráty denitrifikací dosahovat hodnot až 30-60kg.ha⁻¹ za rok, a to zejména na zamokřených lokalitách a ztráty vyplavováním do povrchových nebo podzemních vod v množství do cca 60 kg.ha⁻¹ v závislosti na řadě faktorů, včetně pěstované plodiny.

Pro výživu rostlin je rozhodující dusík, který je ze stabilních dusíkatých, především organických sloučenin v půdě uvolňován mineralizací. Během mineralizačních procesů tak vznikají formy dusíkatých látek, které jsou snadno detekovatelné moderními analytickými postupy, a jejich stanovení bývá poměrně jednoduché. Obecně jsou označovány, jako tzv. lehce mineralizovatelné formy N. Změny v obsahu mineralizovatelného N jsou mnohem více ovlivněné zemědělskou činností než obsahy celkového dusíku. Z podílu celkového dusíku v půdě tvoří sice malý podíl, ale výrazně se podílejí na výživě rostlin a také přeměnách mikrobiální biomasy (BALÍK et al., 2012).

Nejvíce minerálního dusíku se do půdy dostává tzv. biologickou fixací. Na poli s jetelem se může množství fixovaného dusíku pohybovat mezi 100-300 kg na hektar za rok. Existují i volně žijící fixátoři dusíku (nesymbiotické bakterie), ti však fixují dusíku podstatně méně (5-10 kg dusíku na hektar za rok).

Množství dusíku odčerpaného zemědělskými plodinami se pohybuje v rozmezí 80-200 kg.ha⁻¹ za rok.

V dnešní době je dusík v agrocenózách dodáván do půdy z velké části formou minerálních hnojiv. Při plánování jejich dávek je nutné vycházet z faktu, že nelze vytvářet zásobu přijatelných forem dusíku pro rostliny(ŠARAPATKA et al., 2010).

Souhrnně vyjadřuje zdroje a ztráty N tabulka č.2.

Tab.č. 2 Příjem a výdej dusíku v agrosystému (zdroje a ztráty)

Příjem	Minimum v kg.ha ⁻¹ za rok	Maximum v kg.ha ⁻¹ za rok	Výdej	Minimum v kg.ha ⁻¹ za rok	Maximum v kg.ha ⁻¹ za rok
fixace vzdušného N	25	100	vyplavení	10	60
atmosférický spad	35	50	odběr sklizní	80	200
posklizňové zbytky	30	60	volatilizace, denitrifikace,eroze	30	80
organická hnojiva	20	120			
příjem celkem	110	330	výdaje celkem	120	240

Bilance dusíku v ekologickém zemědělství

Bilanci dusíku na ekologických farmách hodnotili BERRY et al. (2003) a uvádějí, že většina farem vykazuje kladný výsledek (-19 až $64 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) s tím, že záleží na používaných osevních postupech. Dále uvádějí nejvyšší riziko ztrát N u farem s intenzivní živočišnou produkcí a hnojením pozemků hnojem.

STEHNO (1998) uvádí, že v ekologické produkci není problémem nedostatek dusíku, ale jeho využití v období, kdy je ho v půdě nejvíce (po zaorání jetelovin). Výsledkem mohou být ztráty dusíku a ohrožení podzemní vody nitráty. Jako řešení navrhuje několik opatření: (a) posunout zapravení organické hmoty jetelovin na co nejpozdější termín (nižší teploty a mírnější mineralizace) s následným výsevem ozimu, který snáší pozdní výsev, nebo (b) po takto pozdě zapravené jetelovině zařadit jařinu, nebo (c) po zapravení jeteloviny na pozemku zasít rychle rostoucí meziplodinu s vysokým odběrem N.

2.9.2 Fosfor

Fosfor je nezbytnou složkou organických sloučenin, ale i proteinů. P vytváří klíčovou energetickou látku všech živých organismů, a to adenosintrifosfát. Ten zodpovídá za všechny důležité energetické procesy v buňkách, za výstavbu genetické informace, řízení biochemických procesů, příjem živin a jejich transport v rostlinách, ale i za zabudování fosforu do biomolekul. Fosfor je základní složkou nukleových kyselin. Pozitivně ovlivňuje tvorbu květů a plodů. Symptomy nedostatku fosforu bývají za normálních podmínek mnohdy nenápadné, neboť dochází často pouze ke zpomalení růstu. Nedostatek tohoto prvku se může projevovat červeným či fialovým zbarvením stonků, řapíků a báze listů. Nedostatek fosforu má negativní vliv na příjem dusíku rostlinami (ŠARAPATKA et al., 2010).

Bilance fosforu může být od velmi mírně kladné ($+3 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ za rok) v minimálním rozmezí uvažovaných hodnot až po zápornou ($-19 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ za rok) v maximálním rozmezí uvažovaných hodnot.

Obsah fosforu v půdách kolísá od $0,03$ - $0,013\%$. Většina z tohoto množství je však díky pevným vazbám pro rostliny nepřístupná. Vázán může být organicky i minerálně. Organicky vázaný fosfor se pro rostliny stává přijatelným až po

mineralizaci. Přírodním zdrojem fosforu je minerál apatit (ŠARAPATKA et al., 2010).

Skutečnou nevýhodou je pozvolné uvolňování živin, jež je dobře známé u dusíku, ale už méně známé u fosforu, jak uvádí RYANT a ŠKARPA (2005), při dávce hnoje 40 t/ha se při obsahu fosforu 0,14 % dostává do půdy asi 56 kg fosforu. Z toho se první rok uvolní asi 25 %, tj. 14 kg, druhý rok 15 %, tj. 8,4 kg a třetí rok 5 %, tj. 2,8 kg fosfor.

K uvolňování fosforu do přístupných forem významně přispívá působení kořenových exsudátů a působení mikroorganismů. Intenzita příjmu P je závislá na obsahu kyslíku v živném prostředí, světle, teplotě (opt.při 20°C) .(ŠARAPATKA et al., 2010)

Tab.č. 3 Příjem a výdej fosforu v agrosystému (zdroje a ztráty)

Příjem	Minimum v kg.ha⁻¹ za rok	Maximum v kg.ha⁻¹ za rok	Výdej	Minimum v kg.ha⁻¹ za rok	Maximum v kg.ha⁻¹ za rok
zvětrávání hornin	2	4	vyplavení	2	5
atmosférický spád	3	7	odběr sklízni	20	70
posklizňové zbytky	10	20			
organická hnojiva	10	25			
příjem celkem	25	56	výdaje celkem	22	75

Problematika bilance fosforu

Tam, kde není na farmách vazba živočišné výroby na rostlinnou produkci a statková hnojiva se používají pouze v malé míře, je při omezeném hnojení fosforečnými minerálními hnojivy výrazně snížen obsah přístupného P v půdě. To má vliv na metabolické procesy v rostlině a důsledkem toho je omezené využití dusíku a dalších biogenních prvků. Je tedy vidět, že výživa zemědělských plodin je bilančně nevyrovnaná a probíhá na úkor starých zásob v půdě (HLUŠEK a RICHTER, 2006).

2.9.3 Draslík

Draslík patří mezi makrobiogenní prvky a jeho optimální obsah v půdě je jedním ze základních předpokladů pro udržení dobré půdní úrodnosti a tím i zabezpečení optimálních podmínek pro růst a vývoj rostlin. Patří tak mezi nejdůležitější živiny ovlivňující kvantitativní a kvalitativní parametry výnosu hospodářských plodin.

Nedostatek tohoto prvku se může projevit u rostlin změnou jejich habitu, změnami na listech (úzké čepele, nekrózy konce listů s mezi žilnatinou). Deficit draslíkem není reverzibilní, jako je tomu třeba u dusíku a fosforu. Při nedostatku dochází k nevratnému poškození rostlin. Přehnojení draslíkem se projevuje zpomaleným růstem a nižšími výnosy (ŠARAPATKA et al., 2010).

V půdě se obsah celkového draslíku nachází v poměrně širokém rozpětí od 0,1 do 4%, přičemž nejčastější obsah draslíku je 0,8 – 3,2% (FECENKO a LOŽEK, 2000).

ŠARAPATKA et al., (2010) uvádí, že obsah draslíku v půdě je závislý na půdotvorném substrátu a pohybuje se v rozmezí 0,5-3,3% a z draslíku dodaného do půdy průmyslovými hnojivy je rostlinami využito asi 60%. Dle PRASADA a POWERA (1997) se obsah K v půdní zásobě pohybuje u půd lehkých (písčitých) kolem několika set kilogramů na hektar, u půd těžkých, bohatých na jílové minerály až 50000 kg.ha⁻¹.

Tab.č. 4 Příjem a výdej draslíku a agroekosystému (zdroje a ztráty)

Příjem	Minimum v kg.ha⁻¹ za rok	Maximum v kg.ha⁻¹ za rok	Výdej	Minimum v kg.ha⁻¹ za rok	Maximum v kg.ha⁻¹ za rok
zvětrávání hornin	10	80	vyplavení	20	60
atmosférická spád	5	30	odběr sklizní	40	220
posklizňové zbytky	20	40			
organická hnojiva	25	50			
příjem celkem	60	200	výdaje celkem	60	280

Problematika bilance draslíku

Draslík patří mezi nejdůležitější stavební živiny ve výživě rostlin. Zásoba přijatelného draslíku v půdách klesá a draslík se postupně stává dalším limitujícím prvkem výnosu a kvality produktů. Při současném omezeném hnojení statkovými hnojivými (např. hnůj), případně organickými hnojivými (např. kompost) a minerálními hnojivými dochází k odčerpání draslíku z půdy, které bilančně přesahuje vstupy, to má za následek snižování obsahu přístupného draslíku v půdě (KUNZOVÁ, 2010).

Analýza problematiky živin se nejčastěji zaměřuje na N, mnohem méně pak na P, i když zemědělství může významně přispět k eutrofizaci vodních ekosystémů. Draslík je povětšinou ignorován. Navíc zájem o optimalizaci bilancí P a K je opodstatněn skutečností, že jde o živiny pocházející z omezených, neobnovitelných zdrojů (BASSANINO et al., 2011).

Bilance P a K v ekologickém zemědělství

U ekologických farem se projevuje zvláště negativní bilance draslíku. Výsledky popisují BERRY et al. (2003), (-1 až $34 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ a -52 až $28 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$). V publikaci uvádí, že výsledky se liší podle struktury konkrétní farmy, tj. zda je její součástí také živočišná produkce a tedy jsou-li k dispozici statková hnojiva. Nedostatečný přívod fosforečných a draselných hnojiv je ekologickému hospodaření často vytýkáno a někteří autoři (STEHNO, 1998) poukazují na případy poklesu půdní zásoby přístupného P a K.

Na současnou úroveň zásob fosforu, stejně jako draslíku a ostatních živin s výjimkou dusíku, měla vliv úroveň hnojení v osmdesátých letech minulého století. HLUŠEK et al. (2003) uvádějí, že tehdy činila průměrná dávka fosforu $65,1 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($28,4 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$), draslíku $63,8 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($53,0 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$).

2.9.4 Další makroelementy

Další biogenní prvky mají významnou úlohu ve výživě rostlin a přímo nebo nepřímo vstupují do metabolických procesů v rostlině a ovlivňují výnos a kvalitu pěstovaných plodin. Z tohoto důvodu by hnojení vápníkem, hořčíkem, sírou a

mikrobiogenními prvky mělo být sledováno a neměla by být opomíjená vyrovnaná bilance ani těchto živin (HLUŠEK a RICHTER, 2006).

2.9.4.1 Vápník

Vápník patří mezi biogenní prvky, které jsou nezbytné pro všechny živé organismy. Při nedostatečném zásobení rostlin tímto prvkem dochází v první fázi k poruchám kořenového systému. Typické příznaky se projevují hlavně u mladých částí rostlin. Nedostatek vápníku se projevuje hlavně žlutnutím žilnatin, zatímco pletiva listů zůstávají zelená. Nadbytek vápníku v půdě nebývá většinou problémový, částečně může být narušena rovnováha živin (ŠARAPATKA et al., 2010).

Střední obsah vápníku je odhadován na 2%, avšak jeho kolísání může být značné. Ve srovnání s jinými pro výživu rostlin důležitými kationty, je celkový obsah vápníku v půdách většinou vyšší. Vápník se v půdě vyskytuje v různých sloučeninách.

Působení vápníku v půdě je mnohostranné a proto značně složité. Vápník zejména v souvislosti s úpravou půdní reakce, příznivě ovlivňuje biologickou činnost půdy, snižuje výskyt některých chorob atd.

http://www.agrokrom.cz/texty/HNOJENI/skripta_Richter/VR_vlastnosti_pudy_vapnik.pdf (staženo dne 15.1.2013)

2.9.4.2 Hořčík

Výživa rostlin hořčíkem je často přehlížena, avšak jeho nedostatek nepříznivě působí na růst rostlin. Mnoho základních funkcí rostlin vyžaduje optimální výživu hořčíkem, ale nelze zapomínat na půdní vlastnosti a faktory, které jeho příjem ovlivňují. Jeho význam je spojován především se stavbou chlorofylu, kde tvoří centrální atom jeho struktury. Často jsou však opomíjeny další významné funkce hořčíku.

Navzdory dobře známé úloze Mg v mnoha rozhodujících funkcích v rostlinách je překvapivě poměrně málo publikovaných výsledků výzkumu o vlivu na rostlinnou produkci (výnos a kvalitu). Z tohoto důvodu je Mg označován jako opomíjená živina. Je však zřejmé, že deficit Mg je stále významněji limitujícím faktorem v intenzivních produkčních systémech, především na půdách hnojených pouze N, P, K. Vyčerpávání Mg z půd je znepokojující zvláště u vysokoprodukčního

zemědělství. V podmínkách ČR je to pak dále problém nedostatku organických, zvláště stájevých hnojiv a jednostranné hnojení N.

http://www.agroweb.cz/Horcik-casto-opomijeny-prvek-vyzive_s1686x60667.html

(staženo dne 15.1.2013)

2.9.4.3 Sodík

Dle RICHTERA a HLUŠKA (1994) je obsah sodíku v půdě nižší než obsah draslíku. Pro malou sorpci se sodík snadno z půdy vyplavuje a do půdy se dostává převážně průmyslovými hnojivy a závlahovou vodou.

Rizikovým faktorem je hromadění sodíku v půdě, které se nazývá sodifikace. Hromadění solí (zvláště solí sodíku) je jednou z hlavních fyziologických hrozeb pro ekosystémy. Sůl narušuje vývoj rostliny tím, že omezuje příjem živin a snižuje kvalitu vody, která je pro rostlinu k dispozici. Ovlivňuje také metabolismus půdních organismů, což vede k dramatickému snížení úrodnosti půdy. Nadměrné množství sodíku ničí strukturu půdy, která v důsledku nedostatku kyslíku ztrácí schopnost podporovat růst rostlin i život živočichů.

Zasolením se také zvyšuje nepropustnost hlubokých vrstev půdy, takže danou půdu nelze využívat k pěstování plodin.

<http://agrilife.jrc.ec.europa.eu/documents/CZFactSheet-04.pdf> (staženo dne 5.2.2013)

2.9.4.4 Síra

Příznaky nedostatku síry jsou obdobné jako při deficitu dusíku. Na rozdíl od dusíku se objevují na mladších listech. Poškození zemědělských plodin vlivem přebytku síry nebylo u nás pozorováno. Klíčové je ale okyselení půdy. Z těchto důvodů se nedoporučuje pěstovat v oblastech znečištěných SO₂ citlivé rostliny, mezi něž patří vojtěška, jetel, řepa a brambory. Naopak velmi pozitivně reagují na přítomnost síry brukvovité (ŠARAPATKA et al., 2010).

Celkový obsah síry v půdách kolísá ve značném rozmezí, většinou od 0,01 do 0,5 % (FECENKO a LOŽEK 2000). Písčité půdy však mohou obsahovat i méně než 0,01%, zatímco organické půdy i nad 0,5 % (ZELENÝ a ZELENÁ, 1996).

2.10 Mikroelementy

Z nezbytných prvků pro růst rostlin je jich 9 nazýváno jako mikroelementy. Jedná se o železo, mangan, zinek, měď, bór, molybden, nikl, kobalt a chlór (ŠARAPATKA et al., 2010).

Mezi mikroelementy patří ty prvky, které z hlediska kvantitativního vztahu tvoří nepatrný podíl ve složení půd, přičemž jsou velmi významné z pohledu výživy pěstovaných plodin. Je známo, že chování mikroelementů v půdách je odlišné jak v porovnání jednotlivých prvků, tak i z hlediska jednoho prvku v různých půdách.

V současných podmínkách jsme častěji svědky onemocnění rostlin z nedostatku mikroelementů. Dochází k němu zejména v půdách s intenzivním pěstováním zemědělských a zahradních plodin, kde se jich exportuje více, a tím se snižuje jejich zásoba. Současně je třeba říci, že vzhledem ke snížené produkci organických hnojiv se málo mikroelementů do půdy vrací v rámci koloběhu živin na farmě nebo zemědělském podniku a také průmyslová hnojiva (vysoce koncentrovaná) neobsahují dnes tyto prvky jako doprovodné složky.

S možným nedostatkem mikroelementů je třeba počítat na lehkých písčitéch půdách, v rašelinových půdách a v alkalických a kyselých půdách.

http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_mikroelementy.htm (staženo dne 15.1.2013)

2.11 Další živiny započítávané do bilance živin

Do bilance živin je podle ŠARAPATKY et al.,(2010) nezbytné započítat také živiny uvolněné zvětráváním hornin a minerálů. Dále uvádí, že čím je půda více provzdušněná v důsledku zpracování, pěstované plodiny nebo i vlivu ročníku, tím je intenzita zvětrávání větší.

Další nezbytnou součástí bilance uvádí živiny uvolněné rozložením posklizňových zbytků po pěstovaných plodinách, jejichž množství je přirozeně závislé na výši výnosu v jednotlivých letech. Stanovení je problematickou záležitostí a literární podklady se liší. Není také přesně známa intenzita mineralizace a většinou se uvažuje s živinami uvolněnými po rozkladu všech zbytků. Pro výpočet

dlouhodobých bilancí jsou však předkládané hodnoty v tabulce č. 5 dostatečně přesné.

Kladné položky – příjem živin

Tab.č. 5 Uvolněné živiny z posklizňových zbytků (v Kg.ha⁻¹)

(Čvančara 1962, upraveno)

	N	P	K	Ca
obilniny	30-40	10	20	60
luskoviny	70	10	10-15	60
jeteloviny	150	20	40	100-150

Živiny jsou do půdy dodávány také v organických hnojivech jejich množství udává tabulka č. 6.

Tab.č. 6 Živiny dodané v organických hnojivech (kg živin na tunu hnojiva).

Hnojivo	N	P	K
hnůj zralý	5,0	1,3	5,0
kompost	7,4	1,9	9,0

Záporné položky- odčerpávání živin

Odběr živin sklizní. Výsledky uvedené v tabulce 7 jsou převzaty z práce Neuberg J. (1990)

Tab.č.7 Odběr živin sklizní jednotlivých plodin (v kg.t⁻¹ hlavního produktu)

	N	P	K
obiloviny	25	5	20
luskoviny	60	8	35
jeteloviny	25	3	13

Další významnou položkou ztrát je vyplavování živin. Výsledky pro střední Evropu nastiňuje tabulka 8.

Tab.č. 8 Vyplavování živin z půdy (v kg.ha⁻¹)
(MÜLER, 1980)

Druh půdy	N	P	K	Ca	Mg
lehká	15-25	0-5	7-17	110-300	17-43
střední	9-14	0-5	3-8	21-176	9-16
těžká	5-14	0-5	3-8	72-341	10-54

Faktory ovlivňující bilanci živin

Strukturální skladba plodin a osevní postup jsou nejvýznamnějším faktorem, ovlivňující množství živin do systému vstupujících a i z něj vystupujících. Do vstupů živin patří zastoupení leguminóz a úroveň fixace vzdušného dusíku. Dále zastoupení plodin hnojených statkovými hnojivy. Při podrobnější kalkulaci také zastoupení plodin s prováděnou kultivací během vegetace, při níž dochází mineralizací k uvolnění živin.

Do výstupů živin patří požadavky jednotlivých plodin na příjem živin. Směr užití produkce plodin a vztah k opětnému návratu živin do půdy v podobě zeleného hnojení, posklizňových zbytků, vedlejšího produktu, atd. (ŠARAPATKA et al., 2010)

ŠARAPATKA a POKORNÝ (2007) považují bilance živin za vhodný nástroj pro zlepšování dlouhodobé udržitelnosti ekologického hospodaření.

2.12 Návrhy pro optimalizaci zemědělského hospodaření

Základním krokem při navrhování optimalizace zemědělského podniku by mělo být vytvoření SWOT analýzy, s jejíž pomocí je možné identifikovat faktory vnitřního původu, do kterých patří silné a slabé stránky podniku a vnějšího původu, kam se řadí příležitosti a hrozby. Strategiemi této metody je použití silných stránek pro zamezení hrozeb, odstranění slabin pro vznik nových příležitostí, vývoj nových metod, které jsou vhodné pro rozvoj silných stránek a vývoj takových strategií, díky nimž je možné omezit hrozby, ohrožující slabé stránky.

2.12.1 Optimalizace hospodaření

Postup při optimalizaci hospodaření farmy:

1. Stanovení hierarchie cílů
2. Výběr parametrů a provedení hodnocení a identifikace slabých míst hospodaření
3. Výběr metod ovlivňujících posuzované parametry
4. Vytvoření návrhu optimalizačních opatření a jeho ověření
5. Aplikace a ověření opatření v praxi

Cíle, indikátory a metody jejich ovlivnění shrnuje tab.č.9

Tab. č. 9 Optimalizace hospodaření

Cíle	Indikátory	Metody ovlivnění
Prostředí půdy	- bilance živin	- multifunkční osevní postup - integrovaná výživa rostlin
	-bilance dusíku	- multifunkční osevní postup, - integrovaná výživa rostlin, - postupy zpracování půdy
	- dostupné rezervy P, K v půdě	- multifunkční osevní postup, - integrovaná výživa rostlin
	- bilance organické hmoty	- multifunkční osevní postup, - integrovaná výživa rostlin
	- diverzita plodin	- multifunkční osevní postup, - optimalizace struktury farmy
Prostředí-voda	- bilance dusíku	- multifunkční osevní postup, - integrovaná výživa rostlin, - postupy zpracování půdy
Produkce potravin	- výrobnost systému	- multifunkční osevní postup, - integrovaná výživa rostlin,
Krajina	- ekologická infrastruktura	- zabezpečení ekologické infrastruktury
	- velikost pozemků	- optimalizace struktury farmy
	- diverzita plodin	- multifunkční osevní postup, - optimalizace struktury farmy
Příjmy/zisk	- příspěvek na úhradu	- multifunkční osevní postup, - optimalizace struktury farmy
	- ostatní výnosy	- optimalizace struktury farmy, - diverzifikace činností
	-účinnost energie	- výživa rostlin, - postupy zpracování půdy
	-diverzita plodin	- multifunkční osevní postup, - optimalizace struktury farmy
Zaměstnanost	-zaměstnanost	- optimalizace struktury farmy, - diverzifikace činností

[http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/ke_stazeni/sysrv/Optimalizace\(web\).pdf](http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/ke_stazeni/sysrv/Optimalizace(web).pdf) (Staženo dne

13.3.2013

2.12.2 Plánování osevních postupů

Základem je návrh osevního postupu s maximem pozitivních a minimem negativních interakcí mezi plodinami. Tyto interakce do vysoké míry ovlivňují fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy a následně kvalitu pěstovaných plodin.

Naplánovaný osevní postup má být vyvážený, mnohostranný, má zabezpečit půdní úrodnost, dostatek vlastních krmiv pro hospodářská zvířata, potřebu vlastních osiv, regulaci škodlivých činitelů, dobrý zdravotní stav pěstovaných plodin, redukcii

eroze a ztrát půdy a redukci vyplavování živin z půdy (LACKO-BARTOŠOVÁ, 2005).

Pomocí osevních postupů mohou být podle PIMENTALA et al. (2005) efektivně omezovány nemoci a škůdci.

Zařazení víceletých jetelotravních směsek do osevního postupu podle ŠARAPATKY et al. (2006) významně přispívá ke zlepšení úrodnosti půdy (obsah humusu, živin, zlepšení struktury).

Dále ŠARAPATKA et al. (2006) doporučuje co nejširší uplatnění meziplodin (podsevových strniskových, ozimých) z důvodu snížení neproduktivního výparu, eroze, vyplavení živin i z hlediska fyto-sanitárního efektu.

Dle LACKO–BARTOŠOVÉ (2005) meziplodiny v ekologickém zemědělství slouží k lepšímu využití vegetačního období, jsou doplňkovými krmivy, poutají vzdušný dusík, přispívají k imobilizaci živin a jejich lepšímu využití následnými plodinami, zabraňují vyplavování živin a vrchní vrstvy půdy, pokrývají půdu v meziobdobí čímž snižují výpar, vodní a větrnou erozi, zlepšují strukturu půdy, zvyšují diverzitu, podporují aktivitu predátorů, regulují choroby a škůdce, vytvářejí předpoklady pro vyšší činnost půdních mikroorganismů a stabilizaci úrodnosti půdy.

ŠARAPATKA et al.(2006) navrhuje:

- Dodržovat zásady střídání plodin (širokolisté-úzkolisté, hluboce-mělce kořenicí, ozimé-jarní, pozdní- rané) v rámci osevního postupu i použitých meziplodin.
- Častější sklizeň jetelotráv na orné půdě omezující rozvoj plevelů. Šetrné zpracování půdy pro zlepšení její struktury a oživenosti.
- Pečlivé ošetření statkových hnojiv a co nejvyšší omezení ztrát při jejich aplikaci (sledování bilance živin).
- Častější a cílené použití menších dávek organických hnojiv , vhodně doplněných povolenými minerálními hnojivy.
- Volbu vhodných druhů a odrůd polních plodin v závislosti na půdních i klimatických podmínkách stanoviště, převládajících plevelích i dalších škodlivých činitelích, jakož i vzhledem k zaměření podniku.
- Použití co nejširší škály (především preventivních) opatření pro regulaci škodlivých činitelů a podpora jejich přirozených nepřátel.

- Časté a důkladné sledování porostů. Provádění zásahů včas a ve vhodnou dobu v relaci ke stavu půdy a porostu.
- Zvýšenou pozornost při sklizni a pečlivé posklizňové ošetření (čištění, třídění produkce a její uložení).

PIEMANTAL et al. (2005) uvádí, že některé prvky a technologie (meziplodiny, širší osevní postupy, péče o půdní organickou hmotu, podpora přirozené diverzity) lze bezesporu dobře využít také v konvenční polní produkci s jednoznačným kladným efektem na udržitelnost (zejména z pohledu vlivu na prostředí a péči o půdní úrodnost).

V zájmu péče o půdní úrodnost a dlouhodobou udržitelnost systému je naprosto nezbytné propojení všech prvků systému farmy (osevní postup, hnojení, atd.)

V ekologickém zemědělství by měl být kladen důraz na dlouhodobý integrovaný přístup více, než na krátkodobá cílená opatření uplatňovaná v konvenčním zemědělství (WATSON et al. 2002).

Souhrn doporučení

Vzhledem k rozdílnosti jednotlivých farem není možné navrhnout univerzální opatření. Jisté zobecnění ale možné je:

- Na konvenčních farmách věnovat pozornost také výživě P a zejména K a efektivně a uvážlivě využívat meziplodiny na jednu stranu jako zeleného hnojení, na druhou stranu jako prostředku pro imobilizaci případného přebytečného půdního N.
- Na ekologických farmách používat statková hnojiva v menších dávkách, koordinovat jejich aplikaci s bobovitými plodinami a meziplodinami, zařazovat meziplodiny a v případě potřeby korekce bilance dusíku a organické hmoty sklízet jejich biomasu a využít možnosti doplnit výživu rostlin fosforem a draslíkem povolenými minerálními hnojivy.
- Komplexní sledování a vyhodnocování agrosystémů je nezbytné pro zajištění setrvalosti hospodaření. Mělo by zahrnovat jak úroveň farmy jako celku, tak i analýzu na úrovni jednotlivých pozemků (VALTÝNIOVÁ 2011).

3 Cíle práce

Cílem práce je vypracování obecného přehledu metod hodnocení udržitelnosti hospodaření zemědělského podniku a určení možností její optimalizace. Tato práce je zaměřena především na optimalizaci hospodaření se živinami a živinovou bilancí.

Dílčími cíli jsou:

1. Vyhledání literárních zdrojů k metodám optimalizace hospodaření zemědělského podniku.
2. Popis vybrané verze modelu FARM, jeho funkcí, zpracovávaných proměnných, vstupních dat a výstupů a zhodnocení dostupnosti vstupních dat.
3. Shrnutí nejvýznamnějších zjištění vyplývajících z rozboru modelu, posouzení jeho využitelnosti pro podmínky ČR.

4 Materiál a metody

Základním materiálem pro zpracování bakalářské práce je manuál matematicko statistického modelu FARM. Ten je používán k optimalizaci hospodaření a bilancím látkově energetických toků v rámci farmy. Model je vyvíjen na Wageningen University - Biological Farming Systems Group (WUR-BFSG) primárně pro Holandsko, jeho využití by však mělo být možné i v podmínkách České Republiky. Práce vychází jak z literárních zdrojů, tak z rozboru vlastního modelu, který je pro ní z WUR-BFSG poskytnut.

Hlavní metodou práce je vyhledání literárních zdrojů na téma optimalizace zemědělského hospodaření pomocí matematicko-statistických modelů se zaměřením na bilancování živin.

Vlastní práce s manuálem modelu FARM spočívá ve studiu dokumentace modelu, popisu modelu, jeho funkcí, zpracovávaných proměnných, vstupních dat a výstupů, zhodnocení dostupnosti vstupních dat a posouzení jeho využitelnosti pro podmínky ČR.

5 Vlastní práce

5.1 Rozbor modelu FARM

FARM je statistický model pro zpracování základních dat o farmě. Tato základní data popisují plodiny (výměru, výnos a cílové místo (distribuce), hospodářská zvířata (druhy, počet, hmotnost, přírůstek, produkci a aktivitu), krmné dávky, hnojení, práci, vybavení a budovy. Farm vypočítává toky dusíku, fosforu, draslíku do, skrze a z farmy, krmnou bilanci (na základě celkového množství stravitelných živin (TDN) a hrubých bílkovin (CP), množství a složení hnojení, rozložení práce a ekonomiku.

Výnosy krmných plodin jsou vyjádřeny jako čisté výnosy, tzn. množství, které je přímo zkrmeno. Ztráty sešlapáním, konzervací apod. nejsou zohledňovány. Hrubé výnosy jsou zhruba o 20% vyšší. Výnosy krmných plodin jsou většinou uváděny v kg sušiny na hektar a množství koncentrovaných látek ve fytomase.

Výpočty krmivové bilance se uvádí v kg sušiny, což může být matoucí.

Konzervované krmivo je většinou analyzováno pro zjištění jeho krmné kvality a jeho celková potřeba je hrubě odhadována empiricky. Tento odhad může být pak zkontrolován podle vypočtené bilance krmiv. Na základě obsahu močoviny v mléce a produkci mléka a počtu krav může být dokonce vypočten obsah dusíku v jetelotrávě (jetelovinách).

Výpočetní procesy

Bilance krmiv

Energie - Potřeba energie je vyjadřována v TDN (celkové množství stravitelných živin/zvíře/den).

$TDN_{reg} = E_m * hmotnost^{0,75} * aktivita + E_l * (0,4 + 0,15 * \%tuk) * mléko (mléčná\ produkce) + E_g * přírůstek$

Kde:

E_m = potřeba energie na udržení 1kg metabolické hmotnosti, pohybuje se v rozmezí od 28 do 37g

E_l = potřeba energie na udržení produkce 1kg mléka s obsahem tuku 4% a 3,3 % bílkovin

E_g = potřeba na udržení 1kg přírůstku, který se pohybuje mezi 1400-4000g TDN, (vysoká u starších zvířat)

TDN je vysoká u mladých zvířat a u vysokoprodukčních chovů v náročném prostředí.

Bílkoviny

Potřeba bílkovin (gCP/zvíře/den) vyjádřena v CP (hrubé bílkoviny)

$$CP_{\text{preg}} = P_m \cdot \text{hmotnost}^{0,75} + P_l \cdot \text{mléko} + P_g \cdot \text{přírůstek} + P_d \cdot \text{hmotnost}/100$$

Kde:

P_m = potřeba energie na udržení 1kg metabolické hmotnosti

P_l = potřeba energie na udržení produkce 1kg mléka

P_g = potřeba na udržení 1kg přírůstku, pohybuje se mezi 340-540 g CP, (vysoká u starších zvířat)

P_d = potřeba energie v tahu, g CP/100kg živé hmotnosti)

Výpočet produkce hnojení a složení hnojiv

Při výpočtu produkce hnojení (mrvy) jsou rozlišovány dvě období: období pastvy a období ustájení ve stáji. Část exkrementů vyprodukovaných v průběhu období je vyloučeno ve stáji:

- 15% z celkové produkce v období pastvy, pokud jsou krávy dojeny ve stáji
- 60% pokud jsou ustájeny přes noc

Složení mrvy v období pastvy je závislé na příjmu z pastvy a ze stáje. Obsah P je vypočítán odečtem jeho množství v mléce a mase z jeho celkového množství v krmivu, hodnoty se pohybují kolem 2g P na 1kg mléka a 17g P na 1kg přírůstku. V tekutých výkalech se P nevyskytuje. Téměř většina K z krmiva je opětovně vyloučena, přibližně 90% K je z moči. Z celkového přísunu krmiva a slámy je

vypočítáván celkový obsah N, popelovin (kg) a stravitelné sušiny (TDN) a obsah dusíku v mléce a mase je pak následně odečítán.

V průběhu uskladnění ve stáji i na hnojišti dochází ke ztátám dusíku uvolňování, denitrifikací a průsakem (ztráty N%).

Sušina (DM) v mrvě = DM dodaná – TDN + DM ve slámě

Obsah dusíku ve výkalech je vypočítáván podle jednoduchého vztahu:

$N \text{ ve výkalech} = 0,1 * \text{příjem N} + 0,005 * \text{příjem DM}$

$N \text{ v moči} = \text{příjem N} - N \text{ mléce} - N \text{ v přírůstku}$

Kde:

$N \text{ v mléce} = \text{kg mléka} * \text{obsah bílkovin} / 6,25$

$N \text{ v přírůstku} = \text{kg přírůstku} * 0,029$

Produkce chlévské mrvy

U vazného ustájení na hluboké podestýlce a někdy i v boxech je celkové množství mrvy rozdělováno do dvou složek. V současných stájích na hluboké podestýlce s uzavřenou nebo betonovou podlahou za krmnou částí je 40% výkalů vyloučeno právě na tuto plochu a 60% ve zbývající části na hluboké podestýlce. U vazného ustájení je velký podíl moči absorbován ve slámě a závisí také na individuální produkci zvířat, individuálním množství podestýlky a kolik moči stačí před nasáknutím do slámy odtéci do kanalizace.

Nicméně celkové množství moči je však závislé na složení krmiv. Vysoký obsah solí, bílkovin a vody jsou velice úzce spojeny s vyšší produkcí moči na zvíře a den. Celkové množství vyprodukovaných tekutých výkalů může být zjištěno, pokud do nich není jakýmkoliv způsobem přimísena voda.

Obsah dusíku v mrvě z ustájení na hluboké podestýlce je vypočítáván:

$N - \text{hluboká podestýlka} = 0,6 * (N \text{ ve výkalech} + N \text{ v moči}) + N \text{ ve slámě}$

$N - \text{kejda} = 0,4 * (N \text{ ve výkalech} + N \text{ v moči})$

Ztráty dusíku z exkrementů

Vybraná verze modelu FARM není ještě schopna při výpočtech kalkulovat se ztrátami organického materiálu a dusíku v průběhu uskladnění, nicméně i v této verzi je možné ztráty vyhodnotit.

Ztráty dusíku při aplikaci

Tab.č. 10 Ztráty dusíku v amonné formě z mrvy v průběhu aplikace bez zamezujících opatření. (HUIJSMANS a MULDER 1994)

	TTP	Orná půda
Kejda	76% (43-100%)	71% (37-100%)
Moč (močka)	60%	60%
Hnůj (mrva)	70%	71%

Uvolňování amonného iontu první den po aplikaci (bez dalších opatření) závisí především na počasí (bezvětrí, zima, deštivo, silný vítr, teplo nebo suché počasí). Z močoviny jsou ztráty nižší, protože značná část se zasakuje rovnou do půdy, kde se amonný iont absorbuje do organické hmoty. Obsah amonného iontu v hnoji a kompostu je všeobecně nižší.

Čím rychleji a dokonaleji je hnojení zpracováno do půdy, tím jsou ztráty dusíku menší.

Potenciální fixace dusíku

Leguminózy (jeteloviny) mají vysokou schopnost fixace půdního dusíku. V podmínkách Nizozemí i České Republiky závisí množství fixovaného dusíku jetelovinami především na dostupnosti půdního dusíku v půdách a výnosu. Výnos jetelovin závisí především na pěstebních podmínkách a zdraví porostu, zřídka je závislý na dostupnosti půdního dusíku v počátku vegetačního období nebo v období dozrávání.

Dusíku je fixováno méně, čím je ho v půdě rozpuštěno více. Jeteloviny mohou snížit jeho obsah v půdě na velmi nízké hodnoty. Hrubý odhad fixace N čistým porostem jetelovin je vypočten násobením potenciální fixace koeficientem 0,75. U smíšených jetelotravních porostů se fixace N přibližuje potenciální fixaci N (6kg N na 100 kg sušiny sklizeného jetele) při středních dávkách hnojení.

Výnos sušiny travnatých porostů může být odhadnut na základě krmné kvality jetelotravní směsky a na základě potřeby zvířat, pokud je známo množství a kvalita doplňkových krmiv.

Odhad příjmu dusíku z pastvy

Nejsou-li porosty pastvin vydatně hnojeny a jetel není rovnoměrně v porostu zastoupen, travnatý porost je nestejnorodý. Zvířata preferují mladé listy, trsy s malým podílem jetele, trávy s nízkým obsahem dusíku a vysokým obsahem cukru. U trvalých pastvin upřednostňují zvířata horní části rostlin. Produkce může být různá místo od místa v závislosti na obsahu jetele a doby od vyloučení moči a mrvy na pozemek. Z tohoto důvodu je obtížné změřit příjem dusíku z trvalých pastvin ze vzorků rostlin. V provozu na farmách navíc není dostatečný časový prostor pro provádění těchto měření. V současné době je pravidelně měřena produkce mléka, jeho obsah bílkovin a močoviny, a na základě těchto čísel a počtu krav v laktaci je vypočítáván příjem dusíku a jeho obsah ve výkalech.

$$N \text{ v krmivu} = (37,1 * \text{močovina} + 0,177) - N \text{ v mléce}$$

Vše je vyjádřeno v kg na krávu v laktaci a den. Tento obecný vzorec bude pravděpodobně platit v podmínkách Nizozemí, pro stáda s průměrnou hmotností 600 kg a denní produkci mléka 20kg.

Modelová farma- Souhrn

FARM 3.45: MODELOVA FARMA FARMA 2365 ha 06-03-2013

=====

Farm area: 2365 ha Soil:Brown
 OM: 1.5 % pH: 7 Pw:10 K-value:25 Lime: 0 %
 Texture: 1 Moist: 365 days Temperature: 7.5 oC
 Currency: Interest rate: 0 %

=====

=====
 ECONOMIC RESULT (Ekonomické výsledky)

Gross Margin crops [Currency]	0	0
Gross Margin animals	0	0
Manure	0	0
Land Costs	0	0
Equipment	0	0
Buildings	0	0
General costs	0	0
Handweeding /hr	0.00	0
Other Labour costs	0	0
Total Fixed costs	0	0

OPERATING PROFIT [Currency]	0	0
Home consumption	0	0
Interest	0	0
Depreciation	0	0
LABOUR SUMMARY		
Handweeding [hours]	0	0
Other labour crops	0	0
Labour animals [hours]	0	0
General labour [hours]	0	0
TOTAL LABOUR [hours]	0	1
Income per hour [Currency]		0

Data pro ekonomické výsledky jsem do modelu nezahrnula.

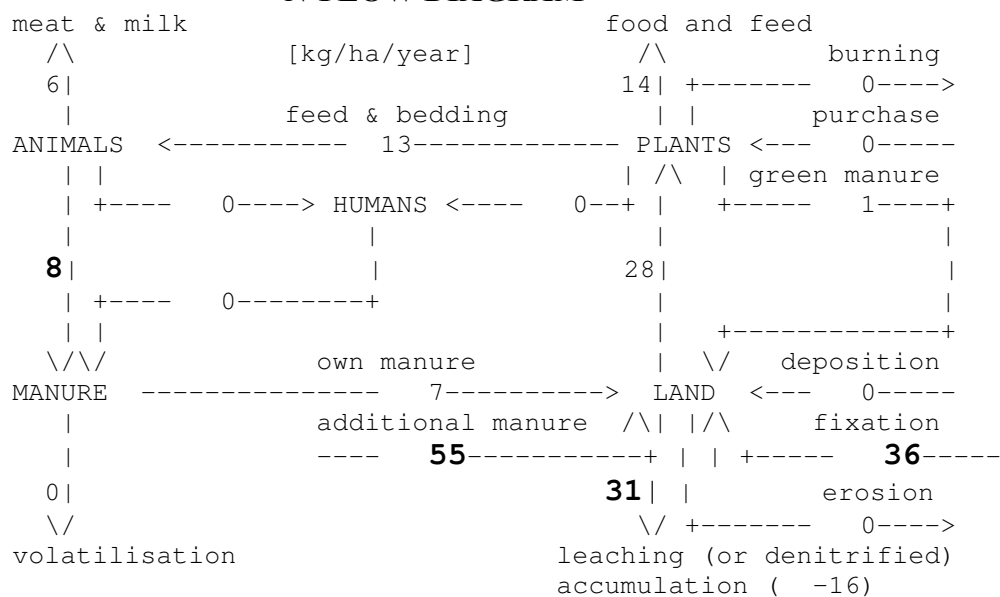
ORGANIC MATTER BALANCE [kg/ha/yr]		
+Crop residues	484	(posklizňové zbytky)
+Green manure	158	(zelené hnojení)
+Own manure	178	(vlastní hnojení)
+Additional manure	55	(přihnojení)
-Break down	1137	(rozpad)
-Erosion	0	(eroze)

BALANCE kg/ha/yr	-232	

=====

====

N-FLOW DIAGRAM

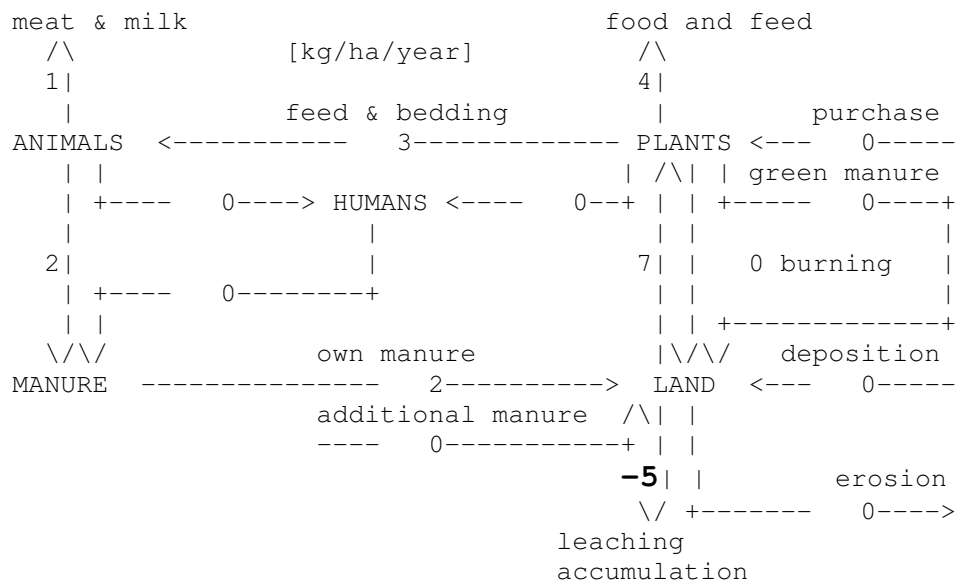


Množství dusíku v hnojení (8+55= 63kgN/ha) je hluboce pod přípustnou hodnotou (170 kg N/ha). Ztráty průsakem a denitrifikací (31) jsou nižší než přípustná mez pouze pro průsak (35). Toto číslo je vyvažující položkou a proto je nejvíce ovlivněno všemi chybnými odhady. Fixace (36) je hlavním zdrojem dusíku a zásobuje celý systém.

=====

=====

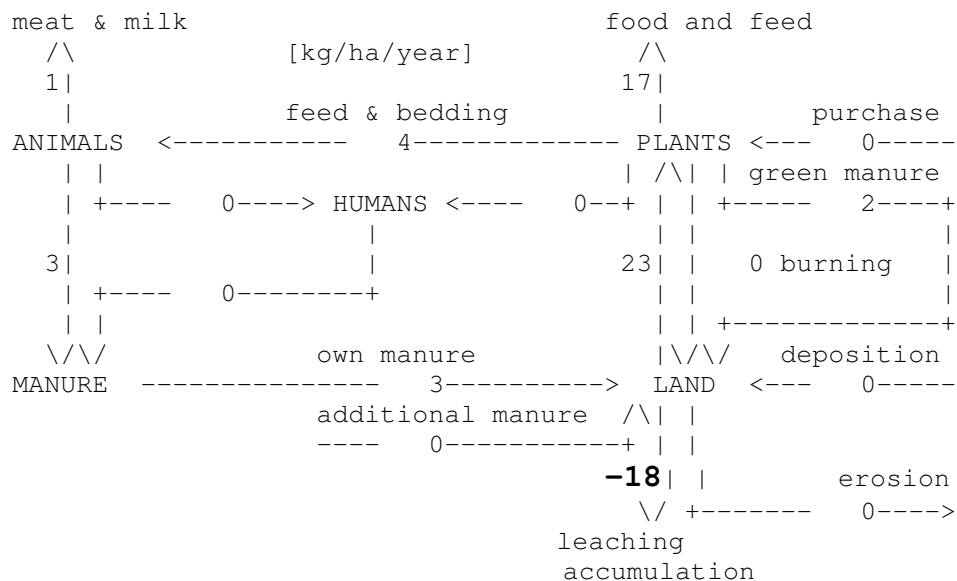
P-FLOW DIAGRAM



=====

=====

K-FLOW DIAGRAM



Půdní P a K jsou odčerpávány (P: -5, K: -18), což není problémem, pokud je zachována jejich dostatečná dostupnost. (viz. hodnoty Pw a K v záhlaví souhrnu). Na této modelové farmě je bilance P a K vyrovnaná.

FEED BALANCE [kg/yr]

=====					
PASTURE	EDM	Structure	TDN	CP	
Supplied	90625	30208	328385	88578	
- Required	195390	58617	132693	26722	
BALANCE	-104765	-28409	195691	61856	
%	-54	-48	147	231	
=====					
STABLE	EDM	Structure	TDN	CP	Bedding
Supplied	190060	183316	71460	88219	186335
- Required	236540	156399	71712	95649	201922
BALANCE	-46480	26917	-252	-7430	-15587
%	-34	78	-0	-13	-8
=====					

EDM (-34) - tato hodnota znamená, že zvířata mohou být krmena více, ale jen méně výživným krmivem. (proces výpočtu je poněkud obtížný).

Struktura (78) - zvířata dostávají dostatečné množství vlákniny(mělo by být větší než 33).

TDN (celkové množství stravitelných živin) - bylo použito jako indikátor, kdy bylo množství krmiva přizpůsobeno potřebám zvířat.

CP (hrubé bílkoviny-13) - zvířata dostávají méně CP než potřebují.

Podestýlka (-8) - zvířata mají méně podestýlky než potřebují

GROSS MARGIN ANIMALS

	quantity	carcass	price	amount
	[kg]	[%]	[Curr/kg]	[Currency]
Meat	126934	0	0.00	0
Milk	1804759		0.00	0
INCOME				0
Feed				0
Bedding				0
Interest				0
Other costs				0
COSTS				0
GROSS MARGIN				0

=====							
CROPS	Area	Avail	Sales	Margin	Labour	DM	
Eff.OM	[ha]	[ton FW]		[Curr/ha]		[h/ha]	
[%] [kg/ha]							
OATS	130.0	442.0	0.0	0	0	87.1	
1570							
Oats Straw	130.0	351.0	0.0	0	0	85.0	
0							
WINTERWHEAT	220.0	704.0	413.1	0	0	85.6	
1640							
Wheat Straw	220.0	616.0	0.0	0	0	85.0	
0							
Barley	203.0	507.5	0.0	0	0	88.0	
0							
Barley Straw	203.0	568.4	568.4	0	0	86.0	
1400							

MAIZE SILAGE 675	310.0	7781.0	7781.0	0	0	27.0
Rape 0	230.0	483.0	483.0	0	0	90.0
Triticale 0	177.0	495.6	0.0	0	0	89.0
Triticale Straw 1450	177.0	513.3	513.3	0	0	86.0
Clover 0	180.0	5040.0	0.0	0	0	25.0
Rape (green) 0	230.0	828.0	0.0	0	0	86.0

=====
=====

ANIMALS	Nr	TDNReq	CPReq	Nr	TDNReq	CPReq
		[kg/animal/day		Pasture	Stable]	
Bull	0.0	9.34	1.32	1.0	7.98	1.32
Yearling 1-2 year M	11.0	3.67	0.58	5.0	3.17	0.58
Lact.Cow > 3 year	60.0	13.02	2.61	298.0	12.17	2.61
Calf < 1 year M	16.0	2.55	0.73	6.0	2.29	0.73
Dry Cow M	28.0	5.21	0.79	13.0	4.41	0.79
Calf < 1 year	42.0	2.55	0.73	216.0	2.29	0.73
Yearling 1-2 year	43.0	3.67	0.58	214.0	3.17	0.58
Lamb < 4 month	24.0	0.38	0.14	12.0	0.35	0.14
Lact.Sheep/goat	78.0	0.68	0.18	38.0	0.59	0.18
Barn	3.0	0.76	0.20	1.0	0.65	0.20

=====
=====

MANURE	Quant	EffOM	MANURE	Quant
EffOM				
	[kg]	[kg/T]		
PastureManure Faeces 0	0	466	PastureManure Urine	0
Stable Manure Solid 75	0	466	Stable Manure Liquid	0

=====
=====

EQUIPMENT	Units	EQUIPMENT	Units
	0.0		

=====
=====

BUILDINGS	Units	BUILDINGS	Units
	0.0		

=====
=====

NPK input [kg/farm]	Quant ha ton FW kg/ha	Fix	Content [kg/ton FW]				Total	
			N	P	K	N	P	

K

OATS	130.0	1			130		
Oats Straw	130.0	1			130		
WINTERWHEAT	220.0	1			220		
Wheat Straw	220.0	1			220		
Barley	203.0	1			203		
Barley Straw	203.0	1			203		
Triticale Straw	177.0	1			177		
Non symb.fix.	2365.0	5			11825		

Total input					13108		0
0							
Input / ha					5.5		0.0
0.0							

NPK output [kg/farm]	Quant ton FW	Fix	Content [kg/ton FW]				Total	
			N	P	K	N	P	

K

WINTERWHEAT	413.1		18.8	3.4	3.4	7780	1414
1414							
Barley Straw	568.4		5.2	0.9	8.6	2933	489
4888							
MAIZE SILAGE	7781.0		2.4	0.8	3.8	18908	6303
29412							
Triticale Straw	513.3		5.2	0.9	8.6	2649	441
4414							
Milk	1804.8		5.6	1.0	1.5	10107	1863
2794							
Meat	126.9		27.3	7.5	2.0	3459	952
254							

Total output					45836		11462
43176							
Output / ha					19.4		4.8
18.3							

NPK balance (input - output)					-32728	-11462	-
43176							
NPK balance / ha					-13.8	-4.8	-
18.3							
N, P2O5, K2O					-13.8	-11.1	-
22.0							
Efficiency (output / input * 100%)					349.7		xxx
xxx							

Bilance organické hmoty

Bilance organické hmoty vypovídá o přínosu zdrojů organické hmoty. Na modelové farmě vyšla tato hodnota záporně. Příčinou toho je zřejmě nedostatek celkového hnojení oproti rozkladu organické hmoty. Pokud by vyšla hodnota 0, znamenalo by to, že došlo k rovnováze mezi rozkladem a tvorbou organické hmoty. Toto číslo samo o sobě není významné, ale chceme-li změnit vliv farmy na obsah organické hmoty v důsledku prováděných změn v osevním postupu a způsobu hnojení, může být vypočteno a mohou být porovnány různé scénáře.

Bilance živin

Celkové vstupy živin vyšly na modelové farmě znatelně nižší než celkové výstupy (Vstupy 13 108 kg na farmu ; výstupy 45 836kg na farmu). To souvisí s nedostačujícím hnojením půdy a jednostranným osevním postupem.

5.1.1 Souhrnné zhodnocení modelu FARM a možnosti využití v podmínkách ČR

Pro využití modelu FARM je důležitá organizační úroveň zemědělského podniku, ze které jsou čerpána vstupní data, a úroveň, na které jsou stanovovány výsledky a prováděny závěry. Obecně se ukazuje, že riziko chyb při používání modelu roste s jeho komplexitou. Stejně tak stoupá náročnost na vstupní data. Model FARM je možné použít i mimo zemi původu, ale s určitými komplikacemi, neboť některé vstupní údaje nemusí být za jeho hranicemi zcela běžné.

Důležité pro použití modelu v ČR je zejména:

- 1) dostupnost potřebných vstupních dat
- 2) kvalifikační požadavky na uživatele
- 3) kompatibilita s jinými programy a software
- 4) organizační úroveň zemědělského podniku, ze které jsou čerpána vstupní data a úroveň, pro kterou jsou prováděny závěry.

6 Závěr

Úkolem práce bylo na základě literárních zdrojů popsat základní rozdělení matematických modelů, vytvořit přehled metod pro hodnocení udržitelnosti agrosystémů, vypsát toky látek a energií a navrhnout možnosti optimalizace zemědělského hospodaření pomocí osevních postupů a hnojení.

Ve vlastní práci jsem popsala vybranou verzi modelu FARM, jeho funkce, výpočetní procesy a zhodnotila jsem výsledky modelové farmy.

Výhodou modelu FARM jsou jednoduchá ovladatelnost a přehledné zobrazení výsledků. Další silnou stránkou modelu jsou schémata toků živin na farmě, která slouží k lepšímu pochopení provázanosti systému a ukazují nám, kde dochází ke ztrátám nebo naopak přebytkům živin. Výstupy z modelu FARM pomáhají získat větší přehled o výkonnosti farmy.

Mezi nedostatky lze zařadit potřebu znát velké množství hodnot a údajů, které jsou k použití modelu nezbytné. Nicméně, většina těchto údajů jsou pouze standardy (např. názvy chemických sloučenin) nebo jsou to hodnoty známé pro většinu zemědělců. V praxi je problém, že nejsou všechna data známa s podobnou přesností. Výnosy plodin na orné půdě, mléčná produkce, chemické složení mléka (hrubé bílkoviny, močovina, laktóza, tuky) a počty hospodářských zvířat jsou přesně známy a hmotnosti zvířat jsou známy s velkou přesností. Složení sklizených zemědělských produktů je odvozeno z tabulek. Produkce pastvin může být pomocí modelu FARM odhadnuta na základě nejlepšího odhadu kvality krmiva a vypočteného požadavku potřeby krmiv.

Model FARM je každým rokem zdokonalován, aby bylo jeho použití uživatelsky pohodlnější.

7 Použitá literatura

BAIER J., (2007): Využití matematického modelování při hodnocení ekologických škod na podzemních vodách. [Diplomová práce]. Praha, 75 s. Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a environmentální, katedra ekologie a životního prostředí.

BALÍK J., ČERNÝ J., KULHÁNEK M., (2012): Bilance dusíku v zemědělství. Certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze, 39 s. ISBN 978-80-213-2329-2.

BASSANINO M., SACCO D., ZAVATTARO L., GRIGNANI C., (2011): Nutrient balance as a sustainability indicator of different agro-environments in Italy. *Ecological Indicators*, 11: 715–723.

BERRY P. M., STOCKDALE E. A., SYLVESTER-BRADLEY R., PHILIPPS L., SMITH K. A., LORD E. I., WATSON C. A., FORTUNE S., (2003): N, P and K budgets for crop rotations on nine organic farms in the UK. *Soil Use and Management*, 19: 112–118.

BOCKSTALLER C., GIRARDIN P., VAN DER WERF H., M., G., (1997): Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. *European Journal of Agronomy*, 7: 261–270.

BOCKSTALLER C., GAILLARD G., BAUMGARTNER D., FREIERMUTH KNUCHEL R., REINSCH M., BRAUNER R., UNTERSEHER, E., (2006): Betriebliches 94 Umweltmanagement in der Landwirtschaft: Vergleich der Methoden INDIGO, KUL/USL, REPRO und SALCA. Abschlussbericht zum Projekt 04 – „COMETE“ 2003–2005, 151 s.

BREITSCHUH G., ECKERT H., MATTHES I., STRÜMPFEL J., (2008): Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft (KSNL). KTBL-Schrift 466, 139 s. ISBN 978-3- 939371-62-5.

ČERMÁK P., DVORSKÝ J., KLÍR J., KUNZOVÁ E., ROZSYPAL R., HEJÁTKOVÁ K., (2007): Bilance živin v ekologicky hospodařícím podniku. Metodická pomůcka. Metodická činnost k podpoře zemědělského poradenského systému Ministerstva zemědělství ČR, Náměst nad Oslavou, 43 s. ISBN 80-903548- 4-X.

ČVANČARA F., (1962) : Zemědělská výroba v číslech. Státní zemědělské nakladatelství Praha.

ECKERT H., BREITSCHUH G., SAUERBECK D. R., (2000): Criteria and standards for sustainable agriculture. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163: 337–351.

FECENKO, J., LOŽEK, O. (2000) : Výživa a hnojení poľných plodín. SPU v Nitre, 452 s. ISBN 80-717-37-777-5.

GIRARDIN P., BOCKSTALLER C., VAN DER WERF H., (2000): Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment: the AGRO*ECO method. *Environmental Impact Assessment Review*, 20 (2).

GOODLAND R.(1997): Environmental Sustainability in agriculture :diet matters. *Ecological Economics*. S0921-8009(97)00579-X. 189-200.

GOODLAS G., HALBERF N., VERSCHUUR G., (2001): Study on Input/Output Accounting Systéme on EU agricultural holdings. Centre for Agriculture and Environment. CLM 489.

GOODLAS G., HALBERF N., VERSCHUUR G., (2003): Input output accounting systems in the European community – an appraisal of their usefulness in raising awareness of environmental problems. *European Journal of Agronomy*, 20: 17–24.

HÄNI F., BRAGA F., STÄMPFLI A., KELLER T., FISCHER M., PORSCHE H., (2003): RISE, a tool for holistic sustainability assessment at the farm level. *International Food and Agribusiness Management Review*, 6 (4): 78–90.

HÄNI, F., STUDER, CH., THALMANN, CH., PORSCHE, H., STÄMPFLI, A., (2008): RISE – maßnahmenorientierte Nachhaltigkeitsanalyse landwirtschaftlicher Betriebe. KTBL-Schrift 467. 94 s. ISBN 978-3-939371-69-4.

HALBERG N., SULSER T. B., HOCH-JENSEN H., ROSEGRANT M. W., KNUDSEN M. T., (2006): The impact of organic farming on food security in a regional and global perspective, s. 227–322. In: HALBERG N., ALROE H. F., KNUDSEN M. T., KRISTENSEN E. S. (eds), *Global development of organic agriculture, Challenges and prospects*. CABI. 389 s. ISBN 978-1-84593-078-3.

HELANDER C. A., DELIN K., (2004): Evaluation of farming systems according to valuation indices developed within a European network on integrated and ecological arable farming systems. *European Journal of Agronomy*, 21 (1): 53–67.

HLUŠEK J., RICHTER R., (2006) : Bilance živin v rostlinné výrobě ČR a potřeba hnojení. *Racionální použití hnojiv - sborník z konference*, ISBN 978-80-213-2006-2.

HLUŠEK, J. (2003) : Závislost produkčních ukazatelů a obsahu N-látek v zrna na intenzitě hnojení jarního ječmene ječmene. In *Racionální použití hnojiv*. 1. vyd. Praha: ČZU Praha, s. 125--129. ISBN 80-213-1083-9.

HOMOLKA, P., STRAŠIL Z., (2005) .: Energetické toky a energetické bilance v různých úrovních ekosystému, v zemědělství a využití kalorimetrických metod při bilancování. Sborník příspěvků z 27. Mezinárodního českého a slovenského kalorimetrického semináře, 23.- 27. května 2005, Svratka, Českomoravská vrchovina. Dostupné na Internetu: <http://www.icpf.cas.cz/ehlt/oscht/2005-Strasil.pps>

HUIJSMANS, J.F.M., MULDER E.M., (1994).: Mesttoediening en ammoniakemissie. Overzicht kennis emissiereductie bij grasland en bouwland. *Landbouwmecanisatie* 45 (2), p. 10-12.

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

JURČOVÁ O., BIELEK P., (1997): Metodika bilancie pôdnej organickej hmoty a stanovenia potreby organického hnojenia. Výzkumný ústav pôdnej úrodnosti, Bratislava, 35 s. ISBN 80-85361-26-4.

KÖRSCHENS et al. (1997): Die wichtigsten Dauerdüngungsversuche der Welt. Übersicht, Bedeutung, Ergebnisse, 42 s. 157-168.

KROUPOVÁ Z., (2010): Produkční schopnost a technická efektivnost ekologického zemědělství České republiky. Disertační práce. ČZU v Praze, 236 s.

KŘEN J., VALTÝNIOVÁ S., (2007) : Rostlinné produkce jako jeden z indikátorů trvale udržitelného hospodaření. Sborník z mezinárodní konference posluchačů postgraduálního doktorského studia. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně Brně . ISBN: 978-80-7375-119-7. s.86.

KUBÁT J., KLÍR J., (2000): Nové metody hodnocení bilance organických látek v půdě. Úroda, roč. 48, č. 9, s.10–12.

KUNZOVÁ E., (2010) :Výživa rostlin a hnojení draslíkem. Metodika pro praxi Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. 22s. ISBN: 978-80-7427-066-6.

LACKO-BARTOŠOVÁ M., CAGÁŇ L., ČUBOŇ J., KOVÁČ K., KOVÁČIK P., MACÁK M., MOUDRÝ J., SABO P. (2005): Udržateľné a ekologické poľnohospodárstvo, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra, ISBN 80-8069-556-3, 575s.

LEITHOLD G., HÜLSBERGEN K. J., MICHEL D., SCHÖNMEIER H., (1997): Humusbilanzierung – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft [online], 2 (3): 19–28. [cit. 2013-02-05]. Dostupné na: <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/HumusbilanzierungAgrarUmweltindikator_Kennwortschutz.pdf>.

LINDER J., (2001): Abstract for the Food 21 workshop on 'Element balances as a sustainability tool. Sweden.

MÍŠA, P.: Hodnocení pěstěných systémů – energetická bilance. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž. [online]. [cit. 2013-03-17]. Dostupné na Internetu: http://www.vukrom.cz/www/obilist/misa_hodnoceni%20pestebnich%20systemu_ar.pdf.

MÜLER, G. (1980): Bodenkunde. Landwirtschaftsverlag Berlin, 392 pp.

NEUBERG J.: Komplexní metodika výživy rostlin. ÚVTIZ, Praha, (1990), 327 s.

OECD, (2001): Environmental Indicators for Agriculture, Volume 3: Methods and Results. OECD, Paris, 400 s. ISBN 92-64-18614-X.

PIMENTEL D., HEPPELY P., HANSON J., DOUDS D., SEIDEL R., (2005): Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *BioScience*, 55: 573–582.

POSPÍŠIL R., VILČEK J., (2000): Energetika sústav hospodárenia na pôde. Výzkumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy, Bratislava, 108 s. ISBN 80-85361-75-2.

PRASAD R., POWER J.F., (1997). *Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture*. 384 s. ISBN: 978-1-56670-254-6.

RICHTER, R. - HLUŠEK, J. (1994): Výživa a hnojení rostlin (I. obecná část). VŠZ v Brně, 177 s. ISBN 80-7157-138-5.

ROSNOBLET J., GIRARDIN P., WEINZAEPFLEN E., BOCKSTALLER C., (2006): Analysis of 15 years of agriculture sustainability evaluation methods, s. 707–708. In: IX ESA Congress – Book of Proceedings, Warsaw, 4.-7.9.2006. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*, vol. 11, part II. ISSN 0860-4088.

ROEDENBECK, I., (2004): Bewertungskonzepte für eine nachhaltige und umweltverträgliche Landwirtschaft – Fünf Verfahren im Vergleich [online]. *Biogum Forschungsbericht Nr. 8*. 161 s. ISBN 3-9806859-7-7.

SCHAFFNER, A., HÖVELMANN, L., (2009): Der DLG-Nachhaltigkeitsstandard „Nachhaltige Landwirtschaft – zukunftsfähig“ [online], s. 161–170. In: „Nachhaltige Landwirtschaft“, svazek 74, DBU Schriftenreihe Initiativen zum Umweltschutz“, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Berlin, 202 s. ISBN 978-3-503-11644-7.

SINCLAIR, T.R., SELIGMAN, G., (1996). Crop Modeling: From Infancy to Maturity. *Agronomy Journal* 88, no. 5: 698.

STEHNO L., (1998): Bilance živin v ekologickém zemědělství. Disertační práce, ČZU v Praze.

STOLZE M., PIORR A., HÄRING A., DABBERT S., 2000: The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe. *Organic Farming in Europe: Economics and Policy* [online]. Vol. 6. University of Hohenheim, 143 s. ISBN 3-933403-05-7. [cit. 2012 06-02]. Dostupné na: <https://www.unihohenheim.de/i410a/ofeurope/organicfarmingineurope-vol6.pdf>.

ŠARAPATKA B., POKORNÝ E., (2007): Bilance živin v ekologickém zemědělství, s. 43–45. In: *Ekologické zemědělství 2007*, Sborník z konference. ČZU v Praze. ISBN 978-80-213-1611-9.

ŠARAPATKA B., URBAN J., (2006): *Ekologické zemědělství v praxi*. Šumperk: PRO-BIO, 2006, 502 s. ISBN 9788090358300.

ŠARAPATKA B., ABRAHAMOVÁ M., ČIŽKOVÁ S., DOTLAČIL L., HLUCHÝ M., KŘEN J., KURAS T., LAŠTŮVKA Z., LOSOSOVÁ Z., POKORNÝ E., POKORNÝ J., POKORNÝ R., SALAŠOVÁ A., TKADLEC E., TUF I.H., VÁCHA M., ZÁMEČNÍK V., ZEIDLER M., ŽALUD Z. (2010) : Agroekologie - Východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Bioinstitut, o.p.s., Olomouc, 440 s. ISBN 978-80-87371-10-7.

TELLARINI V., CAPORALI F., (2000): An input/output methodology to evaluate farms as sustainable agroecosystems: an application of indicators to farms in central Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77: 111–123.

RYANT P., ŠKARPA P., (2005): Fosfor a draslík - opomíjené základní živiny. Úroda = Pôda a úroda : časopis pro rostlinnou produkci. Praha: ISSN 0139-6013.

THORNLEY J.H.M., FRANCE J.(2007): Mathematical models in agriculture. *Quantitative Methods for the Plant, Animal and Ecological Science*. 887 s. ISBN 0 85199 010 X.

VALTÝNIOVÁ S. (2011): Porovnání trvalé udržitelnosti konvenčních a ekologických systémů rostlinné produkce. [Disertační práce]. Brno, 115 s. Mendelova univerzita, Agronomická fakulta, Ústav agrosystémů a bioklimatologie.

WATSON C. A., ATKINSON D., GOSLING P., JACKSON L. R., RAYNS F. W., (2002): Managing soil fertility in organic farming systems. *Soil Use and Management*, 18:239–247.

ZAPF R., SCHULTHEIß U., OPPERMAN R., VAN DER WEGHE H., DÖHLER H., DOLUSCHITZ R., (2009): Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe. *KTBL Schrift 473*, 197s. ISBN 978-3-939371-82-3.

ZELENÝ, F. ZELENÁ, E. (1996) : Síra a její potřeba pro výživu rostlin. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 42 s.

http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/ke_stazeni/ahzp1/Prednaska_energetika_Neudert.pdf

http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/ke_stazeni/ahzp1/Prednaska_bil_zivin_Kren-Drysova.pdf.

http://www.agrokrom.cz/texty/HNOJENI/skripta_Richter/VR_vlastnosti_pudy_vapnik.pdf

http://www.agroweb.cz/Horcik-casto-opomijeny-prvek- vyzive_s1686x60667.html

http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/pud_a_mikroelementy.htm

<http://agrilife.jrc.ec.europa.eu/documents/CZFactSheet-04.pdf>

[http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/ke_stazeni/sysrv/Optimalizace\(web\).pd](http://web2.mendelu.cz/af_217_multitext/ke_stazeni/sysrv/Optimalizace(web).pd)

http://www.agrokrom.cz/texty/metodiky/radce_hospodare/radce_vyziva_rostlin_a_hnojeni.pdf

8 Přílohy

Seznam zkratk

Cu – Měď
ČR – Česká republika
K – draslík
Mg – hořčík
N – dusík
P – fosfor
TTP – trvalé travní porosty

Seznam tabulek

Tabulka 1	Souhrn metod pro hodnocení udržitelnosti.....	7
Tabulka 2	Příjem a výdej dusíku v agrosystému (zdroje a ztráty).....	15
Tabulka 3	Příjem a výdej fosforu v agrosystému (zdroje a ztráty).....	17
Tabulka 4	Příjem a výdej draslíku a agroekosystému (zdroje a ztráty).....	18
Tabulka 5	Uvolněné živiny z posklizňových zbytků(v Kg.ha ⁻¹).....	23
Tabulka 6	Živiny dodané v organických hnojivech (kg živin na t hnojiva).....	23
Tabulka 7	Odběr živin sklizní jednotlivých plodin (v kg.t ⁻¹).....	23
Tabulka 8	Vyplavování živin z půdy (v kg.ha ⁻¹).....	23
Tabulka 9	Optimalizace hospodaření.....	25
Tabulka 10	Ztráty dusíku v amonné formě z mrvy.....	33