

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav obecné produkce rostlinné

Metodická podpora výuky předmětu
„Systémy rostlinné výroby“

Indikátory a metody pro komplexní hodnocení
systémů rostlinné produkce

Prof. Ing. Jan Křen, CSc. a kol.

Zpracováno s podporou FRVŠ číslo projektu F4/1158

Brno, prosinec 2003

Obsah	Str.
1. Úvod.....	4
2. Podkladové materiály pro inženýrskou práci v zemědělství.....	5
2.1 Charakteristiky klimatické a hydrologické.....	5
2.2 Podklady geologické a půdní.....	5
2.3 Přírodní a ekologické charakteristiky.....	5
2.4 Topografické charakteristiky a mapové podklady.....	6
3. Údaje potřebné pro charakteristiku zemědělského podniku.....	6
3.1 Půdně-klimatické podmínky.....	6
3.2 Výrobní zaměření zemědělského podniku.....	6
3.3 Rostlinná produkce.....	7
3.4 Živočišná produkce.....	7
4. Indikátory (parametry).....	8
4.1 Indikátory vázané na osevní postup.....	8
4.1.1 Index kvality produkce (IKP).....	8
4.1.2 Roční bilance organické hmoty (RBOH).....	9
4.1.3 Index pokrývnosti půdy (IPP).....	10
4.1.4 Pokryvnost půdy na podzim (PPP).....	11
4.2 Indikátory hospodaření s živinami.....	11
4.2.1 Roční bilance NPK (RBN/P/K).....	12
4.3 Indikátory integrované ochrany rostlin.....	13
4.3.1 Spotřeba pesticidů (SP) a spotřeba účinných látek pesticidů (SÚLP).....	13
4.3.1 Optimalizace výběru pesticidů – zatížení pesticidy (ZP).....	14
4.4 Indikátory produkční úrovně zemědělského podniku.....	14
4.4.1 Výrobnost systému (VS).....	14
4.4.2 Zatížení dobytčími jednotkami (ZDJ).....	15
4.4.3 Využití pastvy (P).....	15
4.4.4 Organické hnojení (OH).....	15
4.4.5 Bilance energie (BE).....	15
4.5 Indikátory ekonomické úrovně zemědělského podniku.....	16
4.5.1 Příspěvek na úhradu (PNU).....	16
4.5.2 Čistý zisk (ČZ).....	16
4.6 Indikátory dopadů hospodaření na životní prostředí.....	16
4.6.1 Diverzita plodin (DP).....	16
4.6.2 Průměrná velikost pozemků a variabilita (PVP).....	17
4.6.3 Ekologická infrastruktura (EI).....	17
5. Metody.....	18
5.1 Multifunkční osevní postup (MOP).....	18
5.2 Integrovaná výživa rostlin (IV).....	21
5.3 Minimalizace zpracování půdy (MZP).....	21
5.4 Zabezpečení ekologické infrastruktury (ZEI).....	22
5.5 Integrovaná ochrana rostlin (IOR) a výběr (VP).....	23
5.6 Optimalizace struktury farmy (OSF).....	24
5.6 Práce s metodami.....	24
6. Seznam používaných zkratk.....	26
7. Literatura.....	27

8. Přílohy.....28

8.1 Tabulky

- Tab. 1: Výrobnost systému a roční bilance organické hmoty
- Tab. 2: Množství organických látek a sušiny v chlévském hnoji
- Tab. 3: Odběry živin jednotlivými plodinami
- Tab. 4: Průměrný obsah živin v organických hnojivech v čerstvém stavu
- Tab. 5: Výpočet bilance živin
- Tab. 6: Koefficienty přepočtu na velkou dobytčí jednotku
- Tab. 7: Produkce statkových hnojív
- Tab. 8: Seznam rostlinných druhů vhodných pro ekologickou infrastrukturu a období jejich kvetení.

8.2 Bonitace zemědělské půdy v ČR (7 str.)

8.3 Bilance energie (4 str.)

1. Úvod

Rozvoj a intenzifikace zemědělství často způsobují destabilizaci agroekosystémů s nepříznivými dopady na životní prostředí. Ve většině agrárně rozvinutých zemích dochází k absurdním situacím mezi rostoucími přebytky zemědělských produktů, snižujícími se příjmy a zaměstnaností na jedné straně a rostoucím zájmem spotřebitelů o kvalitu potravin na straně druhé. Vzrůstá také uvědomění, že tyto problémy nelze řešit případ od případu ad hoc, ale že je třeba celostního, systémového chápání zemědělství. Pro zabezpečení dalšího rozvoje zemědělství bylo navrženo několik nových přístupů a koncepcí, např. trvale udržitelný způsob hospodaření (ALLEN & VAN DUSEN, 1988; EDWARDS et al., 1990), integrované zemědělství (VEREIJKEN & ROYLE, 1989) a alternativní (ekologické) zemědělství (NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF USA, 1989). Využití těchto směrů je zatím omezené, neboť je těžko definovat v měřitelných jednotkách, použitelných pro testování proveditelnosti konkrétních způsobů hospodaření.

Ve výuce studentů na AF MZLU v Brně jsme na tuto situaci reagovali zavedením výuky v předmětech *Systémy rostlinné výroby* (pro fyfotechnický obor) a *Zemědělské systémy* (pro obor všeobecné zemědělství). V rámci těchto předmětů je prováděno komplexní hodnocení a optimalizace systému rostlinné produkce a zpracování rozsáhlého projektu. Pro zefektivnění prací na projektu byly vytvořeny níže popsané návody usnadňující získávání podkladových údajů pro komplexní hodnocení systémů rostlinné produkce.

Pracovní postupy používané při zpracování projektu navazují na metodiku optimalizace systémů rostlinné produkce, která má kořeny ve výzkumech prováděných ve dvou světových organizacích:

1. Koncepce integrované rostlinné produkce je založena na práci výzkumníků z Mezinárodní organizace pro biologickou a integrovanou ochranu (International Organisation for Biological and Integrated Control - IOBC). Původně byla většina pracovních skupin IOBC zaměřena na ochranu rostlin proti jednotlivým škodlivým druhům. To však přineslo různé problémy (např. nedostatečná efektivnost nákladů a objevení se nových škůdců). Proto koncepci rozšířili a zaměřili na integrovanou ochranu plodin a později na celý osevní postup a také na zpracování půdy a hnojení (ANONYM, 1977; VEREIJKEN et al., 1986; EL TITI et al., 1993).
2. Koncepce organického hospodaření, definované normami a instrukcemi Mezinárodní federace organického zemědělství (International Federation of Organic Agriculture Movements - IFOAM), (GELER, 1991), která nabízí tržní model sdílené odpovědnosti producentů a spotřebitelů za udržitelné vedení agroekosystémů a multifunkční zemědělství. Tento model je vyjádřen principem prémie za přidanou ekologickou hodnotu výrobků označovaných známkou.

Systém trvale udržitelné rostlinné produkce lze chápat jako agroekologický celek skládající se ze skupiny neustále se navzájem ovlivňujících a rotujících plodin a jejich doprovodné (užitečné nebo škodlivé) flóry a fauny. Navrhované systémy rostlinné produkce by měly splňovat obecná kritéria trvalé udržitelnosti, tj. být ekonomicky životaschopné, sociálně akceptovatelné a technicky proveditelné. Pro praktickou realizaci je třeba dále posuzovat akceptovatelnost, proveditelnost, připravenost k využití a efektivnost v konkrétních podmínkách zemědělské praxe.

2. Podkladové materiály pro inženýrskou práci v zemědělství

Pro každou odbornou práci v zemědělství, potřebujeme mít dostatečně charakterizovanou oblast nebo místo z hlediska přírodních podmínek. K vypracování takové charakteristiky je nutná znalost zdrojů, které jsou dostupné. Tyto zdroje můžeme rozdělit do čtyř skupin; charakteristiky klimatické a hydrologické, geologické a půdní, přírodní a ekologické, topografické.

2.1 Charakteristiky klimatické a hydrologické

Atlas a tabulky počasí ČSSR - najdeme zde charakteristiky klimatologické - radiční poměry, teploty vzduchu, teploty půdy, vlhkost vzduchu, oblačnost a sluneční svit, atmosférické srážky, větrné poměry, tlak vzduchu, klimatické oblasti, synoptickoklimatologický rozbor. Součástí jsou i četné mapy s jednotlivými parametry (mapy 1 : 1 000 000).

Agroklimatické podmínky ČSSR - zpracování meteorologických podkladů se zvýšeným zřetelem pro potřeby zemědělců. Najdeme zde navíc agroklimatické podmínky a rajonizaci území republiky. Součástí je bohatá mapová příloha.

Statistické ročenky - jsou zdrojem bohaté škály údajů z různých odvětví národního hospodářství včetně oblasti sociální atd.

Archivy meteorologických stanic a Zprávy Českého hydrometeorologického ústavu

Státní vodohospodářský plán (SVP) - celé ČR území je rozděleno na dílčí povodí, každé povodí má část textovou a mapovou. Je zde mapa úvodní, orientační, geologická, půdních druhů, půdních typů, zemědělských výrobních typů, druhové skladby lesů, lesnatosti, izohyet atd. V knize textů jsou charakteristiky daného povodí. SVP je jedním z nejvhodnějších podkladových materiálů pro svou komplexnost.

Směrný vodohospodářský plán (SmVP) - hydrologické členění je trochu jiné než v SVP. Nejnovější současné dílo, členění a značení je už v souladu s Evropskými normami. Většina potřebných údajů je zde uvedena.

Hydrologické poměry v ČR - zde jsou uvedeny veškeré hydrologické údaje. Nejpodrobnější členění hydrologické sítě.

2.2 Podklady geologické a půdní

Geologická mapa ČR 1 : 200 000 - na mapě jsou zastoupeny předčtvrtohorní útvary. Mapa je velmi podrobně zpracovaná s bohatou dokumentací.

Geologická mapa ČR 1 : 500 000 - jsou zde už uvedeny i čtvrtohorní útvary. Je také součástí SVP.

Komplexní průzkum půd (KPP) - celé území republiky je podrobně vyhodnoceno. Jednotlivé části jsou k dispozici na podnicích. Je nejpodrobnější charakteristikou půdoznaleckou.

Bonitace a oceňování zemědělské půdy ČR - podrobná klasifikace zemědělské půdy pomocí BPEJ (bonitované půdně ekologické jednotky), viz Příloha 8.2.

Celostátní půdní mapa 1 : 500 000 - je také součástí SVP.

2.3 Přírodní a ekologické charakteristiky

Rajonizace rostlinné výroby ČSSR - je sice v mnoha směrech zastaralá (jiné členění okresů a krajů), ale lze tu najít cenné charakteristiky a popisy přírodních podmínek, které se tak časem nemění.

Projekty, podniků, studie a nové publikace - podle možností.

2.4 Topografické charakteristiky a mapové podklady

Katastrální mapa 1 : 2 880 - území je rozčleněno na jednotlivé parcely, jež jsou očíslovány.

Státní mapa odvozená 1 : 5 000 - vznikly odvozením z původních katastrálních map.

Topografická mapa 1 : 10 000, 1 : 5 000 - od roku 1955 je v souladu se světovými parametry, nejdokonalejší mapové dílo včetně strategických údajů. Může nastat problém s utajením.

Hospodářská mapa - vznikly odvozením z topografických map, ochuzením o strategické údaje. Pro potřeby běžné inženýrské práce jsou nevhodnější.

Klad listů - přehledné mapy, podle nichž získáme číselný kód každé mapy. Podle tohoto číselného kódu pak potřebnou mapu lze koupit v oblastní prodejně map Geodézie.

3. Údaje potřebné pro charakteristiku zemědělského podniku

3.1 Půdně-klimatické podmínky

- **zeměpisné položení farmy** (charakteristika lokality) – vedení podniku
- **výrobní oblast** – *mapa výrobních oblastí* - KOSTELANSKÝ, F. a kol.: Obecná produkce rostlinná, skripta AF MZLU v Brně, 1997, s. 30 nebo uvedeno v AZP (viz níže)
- **úhrn srážek** – nejbližší meteorologická stanice nebo výsledky systematického měření přímo v podniku
- **průměrná roční teplota** – nejbližší meteorologická stanice nebo výsledky systematického měření přímo v podniku
- **půdní druh** – Komplexní průzkum půd (v podniku požádat o nahlédnutí do této zprávy)
- **půdní typ s bližší charakteristikou** - Komplexní průzkum půd (v podniku požádat o nahlédnutí do této zprávy)
- **průměrná cena půdy (jednotlivé katastry)** – KAVKA, M. a kol.: Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2003, s. 66 – 72 nebo www.czechland.cz na odkazu – seznam BPEJ, zvolit: cena půdy (nutno zadat BPEJ – bonitovaná půdně-ekologická jednotka) – informace: vedení podniku
- **Agrochemické zkoušení půd (AZP) pro zjištění zásobenosti P, K, Mg (rok provádění analýzy, hodnoty posledního AZP)** - vypracovává ÚKZÚZ v šestiletém cyklu 1999 – 2004 (dříve v tříletém) na základě zákona o hnojivech č. 156/1998 Sb. ve znění pozdějšího zákona č. 308/2000 Sb. Výsledky AZP umožňují sledování vývoje základních půdních vlastností - hodnoty pH a obsahu přístupných živin (v podniku požádat o nahlédnutí do této zprávy)

3.2 Výrobní zaměření zemědělského podniku

- **výrobní zaměření podniku** – vedení podniku
- **specializace** – vedení podniku
- **přídružená výroba** – vedení podniku

3.3 Rostlinná produkce

- *výměra zemědělské a orné půdy, pastvin a luk* – vedení podniku, kniha honů nebo expertní a informační systém pro rostlinnou výrobu (AGROKROM, LANDDATA, AGROCOM,...); mapa pozemků (1 : 10000 nebo 1 : 20000)
- *střední výměra pozemku* - (průměr, medián), *variabilita* – rozptyl (s^2), směrodatná odchylka – (s_x), variační koeficient (V_k)
- *struktura hlavních pěstovaných plodin* (hektarové zastoupení, procentické zastoupení na orné půdě) – vedení podniku, kniha honů, kniha plodin, resp. expertní a informační systém pro rostlinnou výrobu (AGROKROM, LANDDATA, AGROCOM,...)
- *výměra a druh plodin pro energetické využití* – vedení podniku, kniha honů, kniha plodin, resp. expertní a informační systém pro rostlinnou výrobu (AGROKROM, LANDDATA, AGROCOM,...)
- *výměra a druh pěstovaných meziplodin* - vedení podniku, kniha honů, kniha plodin, resp. expertní a informační systém pro rostlinnou výrobu (AGROKROM, LANDDATA, AGROCOM,...)
- *průměrné výnosy pěstovaných plodin* - vedení podniku, kniha honů, kniha plodin, resp. expertní a informační systém pro rostlinnou výrobu (AGROKROM, LANDDATA, AGROCOM,...)
- *realizační cena tržních plodin* – KAVKA, M. a kol.: Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2003, s. 40 – 44 nebo www.agris.cz (odkaz ceny)
- *vnitropodnikové ceny krmných plodin (kukuřice na siláž, GPS, jetel atd.)* – vedení podniku nebo KAVKA, M. a kol.: Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2003, s. 7 - 288
- *ceny vedlejších produktů (sláma, atd.)* – KAVKA, M. a kol.: Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2003, s. 7 - 288
- *pěstební technologie obsahující sled pracovních operací, množství a cenu osiva, dávku a cenu minerálních a organických hnojiv, dávku a cenu jednotlivých použitých pesticidů, pojištění jednotlivých plodin, pracovní náklady (hodinová mzda)* – vedení podniku nebo KAVKA, M. a kol.: Normativy zemědělských výrobních technologií. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2003, 360 s.
- *ceny jednotlivých pracovních operací* - vedení podniku nebo KAVKA, M. a kol. 2003, Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2003, s. 266 - 272. Počítat s cenami bez DPH, pokud práce nejsou prováděny službami.

3.4 Živočišná produkce

- *struktura živočišné produkce v DJ (přepočty na VDJ tab. 6)* – vedení podniku
- *zatížení DJ na hektar* – počet DJ.ha⁻¹, vedení podniku
- *systém ustájení (stelivové provozy, bez stelivové provozy, % D.J), využití pastvy, počet DJ na 1 ha* – vedení podniku
- *produkce hnoje, kejdy, močůvky určené ke hnojení (tab. 3)* - vedení podniku nebo KAVKA, M. a kol.: Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2003, s. 297 - 353
- *užitkovost (mléčná, denní přírůstek, počet selat na prasnici)* – vedení podniku

4. Indikátory (parametry)

Pro používání pouze omezeného množství indikátorů jsou dva hlavní důvody:

- využívání velkého množství indikátorů je pracovně a časově náročné,
- využívání velkého množství indikátorů ještě nezaručuje integraci cílů, které mohou být konfliktní v mnoha směrech.

K zajištění dostatečné integrace cílů je proto nejprve třeba stanovit omezený počet klíčových indikátorů a následně stanovit specifické indikátory pro cíle, které nejsou dostatečně pokryty integrovanými indikátory.

Práce s indikátory spočívá v jejich testování a zlepšování. Testování indikátorů obecně představuje:

- stanovení požadované hodnoty (rozsahu hodnot) daného indikátoru,
- stanovení aktuálně dosažených hodnot na úrovni pozemku (plodiny) a celého systému.

Zlepšování indikátorů spočívá v:

- určení pozemků (plodin), u nichž nebylo dosaženo požadované hodnoty (rozsahu hodnot) daného parametru,
- určení metod, které daný indikátor ovlivňují.

Z pohledu zajištění trvalé udržitelnosti hospodaření vyžaduje zpracování projektu stanovení indikátorů, které lze rozdělit do tří skupin – ekonomické, sociálně-kulturní a agronomické. Největší pozornost je věnována indikátorům agronomickým a ekonomickým.

4.1 Indikátory vázané na osevní postup

Multifunkční osevní postup hraje ústřední roli v trvale udržitelných systémech rostlinné produkce. Měl by vytvářet maximum pozitivních a minimum negativních interakcí mezi plodinami. Tyto interakce silně ovlivňují fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy a následně vitalitu a kvalitu produkce plodin. Multifunkční osevní postup se však nemůže vyrovnat se škodlivými druhy, které se šíří půdou a ovzduším. Proto je třeba, aby systém rostlinné produkce splňoval i další (dodatečná) kritéria.

Osevní postup je používán jako hlavní metoda k dosažení požadovaných výsledků řady indikátorů:

- kvality produkce (IKP),
- ekonomické a pracovní efektivity (ČZ, PNU),
- půdní úrodnosti (RBOH).

4.1.1 Index kvality produkce (IKP)

IKP je obsáhlý indikátor kvality a kvantity produkce jednotlivých plodin. $IKP = index\ kvality\ (IK) \times index\ produkce\ (IP) = (dosažená\ cena.t^{-1} / cena\ za\ nejvyšší\ kvalitu.t^{-1}) \times (prodáno\ t.ha^{-1} / produkce\ na\ poli\ kg.ha^{-1})$.

Rozsah hodnot IKP

$IKP = 1$ (maximální úroveň), jestliže plodina byla prodána za cenu nejvyšší kvality ($IK = 1$) bez jakýchkoliv ztrát před, během a po sklizni ($IP = 1$). To může nastat jen tehdy, jestliže je plodina vitální, s optimálním růstem a minimálním stresem fyzikálního (struktura půdy, vodní

a vzdušný režim), chemického (zásoba živin) a biologického charakteru (plevel, škůdci a choroby).

IKP = 0 (minimální hodnota), jestliže plodina kompletně přišla do odpadu před nebo po sklizni kvůli poléhání, plevelům, škůdcům nebo chorobám bez ohledu na povětrnostní podmínky, půdu nebo skladování (IP = 0); nebo výrobek nebyl prodán kvůli nepřijatelně nízké kvalitě nebo ho byl na trhu přebytek (IK = 0).

Index kvality produkce umožňuje

- kvantifikovat sníženou kvalitu produkce,
- kvantifikovat ztráty produkce,
- kvantifikovat a interpretovat vztahy mezi množstvím a kvalitou produkce,
- rozhodnout o zlepšení pěstitelských technologií pěstovaných plodin, jestliže jsou zjištěny nedostatky v kvalitě a množství produkce.

Kvantifikace ztrát u kvality

- a) podíl dosažené ceny (Kč.t⁻¹) a ceny za nejvyšší kvalitu (Kč.t⁻¹) dosažitelnou v době prodeje výrobku - index kvality,
- b) stanovení příčin možných cenových ztrát a jejich ohodnocení (příčina ≥ 5% ceny za nejvyšší kvalitu).

Kvantifikace ztrát produkce

- a) stanovení ztrát před (fáze zrání), během a po sklizni (t.ha⁻¹),
- b) výpočet výnosu na poli (t.ha⁻¹) = předsklizňové ztráty + posklizňové ztráty + prodaný výnos (t.ha⁻¹),
- c) dělení tržního výnosu (t.ha⁻¹) výnosem na poli (t.ha⁻¹) - index produkce,
- d) stanovení příčin (i pravděpodobných) možných ztrát produkce a jejich ohodnocení (příčina ≥ 5% výnosu na poli).

Zlepšení indexu kvality produkce (IKP) jednotlivých plodin

- a) stanovení požadovaného IK, IP a IKP pro jednotlivé odrůdy a ohodnocení možností překonání příčin aktuálních ztrát,
- b) určení plodin, u nichž byly zjištěny rozdíly mezi dosaženými a požadovanými hodnotami IKP,
- c) stanovení příčin hlavních ztrát.

Zlepšení kvality produkce může být dále dosaženo optimalizací pěstitelských technologií plodin zařazených do osevního postupu.

4.1.2 Roční bilance organické hmoty (RBOH)

RBOH je definována jako poměr ročních vstupů a výstupů (přísun/odběr) organické hmoty. Vstupy jsou zbytky plodin (včetně zeleného hnojení) a organická hnojiva (t.ha⁻¹) x koeficienty humifikace. Výstupy představuje odhadovaná ztráta půdní organické hmoty rozkladem a možnou erozí. RBOH by měla být větší nebo rovna jedné. RBOH za farmu je nutné vyjadřovat váženým průměrem. Příklad výpočtu roční bilance organické hmoty je uveden v následující tabulce.

Plodina	Plocha (ha)	Posklizňové zbytky		Statková hnojiva		Zelené hnojení		Sláma		Celkem t
		t.ha ⁻¹	celkem	t.ha ⁻¹	celkem	t.ha ⁻¹	celkem	t.ha ⁻¹	celkem	
Ječmen jarní	7,14	2	14,28							14,28
Ječmen ozimý	7,42	2	14,80							14,80
Žito ozimé	5,15	2,5	12,88							12,88
Pšenice ozimá	13,25	2,5	33,12							33,12
Jílek mnohokvětý	5,98	5	29,90					1,2	7,2	29,90
Hořčice setá	5,74	2	11,48			1,5***	2,94	2,0	11,5	25,90
Řepka ozimá	15,33	3	46,0					4,0	61,3	107,30
Lipnice luční	3,0	3**	9,0							9,00
Oves setý	3,82	2,5	9,55	6	22,90					32,45
Kukuřice na siláž	7,69	2,4	18,46	11 *	44	1,5	5,55			68,01
Suma celkem	74,52									347,64
Průměr na 1 ha (t.ha⁻¹)										4,67

* 4 ha hnojeno hnojem

** 1/3 posklizňových zbytků z 10 t.ha⁻¹.

*** na části pozemku zelené hnojení

Údaje o množství sušiny posklizňových zbytků (t.ha⁻¹) zanechávaných jednotlivými plodinami jsou uvedeny v tab. 1 a o sušině organických hnojiv (hnůj, kejda, kompost, močůvka) jsou uvedeny v tab. 2. Do bilance je potřeba také započítat porosty meziplodin a slámu, která zůstala na pozemku a bude zapravena do půdy. Pro výpočet je proto nutné zjistit plochu obilnin, kde nebude sláma odvezena z pozemku. Množství sušiny slámy zmíněná odpovídá 0,8 výnosu hlavního produktu.

Sledování RBOH je důležité na těžkých půdách náchylných ke zhutnění a zamokření, nebo na lehkých půdách náchylných k erozi a vysoušení. RBOH ovlivňuje následující ukazatele půdní úrodnosti:

- fyzikální (rovnováha mezi pevnou složkou, vzduchem a vodou v půdě),
- chemické (mineralizace N),
- biologické (zdroje pro půdní mikroorganismy potlačující škůdce a choroby a obnovující strukturu půdy).

Tyto cíle pokrývá také index pokryvnosti půdy (IPP), avšak nepřímě a méně specificky. V regionálních podmínkách by proto RBOH měla být posuzována společně s IPP.

4.1.3 Index pokryvnosti půdy (IPP)

IPP vyjadřuje stupeň pokrytí půdy pozemku nebo farmy porosty plodin nebo posklizňovými zbytky plodin během rozhodujícího období nebo během celého roku. Hodnotou charakterizující farmu je vážený průměr všech pozemků na farmě (včetně ekologické infrastruktury a půdy dlouhodobě uvedené do klidu). Pro výpočet, je potřeba znát informace o datu setí (sázení), respektive vzházení a datu sklizně, které by měly být součástí záznamu pěstebních technologií jednotlivých plodin.

Např. datum vzházení (30.9.) a datum sklizně (30.7.) následujícího roku. Rozdíl mezi 30.9. – 30.7. je 300 dní x 60 (výměra pšenice v podniku) = 18 000 celkové pokrytí půdy pšenicí ozimou. Obdobně postupujeme u všech plodin s rychlým počátečním růstem, u plodin pomalu vzházejících (kukuřice, slunečnice, brambory, cukrovka atd.) přičteme k datu setí (na místo 15) 25 - 30 dní zjištěné pokrytí půdy dané plodiny opět vynásobením výměrou, např.

brambory sázené (15.4) + 30, sklizené (15.10.) tj. 150 dní x 40 (výměra brambor v podniku) = 6 000 celkové pokrytí brambor. Takto vypočítané plodiny sečteme 18 000 + 6 000 = 24 000 : 100 (celková výměra počítaných plodin) : 365 (dny v roce) = 0,66 index pokrývnosti půdy, vážený průměr za podnik.

Rozsah hodnot IPP

IPP = 1 (maximální hodnota) - jestliže je půda plně pokryta plodinou nebo zbytky plodiny.
IPP = 0 (minimální hodnota) - jestliže půda během roku leží ladem.

Stanovení požadovaných hodnot IPP

- a) s ohledem na potřebu pokrytí půdy na všech polích nebo na jednotlivých strmých svažitéch nebo písčitéch pozemcích, aby se zabránilo erozi a ztrátám živin odtokem nebo vymýváním,
- b) s ohledem na potřebu pokrytí půdy na všech polích nebo na jednotlivých pozemcích k zajištění pozitivního vlivu na faunu a krajinu.

Průměrný IPP obvykle kolísá mezi IPP > 0,5 a IPP < 0,8. Charakterizuje ochranu proti erozi a odtoku živin i poskytování pokryvu pro faunu. Je vhodný pro posouzení základních metod (MOP, MZP), které také zajišťují ochranu proti erozi, odtoku a vymývání živin, úkrytu pro faunu a vytváření atraktivnosti krajiny pro rekreaci.

4.1.4 Pokrývnost půdy na podzim (PPP)

Představuje procentický podíl zastoupení ozimých plodin (včetně ozimých meziplodin) v struktuře zemědělského podniku na podzim v říjnu. Při výpočtu se sečte výměra ozimých plodin (ha) a vyjádří se poměrným číslem k celkové ploše (ha) katastru zemědělského podniku.

4.2 Indikátory hospodaření s živinami

Ve všech trvale udržitelných systémech rostlinné produkce je hospodaření s živinami hlavní metodou k dosažení požadovaných hodnot indikátorů charakterizujících více cílů v oblasti půdní úrodnosti a životního prostředí. Jednotlivé živiny mohou být aplikovány ve formě anorganických (minerálních) a organických hnojiv. Aplikování živin pouze v organických hnojivech nemusí vyhovovat potřebě jednotlivých plodin, neboť jsou dodávány v nevhodných poměrech. Následně to může snadno vést k nedostatku některých živin a přebytku jiných s dopady na snížení produkce a životní prostředí. Tomu lze zabránit následujícími opatřeními:

- 1) Odhady potřeby P a K na pozemek založené na středním odběru sklizenými produkty a na zbývajícím půdním zásobě (za předpokladu, že plodiny nepotřebují speciální hnojení P a K).
- 2) Odhad potřeby N na plodinu založený na předpokládaném příjmu a zbývajícím půdním zásobě v době sklizně (za předpokladu, že plodiny nepotřebují speciální hnojení N).
- 3) Odhad části potřeby N, která má být pokryta organickou hmotou (tj. odhad přísunu N z posklizňových zbytků, zeleného hnojení a organických hnojiv).
- 4) Odhad potřeby organických hnojiv nebo jejich kombinací pokrývajících požadavky na P, K a N.
- 5) Rozdělení organických hnojiv na jednotlivé pozemky na základě potřeby N na plodinu, když:

- a) Potřeba P na pozemek je dána pěstovanými plodinami (krok 1 - podíl luskovin v osevním postupu) tak, že při vysoké půdní zásobě P je malá potřeba organických hnojiv na zabezpečení P a N. Při malé půdní zásobě P je naopak nutné počítat s aplikací většího množství organických hnojiv na krytí potřeby P a N.
- b) Potřeba K na pozemek může být pokryta dodáním K ve formě jednosložkového hnojiva (jako přírodní sůl nebo lihovarské výpalky), pokud je to výhodné.

Pro hospodaření s živinami je třeba znát jejich agronomicky potřebný a ekologicky přijatelný rozsah rezervy v půdě. Dostupná rezerva dusíku (DRN) je ekologicky přijatelný obsah N_{\min} v půdě ve vrstvě 0 - 100 cm na začátku vyplavovací periody (září) - $DRN < 45 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ na písčitých půdách, $DRN < 70 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ na jílovitých půdách. Důležitý je také ekologicky akceptovatelný obsah N_{\min} ve spodní a drenážní vodě ($< 11,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ je EU norma pro pitnou vodu, $< 5,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ je doporučení EU pro pitnou vodu).

Obsahy jednotlivých P, K, Mg v půdě lze zjistit z výsledků agrochemického zkoušení půd (AZP), které provádí vypracovává ÚKZÚZ v šestiletém cyklu 1999 – 2004 (dříve v tříletém) na základě zákona o hnojivech č. 156/1998 Sb. ve znění pozdějšího zákona č. 308/2000 Sb. Výsledky AZP umožňují sledování vývoje základních půdních vlastností - hodnoty pH a obsahu přístupných živin. Lze zjistit % půd začleněných podle zásobenosti živinami do skupin (dobrá, střední, nízká). V zemědělském podniku je třeba požádat o nahlédnutí do této zprávy.

4.2.1 Roční bilance NPK (RBN/P/K)

Roční bilance živin jsou charakterizovány jako podíly živin ve vstupech (hnojiva) a výstupech (produkty) na všech pozemcích.

Bilance jsou pomocné parametry umožňující kontrolu pomalu se měnících zásob živin. Požadované hodnoty jsou >1 nebo $= 1$. Dosažení a udržení požadovaných hodnot bilancí živin se provádí aplikací organických a minerálních hnojiv nebo odběrem živin sklizenými produkty.

Pro výpočet je potřeba znát výnosy hlavního vedlejšího produktu, pokud je odvezen z pozemku. Pokud zůstává vedlejší produkt na pozemku nezahrnuje se do bilance živin. Odběry živin na tunu produkce jednotlivých plodin jsou uvedeny v tab. 3. Dále je potřeba znát množství dodaných minerálních hnojiv a množství dodaných organických hnojiv. Obsahy živin v organických hnojivech jsou uvedeny v tab. 4. U minerálních hnojiv je třeba počítat s obsahy živin uváděnými výrobcem. Vlastní výpočet bilance živin je uveden v tab. 5. Bilanci lze vyhodnotit dvěma způsoby:

- poměrem množství dodaných a odebraných živin,
- rozdílem množství dodaných a odebraných živin.

Roční bilance P a K (RBP/K) jsou indikátory k hodnocení příjmu živin do systému a hospodaření s nimi. Zemědělské podniky se u těchto indikátorů obvykle liší v používaných způsobech hospodaření (požadovaných výsledcích). Jestliže není omezena aplikace organických hnojiv, je požadovaná norma obvykle splněna nebo překročena. Při vysoce pozitivní bilanci mohou vznikat na některých pozemcích nadměrné zásoby dostupného P. Tyto pozemky nemohou být osety luskovinami, aby pokryly potřebu N po nadměrném hnojení. Komplikací je, že na těchto pozemcích dochází ke zvýšenému výskytu polyfágních půdních nematod, podporovanému luskovinami. Alternativou je jarní aplikace tekutého hnojiva s vysokým podílem dostupného N.

Průměrné hodnoty RBK vytvářejí trend nadměrného přínosu K, což může vést ke zvyšování obsahu K v půdě a podzemní vodě, tj. zvyšování rizika kontaminace pitné vody.

Při vysoké hodnotě tohoto parametru by měl být nahrazen chlévský hnůj skotu s nízkým poměrem P/K hnojem drůbežím nebo prasečím, který má vyšší poměr P/K.

Stanovení těchto parametrů umožňuje

a) u fosforu a draslíku

- stanovení požadovaného rozsahu obsahu fosforu a draslíku v půdě,
- určení polí, která mají být v jednotlivých letech hnojena a stanovení dávky živin.

b) u dusíku

- stanovení požadovaného rozsahu dostupné rezervy dusíku k dosažení akceptovatelných hodnot obsahu dusíku ve spodní a drenážní vodě,
- monitorování aktuálních hodnot,
- stanovení, které pole (plodina) mají dostupné rezervy dusíku vyšší než je požadované rozpětí,
- optimalizaci obsahu dusíku pomocí integrované výživy rostlin a osevního postupu.

4.3 Indikátory integrované ochrany rostlin

Integrovaná ochrana rostlin je nepostradatelnou metodou pro podporu multifunkčního osevního postupu, integrované výživy, minimalizace zpracování půdy a infrastruktury pro přírodu a rekreaci. Měla by zajistit účinnou ochranu proti škodlivým druhům, založenou na použití dobře vybraných pesticidů, šetřících všechny ostatní (užitečné) druhy. Měla by také splňovat normy pro hodnocení nepříznivých dopadů pesticidů na prostředí.

4.3.1 Spotřeba pesticidů (SP) a spotřeba účinných látek pesticidů (SÚLP)

Při stanovení SP vycházíme z množství použitých pesticidů v rámci pěstebních technologií jednotlivých plodin. Vlastní výpočet je založen na součtu dávek pesticidů (1 litr je brán stejně jako 1 kg) aplikovaných v rámci použité pěstební technologie. Tím se vypočte spotřeba na 1 ha plodiny. Spotřebu pesticidů na úrovni zemědělského podniku je potřeba spočítat váženým průměrem spotřeby pro jednotlivé plodiny při zohlednění jejich plochy. Takto stanovená spotřeba pesticidů je dána do poměru ke stejnému ukazateli v referenčním systému ($0 < SP < 1$). Při stanovení požadovaného rozsahu hodnot se berou v úvahu bezpečnostní a hygienické předpisy a lokální hlediska (např. v pásmech ochrany vod, v rekreačních zónách apod.).

Výpočet SÚLP na úrovni jednotlivých plodin i zemědělského podniku je analogický stanovení spotřeby pesticidů. Údaje o obsahu účinných látek v jednotlivých pesticidech lze získat z každoročně aktualizované publikace KOLEKTIV: Seznam registrovaných přípravků na ochranu rostlin, vydávané Státní rostlinolékařskou správou; nebo z kterékoliv metodické příručky obsahující účinné látky v jednotlivých pesticidech.

Požadovaný rozsah hodnot SP a SÚLP se stanoví s ohledem na:

- lokální podmínky,
- systém hospodaření nebo technologii pěstování plodiny.

Cílem by mělo být dosažení hodnot na úrovni 70 % standardní spotřeby pesticidů nebo jejich účinných látek. Dosažení 40 % standardní spotřeby lze považovat za velmi ambiciózní cíl.

Testování

- stanovení celkových ročních vstupů pesticidů v kg účinné látky na hektar, na systém rostlinné produkce nebo na plodinu,
- stanovení pro systém nebo plodinu na základě záznamů z konvenčního referenčního systému nebo na základě statistiky.

Zlepšování

- a) stanovení pozemků (plodin), pro které není splněno požadované rozpětí,
- b) zjištění, které metody ovlivňují hodnoty SP a SULP (obvykle integrovaná ochrana a multifunkční osevňovací postup).

4.3.2 Optimalizace výběru pesticidů – zatížení pesticidy (ZP)

ZP je specifikováno jako ZP - ovzduší, půdy a podzemní vody. Hodnotí se buď jedním pesticidem nebo pesticidy používanými k jedné plodině nebo pesticidy používanými na celé farmě podle metodického postupu, který publikoval WIJNANDS (1997):

ZP - ovzduší = ú.l. ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) x tlak páry (Pa při 20-25 °C);

ZP - půda = ú.l. ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) x 50 % doby rozkladu (dny);

ZP - podzemní voda = ZP - půda ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) x mobilita (mobilita = K_{om}^{-1} a K_{om} = koeficient rozdělení pesticidů na frakci sušiny a vody u frakce půdní organické hmoty).

Testování ZP pro ovzduší, půdu a podzemní vodu

- a) stanovení dosažených hodnot ZP pesticidem (ha^{-1}), plodinou (suma pesticidů. ha^{-1} . plodina $^{-1}$) a systémem hospodaření – farmou (vážený průměr pesticidů. ha^{-1} .plodina $^{-1}$),
- b) stanovení požadovaných hodnot ZP na úrovni farmy (systému hospodaření),
- c) stanovení pořadí hodnot ZP na úrovni farmy na základě množství aplikovaného pesticidu na hektar a na ošetřené plochy (ha).

Zdokonalování ZP - pro ovzduší, půdu a podzemní vodu

- a) stanovení rozdílů mezi dosaženými a požadovanými hodnotami ZP na úrovni systému hospodaření (farmy),
- b) stanovení, jak mohou být tyto rozdíly upraveny nahrazením aplikace pesticidu nejvyššího pořadí nechemickými regulačními zásahy nebo ošetřením pesticidy s nižším pořadím se stejnými nebo jinými účinnými látkami včetně pásového postřiku,
- c) stanovení, zda potřebné zdokonalení integrované ochrany rostlin, multifunkčního osevňovacího postupu a integrované výživy rostlin nebo dalších metod je pro zemědělece zvládnutelné a přijatelné.

Obvykle lze dosáhnout velký pokrok u ZP pro půdu a podzemní vodu, ale u ZP pro ovzduší dochází ke stagnaci. Dopad pesticidů na lokální prostředí je obvykle mnohem nižší než na širší životní prostředí.

4.4 Indikátory produkční úrovně zemědělského podniku

4.4.1 Výrobnost systému (VS) - stanovená přepočtem na obilní jednotky

Vlastní výpočet je uveden v následující tabulce. Hodnoty pro přepočet výnosů jedenotlivých plodin na obilní jednotky jsou uvedeny v tab. 4 s následujícími poznámkami:

- vedlejší produkt (sláma) se uvádí jen v případě, že je odvezen z pozemku,
- výpočet OJ: plocha x výnos hlavního produktu x koeficient x 10 = počet OJ za hlavní produkt,
- při výpočtu OJ vedlejšího produktu množství slámy stanovit jako 0,8 násobek výnosu zrna,
- celková suma se vydělí počtem hektarů.

Plodina	Plocha (ha)	Výnos (t.ha ⁻¹) - hlavního produktu - vedlejšího produktu	Koeficient přepočtu na OJ	Počet obilních jednotek
Pšenice ozimá	46,70	4,77	1,00	2227
		3,8	0,1	177
Pšenice jarní	7,70	3,9	1,00	300,3
		-	-	-
Kukuřice na zmo	22,30	7,44	1,00	1659
		-	-	-
Slunečnice roční	9,60	1,82	2,50	437
		-	-	-
Ječmen jarní	22,20	2,66	1,00	590,5
		-	-	-
Řepka ozimá	38,30	1,84	2,0	1409,4
		-	-	-
Výrobnost osevního postupu v obilních jednotkách - Suma				6623,2
Průměrná výrobnost osevního postupu v obilních jednotkách (OJ.ha⁻¹)				45,1

4.4.2 Zatížení dobytčími jednotkami (ZDJ)

Vyjadřuje celkovou koncentraci hospodářských zvířat. Vypočte se jako počet hospodářských zvířat o hmotnosti 500 kg živé váhy připadající na 1 ha zemědělské půdy. Pro přepočet jednotlivých druhů a kategorií zvířat na dobytčí jednotky se používají koeficienty uvedené v tab. 6.

4.4.3 Využití pastvy (P)

Indikátor uvádí počet dobytčích jednotek na jeden hektar pastevního porostu.

4.4.4 Organické hnojení (OH)

Vyjadřuje celkovou dávku sušiny organických hnojiv na 1 ha u plodin hnojených organickými hnojivy. Pro stanovení je potřeba zjistit produkci organických hnojiv a jejich dávky k jednotlivým plodinám. Produkce hnoje od jednotlivých kategorií hospodářských zvířat a obsah sušiny jsou uvedeny v tab. 7.

4.4.5 Bilance energie (BE)

Umožňuje hodnocení a optimalizaci energetických vkladů do výrobního procesu z hlediska dosažení co nejvyššího výrobního efektu při nízké měrné spotřebě energie. Energetické bilance v rostlinné produkci jsou prováděny podle různých přístupů a podle cílů a sledovaných úrovní systému (viz Příloha 8.3). Vzhledem k rozsahu potřebných výpočtů není zatím do zpracování projektu zahrnuta.

4.5 Indikátory ekonomické úrovně zemědělského podniku

4.5.1 Příspěvek na úhradu (PNU)

PNU = tržby (výnos x realizační cena) - přímé náklady. Nutno stanovit:

- přímé náklady zjištěné z pěstební technologie (cena osiv, hnojiv, pesticidů, práce strojů, mzdové náklady, nájem a pojištění),
- průměrný výnos,
- průměrná realizační cena,
- výměra plodiny.

Při různém uplatnění produkce postupovat podle následujícího příkladu: pšenice – potravinářská prodaná, krmná vnitropodnikově spotřebovaná; je potřeba rozlišit kolik produkce je potravinářské a kolik je krmné (spotřebovaná na krmení se uvádí jako realizovaná za krmnou). K účelu využití produkce je také třeba vztahovat pěstební technologie.

4.5.2 Čistý zisk (ČZ)

ČZ se stanoví tak, že od hrubých výnosů se odečtou veškeré náklady včetně plateb za všechny odpracované hodiny. Cena jedné pracovní hodiny by měla být srovnatelná s cenou práce v jiných hospodářských resortech. ČZ < 0 - farma nevytváří zisk a práce není dostatečně placena. ČZ = 0 - farma nevytváří zisk ale práce je dostatečně placena. ČZ > 0 - farma vytváří zisk a práce je dostatečně placena. Stanovení čistého zisku umožňuje:

- posoudit zda farma může dosáhnout všechny ostatní požadované výsledky kvantifikované parametry, které charakterizují více cílů,
- pokračování ve zlepšování jestliže hlavní cíle nebyly ještě dosaženy před testováním ČZ,
- kvantifikaci a interpretaci ČZ,
- pokračování s optimalizací struktury farmy, jestliže požadovaný čistý zisk nebyl dosažen při současné struktuře systému.

Obecně lze doporučit stanovení optimální struktury farmy založené na optimistickém a pesimistickém předpokladu budoucích výnosů a cen.

Některé farmy stěží dosahují čistého zisku > 0. Hlavní příčinou je obvykle chronické snižování zpeněžení produkce hlavních plodin. V případě, že kvalita produktů nedosahuje požadované úrovně, je předčasné provádět optimalizaci struktury farmy. Je třeba se orientovat na zlepšení kvality všech sklizených produktů.

4.6. Indikátory dopadů hospodaření na životní prostředí

4.6.1 Diverzita plodin (DP)

Pro stanovení tohoto indikátoru je potřeba znát procentické zastoupení pěstovaných plodin v zemědělském podniku. Vlastní výpočet se provádí pomocí vzorce

$$DP = - \sum p_i \times \ln p_i, \quad \text{ve kterém } DP = \text{diverzita plodin, } p_i = \text{četnost druhů (0,0 do 1,0)}.$$

Příklad: 30 % pšenice ozimá, 20 % ječmen ozimý, 15 % řepka ozimá, 10 % silážní kukuřice, 15 % jeteloviny, 10 % mák.

$$D = - \sum (\ln 0,3 \times 0,3) + (\ln 0,2 \times 0,2) + (\ln 0,15 \times 0,15) + (\ln 0,1 \times 0,1) + (\ln 0,15 \times 0,15) + (\ln 0,1 \times 0,1) = - \sum (-0,36) + (-0,32) + (-0,28) + (-0,23) + (-0,28) + (-0,23) = 1,71$$

Z pěstovaných plodin se nejčastěji uvádí procentické zastoupení leguminóz z něhož jde usuzovat na rozsah symbiotické fixace dusíku. Dále pak procentické zastoupení olejnin, obilnin a procentické zastoupení luk a pastvin z celkové plochy zemědělské půdy.

4.6.2 Průměrná velikost pozemků a variabilita (SVP)

Pro vyhodnocení tohoto parametru je potřeba zjistit výměry jednotlivých pozemků v podniku a z těchto hodnot stanovit základní charakteristiky (průměr, medián, směrodatná odchylka, variační koeficient).

4.6.3 Ekologická infrastruktura (EI)

Ekologická infrastruktura je procentické vyjádření „zemědělsky nevyužívaného“ území (nacházejícího se v okolí obdělávané půdy) z celkové plochy (katastru) zemědělského podniku. Tento indikátor je stanovován odhadem, lze také použít leteckých snímků zájmového území.

Ekologická infrastruktura (EI) je parametrem pro hodnocení přírody, krajiny, zdraví a pohody, tj. umožňuje řešení zdvojených cílů. Při řešení problémů ekologické infrastruktury je nejprve nutné zajistit přístup a osídlení areálu farmy volně žijícími druhy rostlin a živočichů, jejichž biotopy historicky odpovídají daným půdně-klimatickým podmínkám. Potom je potřeba zajistit přístup a atraktivnost areálu farmy (zemědělského podniku) pro rekreaty.

Ekologická infrastruktura představuje část farmy založené a řízené jako síť lineárních a nelineárních prvků v krajině (lokalit nebo nalezišť) a koridorů pro divokou flóru a faunu včetně tlumících (nárazníkových) pásů. Ekologická infrastruktura zahrnuje krajinné prostory, prvky často zemědělsky nevyužívané v těsném sousedství ploch s kulturními rostlinami, které slouží jako útočiště volně žijících druhů flory a fauny. Do ekologické infrastruktury patří meze, remízy, lesní porosty, stráně, příkopy, soliterní dřeviny atd.

Ekologickou infrastrukturu lze navrhnout jako síť mezi a příkopů kolem polí a cest s následujícími požadavky:

- a) zajištění variability a kontinuity kvetení rostlin prostřednictvím pravidelného sečení a odklizení sena, aby se zabránilo udušení (sufokaci) a kumulaci živin (eutrofikaci) a udržování trvalých travnatých pásů podél příkopů jako ochrany proti erozi a vyplavování (smyvu) živin z polí,
- b) zajištění variability a kontinuity zdrojů potravy, úkrytu a podmínek pro hnízdění, podporovaných různými vedlejšími prvky v březích příkopů a ve dvoře – středisku zemědělského podniku (keře a stromy, seníky, hromady dřeva atd.),
- c) zajištění variability a kontinuity prožitků pro rekreaty prostřednictvím velkého množství scénických obrazů, barev, vůní a zvuků od časného jara až do pozdního podzimu,
- d) síť by měla zahrnovat alespoň 5 % plochy farmy (břehy příkopů 2,5 % a produkční plocha 2,5 %).

Přijatelnost a zvládnutelnost EI

Hlavním problémem při zvětšování plochy IPR je obvykle neochota některých zemědělců zmenšit produkční plochu ve prospěch trvalých travnatých pásů potřebných k

ochraně přikopů. Pro tuto aktivitu není běžně k dispozici žádná finanční kompenzace ve formě přímé platby nebo lepšího trhu s výrobky kvůli jejich přidané ekologické hodnotě. Lze provádět sběr a rozsévání semen nápadně kvetoucích rostlinných druhů, kterým se v daných podmínkách daří. To zabraňuje rychlému růstu ruderalních druhů a současně vede ke snížení zásoby živin v půdě na lokalitách určených pro ekologickou infrastrukturu. Aby byla infrastruktura ještě atraktivnější pro lidi i živočichy, lze na farmách zakládat různé vedlejší prvky, jako např. porosty vrby, zástřeší z rákosy, seníky, hromady dřeva a hnízdní budky pro poštolky a sovy. V tab. 8 je uveden seznam rostlinných druhů vhodných pro ekologickou infrastrukturu a období jejich kvetení.

5. Metody

K vytvoření návrhu systému rostlinné produkce, ve kterých jsou potenciálně konfliktní cíle dostatečně integrovány, je zapotřebí vhodných metod a technik. Současně používané metody obvykle slouží pouze jednomu nebo dvěma cílům a poškozují jiné. Příkladem může být chemická ochrana porostů. Proto je třeba nejprve využívat integrované metody a techniky, které přemostují prázdná místa mezi konfliktními cíli a nejsou škodlivé pro jiné cíle. Potom je možné využít metody řešící specifické cíle, které jsou nedostatečně řešeny integrovanými metodami. V následujícím textu jsou uvedeny charakteristiky nejdůležitějších metod.

5.1 Multifunkční osevní postup (MOP)

Multifunkční osevní postup je základní metodou pro řešení biologických, chemických a fyzikálních aspektů půdní úrodnosti a dosažení kvality produktů s minimálními vstupy (pesticidů, manuální a strojové práce, hnojiv a dodatkové energie).

1. *Stanovení a charakteristika potenciálních plodin pro daný region a zemědělský podnik*
 - zpracování seznamu plodin (včetně úhoru) v sestupném pořadí jejich prodejnosti a ekonomické efektivnosti pěstování,
 - charakteristika takto vybraných plodin (nebo plodin adaptovaných pro půdně-klimatické podmínky daného regionu) z hlediska jejich potenciálního významu v multifunkčním osevním postupu z hlediska biologického, chemického a fyzikálního.
2. *Vytvoření návrhu osevního postupu vyplněním řady požadavků multifunkčního charakteru:*
 - vyplnění prvního rotačního bloku plodinou č.1,
 - vyplnění následných bloků při dodržení požadavků na udržení biologické aktivity půdy a půdní úrodnosti (zastoupení jedné plodiny v osevním postupu < 25 %, zastoupení plodin jedné skupiny < 50 %),
 - vyplnění následných bloků s ohledem na ochranu fyzikálních charakteristik půdní úrodnosti zařazováním plodin s delším pokryvem půdy (na půdách náchylných k erozi) nebo pozitivně ovlivňujících půdní strukturu (na půdách náchylných k utužení) po plodinách s nízkou úrovní těchto vlastností,
 - vyplnění následných bloků s ohledem na chemické charakteristiky půdní úrodnosti zařazováním plodin s vyšším transferem dusíkatých látek předplodiny s vyššími nároky na dusík a plodin s nižším transferem dusíkatých látek předplodiny s nižšími nároky na dusík,

- vyplnění jednotlivých bloků dvěma až třemi plodinami s požadovanými charakteristikami, jestliže je to potřeba z důvodů omezené pracovní kapacity a nebo požadavků trhu,
- stanovení pořadí plodin v souladu s požadavky na termíny sklizně, posklizňové zbytky a patogeny z předplodin.

Multifunkční osevní postup by měl být vytvořen tak, aby byl nejlepší ze všech jiných možných rotací plodin. Krátkodobá hlediska trhu a zisku by měla být optimálně spojena s dlouhodobými zájmy ochrany půdní úrodnosti a s minimálními potřebami na vstupy. Multifunkční osevní postup může zajistit dosažení požadovaných výsledků jestliže je vytvářen agroekologickým přístupem. V úvahu by měly být brány půdně-klimatické podmínky, infrastruktura, možnosti prodeje a zpracování produkce. Navržený osevní postup by měl obsahovat maximum pozitivních a minimum negativních interakcí mezi plodinami.

Lépe než teoretické vysvětlování metody poslouží v tomto případě dokumentace jejího praktického použití. Jako příklad byl zvolen osevní postup integrovaného systému rostlinné produkce v řepašské výrobní oblasti.

A. Výběr plodin (plodiny uvedeny v pořadí podle rentability pěstování)

plod. číslo	biologické charakteristiky		fyzikální charakteristiky (body)				chemické charakteristiky (N body)	
	druh	skupina ¹	pokryv ²	prokořnění ³	utužení ⁴	struktura ³⁺⁴	spotřeba ⁵	přenos ⁶
1	cukrovka	merlikovité	-2	1	-4	-3	3	2
2	ozimá pšenice	lipnicovité	0	3	-1	2	3	1
3	jarní ječmen	lipnicovité	-4	3	-1	2	2	1
4	řepka	brukvovité	0	2	-1	1	3	2
5	hrách	bobovité	-4	2	-1	1	0	3
6	mák	mákovité	-1	2	-2	0	2	2
7	bob	bobovité	-2	2	-2	0	0	3
průměr vybraných plodin			-2.3	2.1	-1.7	0.4	1.9	2.0

B. Osevní postup prototypu integrované rostlinné produkce

hon číslo	plod. číslo	biologické charakteristiky		fyzikální charakteristiky (body)		chemické charakteristiky (N body)		
		druh	skupina ¹	pokryv ²	struktura ³⁺⁴	spotřeba ⁵	přenos ⁶	potřeba ⁷
I	1	cukrovka	merlikovité	-2	-3	3	2	1
II	3	jarní ječmen	lipnicovité	-4	2	1	1	0
III	4	hrách	bobovité	-4	1	0	3	-3
IV	2	ozimá pšenice	lipnicovité	0	2	3	1	2
V	5	mák	mákovité	-4	0	2	2	0
průměr osev. postupu		podíl druhu ¹ ≤ 0.20	podíl skupiny ¹ ≤ 0.40	-2.8	0.4	1.6	1.8	0.0

Vysvětlivky k indexům uvedeným v záhlaví tabulek

- 1) Geneticky a fytopatologicky příbuzné skupiny, jako lipnicovité, bobovité, brukvovité, merlikovité, složnokvěté, okoličnaté, liliovité. Hony s víceletými plodinami jsou počítány jako jeden hon.
- 2) Půda nepokrytá na podzim a v zimě = - 4, nepokrytá na podzim nebo v zimě = - 2, ostatní případy = 0 (včetně meziplodin na zelené hnojení).
- 3) Obilniny, trávy a vojtěška = 3, okopaniny, cibuloviny a hlíznaté plodiny = 1, ostatní plodiny = 2 (včetně meziplodin na zelené hnojení).
- 4) Utužení půdy při kosení v létě = - 1, a na podzim = - 2, při nakládání v létě = - 2 a na podzim = - 4.
- 5) Spotřeba N sklizenou částí produkce z půdních zásob: bobovité = 0. Všechny ostatní plodiny: 25-50 kg.ha⁻¹ = 1; 50-100 kg.ha⁻¹ = 2; 100-150 kg.ha⁻¹ = 3; 150-200 kg.ha⁻¹ = 4; atd.
- 6) Přenos N je chápán jako příspěvek N k následující plodině. Je stanoven na základě obsahu N v půdě po sklizni dané plodiny, mineralizace N posklizňových zbytků (včetně zeleného

hnojení) a ztrát N vyplavováním a denitrifikací. Přenos N: $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} = 1$; $50 - 100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} = 2$; $100 - 150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} = 3$.

- 7) Potřeba N (pro hon x) = spotřeba N (na honu x) minus přenos N (na honu x-1). Potřeba N představuje dávku N, která by měla být aplikována v organických nebo minerálních hnojivech.

Regulace biologických škodlivých činitelů osevním postupem

V polních plodinách žijící divoké druhy organismů mohou být stále přítomné (žijící v půdě a málo mobilní) až zřídka se vyskytující (žijící v ovzduší a velmi mobilní).

Organismy žijící v půdě jsou logicky nejcitlivější na střídání plodin. Druhů této skupiny je celá škála, od plodinově nespecifických (polyfágové), které jsou na plodinu málo citlivé, až po velmi citlivé a plodinově specifické (monofágové a oligofágové). Pouze škodlivé monofágy a oligofágy lze efektivně regulovat střídáním plodin. Škodliví polyfágové mohou být biologicky regulováni pomocí jiných druhů (predátorů) a pěstebními opatřeními (včetně aplikace pesticidů).

Organismy částečně žijící v půdě, zvláště ty které jsou plodinově specifické, jsou logicky také pouze částečně citlivé na střídání plodin. Škodliví oligofágové a monofágové z této skupiny mohou být regulováni střídáním plodin v rámci osevního sledu, jestliže je ve všech letech hostující plodina umístěna na pole, které je co nejdál od místa (pole) jejího pěstování v předcházejícím roce.

Organismy žijící v ovzduší jsou logicky nejméně citlivé na střídání plodin. Škodliví polyfágové z této skupiny mohou být regulováni pouze biologicky pomocí jiných druhů, nebo pomocí pěstebních opatření. Škodlivé monofágy a oligofágy lze regulovat pěstováním plně nebo alespoň částečně rezistentních odrůd. Rotace a diverzifikace plodin může podstatně přispět k regulaci škodlivých monofágů a oligofágů jestliže je prováděna na regionální úrovni.

Citlivost plevelů na střídání plodin souvisí se schopností jejich konkurence o světlo, vodu a živiny. Konkurenceschopnost plevelů také závisí na jejich schopnosti uniknout regulačním pěstebním opatřením nebo regenerovat po jejich provedení. Pozemky na nichž je prováděna úzká rotace plodin jsou obvykle zaplevelovány více než pozemky, které jsou součástí pestrého osevního postupu. Např. při vysokém zastoupení obilnin v osevních postupech dochází nárůstu zaplevelení jednoduchými plevele.

Charakteristika škodlivých druhů	Citlivost na střídání plodin	Požadavky na střídání plodin
Žijící v půdě - málo mobilní		
- polyfágové	malá	
- oligofágové a monofágové	velká	delší časový odstup
Částečně žijící v půdě - částečně mobilní		
- polyfágové	žádná	delší časový odstup
- oligofágové a monofágové	střední	zabezpečení prostorové vzdálenosti
Žijící v ovzduší - vysoce mobilní		
- polyfágové	žádná	delší časový odstup
- oligofágové a monofágové	malá	delší časový odstup (na faremní a regionální úrovni)
Plevelé	malá *	maximální diverzita plodin

- * Střídání plodin dvouděložných a jednoděložných, kosených a sklizených, jarních a ozimých, a odpovídající diverzity plodinově specifických regulačních opatření.

5.2 Integrovaná výživa rostlin (IV)

Navazuje na multifunkční osevní postup s cílem zajištění vysoké kvality produkce a udržení půdní úrodnosti souladem vstupů a výstupů živin k zajištění a udržení agronomicky potřebné a ekologicky přijatelné úrovně jejich zásob v půdě. Aplikace anorganických hnojiv je minimalizována. Živiny by měly být získávány recyklací z organických zbytků a biologickou fixací dusíku.

Stanovení dostupných zásob fosforu a draslíku

agronomicky nepřijatelné	požadované rozpětí	ekologicky nepřijatelné
vstupy > výstupy	vstupy = výstupy	vstupy < výstupy

1. *Stanovení potřeby fosforu a draslíku, která by v příštím roce měla být zabezpečena organickými hnojivy*
 - stanovení dostupných zásob fosforu a draslíku (analýza půdy na polích, která by měla být hnojena),
 - stanovení výstupů fosforu a draslíku v příštím roce (plánované výnosy plodin, obsah fosforu a draslíku v produktech),
 - stanovení potřeby fosforu a draslíku na základě výstupů a dostupných zásob,
 - výběr nejvhodnějšího druhu hnojiva na základě obsahu fosforu a draslíku a stanovených potřeb těchto živin,
 - stanovení množství organických a anorganických hnojiv, která by měla být aplikována (a nakoupena).
2. *Stanovení potřeby dusíku na příští rok*
 - stanovení výstupů dusíku (obdobně jako u fosforu a draslíku),
 - stanovení vstupů dusíku (= výstupy dusíku) na základě množství aplikovaných organických a anorganických hnojiv, uvolňování dusíku do ovzduší a biologické fixace dusíku,
 - vyrovnání vstupů a výstupů zařazením bobovitých plodin do osevního postupu ve stávajícím a následném roce, nebo prováděním jejich zaorávky a spásání.
3. *Aplikace hnojiv*
 - rozdělení organických a anorganických hnojiv k plodinám, které je nejvíce potřebují na základě provedené analýzy organických hnojiv a odhadu obsahu dusíku v posklizňových zbytcích a obsahu živin v anorganických hnojivech,
 - výběr techniky, stanovení dávky a doby aplikace pro maximální využití dusíku plodinami.

5.3 Minimalizace zpracování půdy (MZP)

Navazuje na multifunkční osevní postup a integrovanou výživu rostlin s cílem udržení kvality produkce prostřednictvím přípravy seřového lůžka, regulace plevelů, zapravení posklizňových zbytků a obnovy fyzikální půdní úrodnosti, omezení utužování půdy stroji, především při sklizni. Zpracování půdy by mělo být minimální ve smyslu dosažení cílů

kvantifikovaných účinnosti energie, indexu pokrývnosti půdy a také roční bilance organické hmoty, která je klíčovým parametrem pro setrvalost systémů rostlinné produkce v erozní ohrožených oblastech.

1. *Setí do nezpracované nebo částečně zpracované půdy je nezbytné v případech potřeby*
 - zabránění erozi způsobené vodou nebo větrem na svazích nebo písčitých půdách,
 - úspory práce a energie a tím umožnění dosažení prosperity a zisku větších zemědělských podniků.
2. *Setí do nezpracované nebo částečně zpracované půdy je proveditelné v případech*
 - zabránění tomu, aby fyzikální charakteristiky půdní úrodnosti byly nedostatečně obnoveny v důsledku utužení půdy pozdě sklizených plodin, zvláště okopanin na těžkých půdách,
 - zabránění regeneraci plodin z posklizňových zbytků a výdrolu, což negativně ovlivňuje kvalitu produkce následných plodin,
 - zabránění nárůstu zaplevelení vytrvalými plevely, které vyžadují zvýšenou úroveň mechanické a chemické ochrany porostů pěstovaných plodin.
3. *Setí do částečně zpracované půdy rotačním nářadím je dobrým kompromisem při stanovení*
 - které plodiny mohou (nebo by mohly být) pěstovány s využitím částečného zpracování půdy nebo bez zpracování půdy,
 - u kterých plodin by tyto technologie neměly být uplatňovány.
4. *Využití minimální kultivace půdy jako komplementární metody k multifunkčnímu osevnímu postupu (MOP) a integrované výživě rostlin (IV)*
 - je třeba brát v úvahu všechny parametry zahrnuté v návrhu systému rostlinné produkce,
 - je třeba brát v úvahu krátkodobé a dlouhodobé efekty na jednotlivé plodiny a celý osevní postup.

5.4 Zabezpečení ekologické infrastruktury (ZEI)

Doplňující metoda k multifunkčnímu osevnímu postupu a k udržení kvality produkce vytvořením míst a koridorů pro predátory a parazity potřebné k potlačování škodlivých organismů, které nelze regulovat osevním postupem (organismů šířících se ovzduším a polyfágů plně nebo částečně žijících v půdě). Je to metoda umožňující osídlení produkčního území zemědělského podniku divokou florou a faunou a jeho příjemnější pro lidi.

1. *Vyčlenění minimálního území zemědělského podniku pro ekologickou infrastrukturu*
 - vytvoření ploch lineárních prvků (přírodní ploty, strouhy, příkopy, meze, kamenné stěny atd.) a nelineárních prvků (skupiny stromů nebo samostatné stromy, rybníky, seníky atd.) za účelem zajištění prostorové a časové kontinuity jako základ ekologické infrastruktury,
 - vytvoření ploch nárazníkových pásů podél nebo kolem výše uvedených základních prvků ekologické infrastruktury.
2. *Vytvoření plánu ekologické infrastruktury zaměřené na dlouhodobé cíle pro floru, faunu a krajinu*
 - stanovení druhů rostlin a živočichů počet jejichž jedinců by měl být zvýšen,
 - upořádání ekologické infrastruktury tak, aby zemědělský podnik byl obyvatelný pro požadované druhy rostlin i živočichů a příjemný pro lidi, jestliže je to nezbytné,

zařazení více nelineárních krajinných prvků jako jsou pásy květin, rybníky, pozorovací budky, sady atd.

Regulace škodlivých druhů užitečnými a ekologická infrastruktura

K dispozici je celá řada opatření umožňujících zvýšit počet užitečných druhů žijících v půdě (bakterie, houby, červy atd.) k potlačování škodlivých organismů v půdě. Tato opatření by ale měla být využívána v pozdějších etapách tvorby prototypů.

V počátečním období (tvorba osevního postupu, návrh prototypu včetně ekologické infrastruktury) může být optimalizován počet užitečných organismů žijících v ovzduší a částečně i v půdě tím, že jim vytvoříme kontinuální ochranu a zdroje potravy. V systémech rostlinné výroby s převahou jednoletých plodin vnikají pro tyto organismy v důsledku časové a prostorové diskontinuity nevhodné podmínky. Zlepšení podmínek lze dosáhnout uspořádáním polí a plodin do agroekologicky ucelené jednotky (prostorová kontinuita) a vytvořením ekologické infrastruktury kolem polí, což umožní užitečným organismům přezimování a na jaře rozmnožování (časová kontinuita).

5.5 Integrovaná ochrana rostlin (IOR) a výběr pesticidů (VP)

Zabezpečuje efektivní regulaci výskytu škodlivých organismů s maximálním využíváním selektivních pesticidů, nepůsobících na ostatní druhy a vyhovujících požadavkům na zatížení prostředí pesticidy.

Výběr pesticidů minimálně zatěžujících životní prostředí je metoda doplňková k uplatnění integrované ochrany rostlin umožňující snížení zatížení prostředí pesticidy a prevenci dlouhodobých a krátkodobých nepříznivých vlivů na všechny druhy v biosféře.

1. Stanovení

- škodlivých organismů, které potřebují zvláštní kontrolu - živočichové (nematody, hmyz, slimáci, hlodavci a ptáci), choroby (virové, bakteriální a houbové), plevele (jednoleté a vytrvalé),
- nechemických prostředků (odolné odrůdy, pěstitelská opatření jako je např. termín setí a šířka řádků, mechanická regulace plevelů, genetická a biologická regulace).

2. Výběr vhodných a efektivních pesticidů (v pořadí preference)

- mořidla (s nejmenším dopadem na životní prostředí),
- aplikace v řádcích nebo páscích (s omezeným dopadem na životní prostředí)
- aplikace na celé pozemky (největší dopad na životní prostředí).

3. Stanovení, které pesticidy by měly být vybírány

- zatížení ovzduší pesticidy = množství aktivních látek ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) * tlak vodní páry v ovzduší (Pa) při teplotě 20-25 °C, pro množství aplikovaných pesticidů platí $< X_1$,
- zatížení půdy pesticidy = množství aktivních látek ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) * 50 % degrační doby (dny), pro množství aplikovaných pesticidů platí $< X_2$,
- zatížení spodní vody pesticidy = zatížení půdy pesticidy ($\text{kg}\cdot\text{den}\cdot\text{ha}^{-1}$) * mobilita aplikovaných pesticidů, pro množství aplikovaných pesticidů platí $< X_3$ (mobilita aplikovaných pesticidů = K_{om}^{-1} přičemž K_{om} = koeficient uvolňování pesticidu do frakcí organické hmoty a vody v půdě / množstvím organické hmoty v půdě),

- normy zatížení pesticidy (X_1 , X_2 , X_3) by měly být postupně snižovány s cílem minimalizace celkových dopadů používání pesticidů na životní prostředí.

5.6 Optimalizace struktury farmy (OSF)

Nepostradatelná metoda pro ekonomickou optimalizaci využívaná převážně jako finální (po provedení optimalizace agronomické a ekologické) stanovením minimálního množství půdy, práce a kapitálu potřebných k dosažení požadovaného zisku a úrovně účinnosti vložené energie.

1. *Vytvoření modelu struktury zemědělského podniku lineárním programováním za účelem kvantifikace potřebného množství půdy, práce a kapitálu, s předpoklady*
 - zemědělského podniku (farmy) plně zaměstnávajícího minimálně jednu pracovní sílu a najímajícího brigádníky v pracovních špičkách,
 - pracovní kapacity limitované počasím,
 - plného vyladění metod, zvláště multifunkčního osevního postupu,
 - dostatečného zisku k odpovídající úhradě prováděné práce.
2. *Vytvoření reprezentativní a spolehlivé databáze vstupů a výstupů agronomicky a ekologicky optimalizovaného systému rostlinné produkce sestávajícího se (s)*
 - vstupů zahrnujících mechanizaci (různé kombinace strojů a nářadí zahrnují časový rozvrh prací), hnojiva, pesticidy a spotřebovanou energii,
 - výstupů zahrnujících prodávané hlavní a vedlejší produkty a jejich očekávané ceny,
 - úrovní vstupů a výstupů včetně cen stanovených na základě optimistických a pesimistických prognóz.
3. *Realizace modelu optimalizace zemědělského podniku spoluprací navrhovatelů modelu a managerů podniku, to zahrnuje*
 - počáteční rozběh modelu ke stanovení požadovaného množství půdy, práce, strojů a kapitálu,
 - modifikace osevního postupu při udržení charakteru plodin v osevních sledech v případě, že nemůže být dosažen požadovaný zisk,
 - závěrečné testování je prováděné buď ve vztahu k minimalizaci požadavků na půdu nebo k optimalizaci zisku porovnáním a kompromisy mezi požadavky na práci a vstupy (stroje, pohonné hmoty, hnojiva a pesticidy),
 - stanovení rozpětí předpokladů výsledků hospodaření na základě rozpětí vstupů a výstupů.

5.7 Práce s metodami

Uvedené metody není možné využívat samostatně nezávisle na ostatních v libovolném pořadí, protože každá z nich by měla za vzájemné (konzistentní) podpory s jinými řešit více cílů kvantifikovaných více parametry (indikátory).

Ve všech systémech rostlinné produkce hraje centrální roli multifunkční osevní postup jako hlavní metoda k dosažení žádoucích úrovní parametrů půdní úrodnosti, kvality produkce, ekonomické a energetické efektivity. Nejdříve by proto měl být navrhován osevní postup k vytvoření vyvážené skupiny plodin požadujících minimum vstupů, které znečišťují životní prostředí nebo spotřebovávají fosilní energii (živiny, pesticidy, stroje, palivo) k udržení půdní úrodnosti a dobrého zdravotního stavu plodin jako základu pro kvalitní produkci.

Integrovaný systém rostlinné produkce jako celek sestává ze skupiny rotujících plodin, které jsou trvale ve vzájemné interakci a jsou doprovázeny florou a faunou (přinášející přínos nebo škodící). Výsledkem uspořádání by měla být náhrada fyzikálně-chemických metod metodami biologickými.

Při využívání uvedených metod je doporučováno začít s osevním postupem (MOP) jako metodou centrálního významu a končit optimalizací struktury farmy (OSF) jako metodou nepostradatelnou pro vyčíslení (kvantifikaci) agronomicky, ekologicky a ekologicky optimalizovaného systému rostlinné produkce.

Nedostatky mezi dosaženými a požadovanými výsledky mohou být způsobeny jednou nebo více z následujících příčin:

- metody nejsou vhodné k využívání,
- zemědělci nejsou schopni tyto metody využívat,
- metody nejsou zemědělci akceptovatelné,
- metody nejsou efektivní.

Pouze pojetí systému rostlinné produkce jako agroekologického celku umožňuje dosáhnout:

- dostatečné agroekologické identity v nestále se měnícím prostředí, ve kterém dominují krátké rotace plodin (případně i monokultury) s nerovnováhou mezi prospěšnými a škodlivými organismy a používáním pesticidů k jejich regulaci,
- požadované úrovně parametrů, vyjadřujících více cílů, které jsou přímo závislé na agroekologické identitě, jako je ekologická infrastruktura vyžadující dostatečnou prostorovou kontinuitu (pro rostliny, živočichy a rekreaci), expozice prostředí k pesticidům a kvalita produkce, obojí vyžadující dostatečnou "podporu" prospěšných organismů (rostlin i živočichů),
- požadované úrovně parametrů, vyjadřujících více cílů, které závisí na agroekologické celistvosti nepřímo, tj. účinnost a efektivnost technologií z hlediska úspor času, vstupů práce a energie; v podstatě je třeba brát v úvahu všechny parametry včetně čistého zisku a účinnosti energie.

6. Seznam používaných zkratk

Indikátory

BE	Bilance energie
ČZ	Čistý zisk
DP	Diverzita plodin
DRK	Dostupné rezervy draslíku
DRN	Dostupné rezervy dusíku
DROH	Dostupné rezervy organické hmoty
DRP	Dostupné rezervy fosforu
EI	Ekologická infrastruktura
IK	Index kvality
IKP	Index kvality produkce
IP	Index produkce
IPP	Index pokrývnosti půdy
P	Využití pastvy
PNU	Příspěvek na úhradu
PPP	Pokrývnost půdy na podzim
PVP	Průměrná velikost pozemků
RBK	Roční bilance draslíku
RBOH	Roční bilance organické hmoty
RBP	Roční bilance fosforu
SP	Spotřeba pesticidů
SÚLP	Spotřeba účinných látek pesticidů
VS	Výrobnost systému
ZDJ	Zatížení dobytčími jednotkami
ZP	Zatížení pesticidy (EEP)

Metody

MOP	Multifunkční osevní postup
IPR	Infrastruktura pro přírodu a rekreaci
IV	Integrovaná výživa rostlin
IO	Integrovaná ochrana rostlin
MZP	Mínimální zpracování půdy
ZEI	Zabezpečení ekologické infrastruktury
VP	Výběr pesticidů
OSF	Optimalizace struktury farmy

7. Seznam použité literatury

- ANONYM : An approach towards integrated agricultural production through integrated plant protection. IOBC/WPRS Buletin, No. 4, 1977.
- FRANTA, Z. a kol.: Obecná produkce rostlinná – cvičení. AF VŠZ Praha, 1992, 147 s.
- GEIER, B. (Ed): IFOAM basic standards of organic agriculture and food processing, Oecozentrum Imbsbach, D-66696 theley- theley (Germany), 1991, 20 s.
- KAVKA, M. a kol. 2003, Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2003, 344 s.
- KAVKA, M. a kol: Normativy zemědělských výrobních technologií. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2003, 360 s.
- KOSTELANSKÝ, F. a kol.: Obecná produkce rostlinná. Skripta AF MZLU v Brně, 1997, 213 s.
- KUDRNA, K.: Zemědělské soustavy. SZN, Praha, 1979, 719 s.
- EL TITI, A. - BOLLER, E.F. - GENDRIER, J.P.: Integrated production , principles and technical guidelines. Publication of the Commission: IP-guidelines and endorsement. IOBC/WPRS Bulletin no. 16, 96 s. ISBN 92-9067-048-0, 1993.
- VEREIJKEN, P. - EDWARDS, C.A. - EL TITI, A. - FOUGEROUGS, A. - WAY, M.: Report of the study group: Management of farming systems for Integrated Control. IOBC/WPRS Bulletin no. 9, ISBN 92-9057-001-0, 1986.
- ALLEN, P. - VAN DUSEN, D (Eds): Global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems. Proceedings of the Sixth International Conference of International Federation Organic Agriculture Movements. Agroecology Program, University of California, Santa Cruz, 1998, 721 pp.
- EDWARDS, C.A. - LAL, R. - MADDEN, P. R.H. MILLER, R. H. - HOUSE, G. (Eds): Sustainable agricultural systems. Soil and Water Conservation Society, Iowa, 1990, 696 pp.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL of USA: Alternative agriculture. Report of the committee on the role of alternative farming methods in modern production agriculture. NRC, Washington, D.C., 1989, 448 pp.
- VEREIJKEN, P. - ROYLE, D. J. (Eds): Current status of integrated arable farming systems research in Western Europe. IOBC/WPRS Bulletin 1989/XII/5, Wageningen, 1989, 76 pp.
- WIJNANDS, F. G.: Integrated crop protection and environment exposure to pesticides: methods to reduce use and impact of pesticides in arable farming. European Journal of Agronomy 7, 1997, p. 251-260.

Další zdroje informací

Informace získané na základě osobních kontaktů autorů s:

- koordinátorem výzkumné sítě integrovaných systémů rostlinné výroby pro a přidružené země Dr. Pietrem Vereijkenem (Research Institute for Agrobiology and Soil Fertility Wageningen , Nizozemí),
- Dr. H. Spiertzem prezidentem Evropské agronomické společnosti (1994-1996) a ředitelem DLO Research Institute for Agrobiology and Soil Fertility, Wageningen, Nizozemí.

Metodická podpora výuky předmětu
„Systemy rostlinné výroby“

**Indikátory a metody pro komplexní hodnocení systémů
rostlinné produkce**

8. Přílohy

8.1 Tabulky

- Tab. 1: Výrobnost systému a roční bilance organické hmoty
- Tab. 2: Množství organických látek a sušiny v chlévském hnoji
- Tab. 3: Odběry živin jednotlivými plodinami
- Tab. 4: Průměrný obsah živin v organických hnojivech v čerstvém stavu
- Tab. 5: Výpočet bilance živin
- Tab. 6: Koefficienty přepočtu na velkou dobytčí jednotku
- Tab. 7: Produkce statkových hnojiv
- Tab. 8: Seznam rostlinných druhů vhodných pro ekologickou infrastrukturu a období jejich kvetení.

8.2 Bonitace zemědělské půdy v ČR (7 str.)

8.3 Bilance energie (4 s.)

Tab. 1: Výrobnost systému a roční bilance organické hmoty

P L O D I N A	Koefficient přepočtu na obilní jednotky		Množství organické hmoty zanechané v půdě (t.ha ⁻¹)	Poznámka
	Hlavního produktu	Vedlejšího produktu		
Pšenice ozimá	1,00	0,10	2,5	
Pšenice jarní	1,00	0,15	2	
Ječmen ozimý	1,00	0,10	2	
Ječmen jarní	1,00	0,15	2	
Oves	1,00	0,15	2,5	
Žito	1,00	0,10	2,5	
Triticale	1,00	0,10	2,5	
Kuk. na zrno	1,00	0,10	1,5	
Řepka ozimá	2,00	0,10	2,5	
Mák	5,50	0,10	2	
Slun. na semeno	2,50	0,10	2,5	
Len	2,50*	0,70**	1	*semeno**stonek
Hořčice	2,00	0,10	2,5	
Hrách	1,20	0,30	2	
Pelouška	1,20	0,30	2	
Brambory	0,25	-	0,5	
Cukrovka	0,25	0,10	1,5	
Krmná řepa	0,15	0,10	1,5	
Krmná mrkev	0,15	-	1	
Kuk. na siláž	0,15*	-	1,5	*v zelené hmotě
LOS na siláž	0,15*	-	2,5	*v zelené hmotě
Jetel	5,00	0,50*	5	*vyjádřeno v seně
Vojtěška	5,00	0,50*	5	*vyjádřeno v seně
Trávy na semeno	5,00	0,50*	5	*vyjádřeno v seně
Chmel	5,30	-	-	
Cibule	0,30	-	0,5	
Zelí	0,15	-	2,0	

Tab. 2: Množství organických látek a sušiny v chlévském hnoji

Druh hnoje	% organických látek	% sušiny
Skot	18	16 – 20
Prasata	16	16 – 21
Koně	23	24 – 25
Kozy	30	30
Ovce	28	30 – 32
Slepice	25	44
Husy	13	23
Kachny	26	44

Množství organických látek a sušiny v kejdě a močůvce

Druh hnojiva	% organických látek	% sušiny
Kejda skotu	5,3	6,8
Kejda prasat	4,3	5,4
Kejda drůbeže	7,5	10,9
Močůvka	0,8	1,5

Tab. 3: Odběry živin jednotlivými plodinami

Plodina	Odběr živin na 1 tunu hlavního a vedlejšího produktu											
	N			PO5			K2O			MgO		
	Hlav. prod.	Vedl. prod.	Suma	Hlav. prod.	Vedl. prod.	Suma	Hlav. prod.	Vedl. prod.	Suma	Hlav. prod.	Vedl. prod.	Suma
Pšenice ozimá	19,0	6,0	25,0	9,5	2,5	12,0	6,0	18,0	24,0	2,0	2,0	4,0
Žito ozimé	16,0	8,0	24,0	9,0	5,0	14,0	6,3	19,7	26,0	1,8	2,2	4,0
Ječmen ozimý	17,0	9,0	26,0	7,8	5,2	13,0	6,5	22,5	29,0	1,5	1,5	3,0
Pšenice jarní	20,5	5,5	26,0	9,5	2,5	12,0	6,0	18,0	24,0	2,0	2,0	4,0
Ječmen jarní	15,0	9,0	24,0	7,0	5,0	12,0	6,0	18,0	24,0	1,5	1,5	3,0
Kukuřice na zr.	21,0	6,0	27,0	7,0	5,0	12,0	3,9	24,1	28,0	2,0	6,0	8,0
Proso			30,0			14,0			42,0			4,0
Pohanka			34,0			16,0			40,0			4,0
Bob			64,0			18,0			50,0			6,0
Hrách			63,0			17,0			45,0			6,0
Fazol			80,0			18,0			30,0			5,2
Soja			55,0			25,0			36,0			6,6
Řepka ozimá	35,0	15,0	50,0	17,5	7,5	25,0	10,0	50,0	60,0	3,5	4,0	7,5
Slunečnice roč.			50,0			30,0			60,0			4,8
Mák setý			40,0			20,0			50,0			4,8
Hořčice setá			42,0			22,0			48,0			4,4
Jetel luční seno			25,0			6,0			15,0			6,0
Vojtěška seno			27,0			7,0			18,0			3,0
Jetelotráva			23,0			6,0			15,0			4,0
Vojtěškotráva s.			24,0			7,0			17,0			4,2
TTP seno			17,0			7,0			15,0			4,0
Kukuřice siláž			3,0			1,0			3,0			0,5
Čirok			3,0			1,2			4,0			1,2
LOS			5,0			1,5			6,0			0,6
Cukrovka	1,6	2,8	4,4	0,7	0,9	1,6	2,5	3,2	5,7	0,5	0,9	1,4
Čekanka	3,2	1,0	4,2	0,3	0,2	0,5	1,8	2,7	4,5			1,6
Krmná řepa	1,4	1,1	2,5	0,3	0,7	1,0	1,6	1,9	3,5	0,2	0,6	0,8
Mrkev krmná			3,0			1,6			5,0			1,0
Brambory	2,5	2,5	5,0	1,1	0,9	2,0	4,2	3,8	8,0	0,4	1,1	1,5
Zelí hlávkové			2,6			1,2			4,0			0,3
Kmín			54,0			23,0			46,0			7,0
Len hl. stonek	13,0	40,0	53,0	5,0	24,0	29,0	10,0	50,0	60,0	2,3	3,0	5,3
Cukr. na semen			38,0			15,0			58,0			4,2
Směska ozimá			5,0			1,3			6,5			0,8
Směska jarní			5,5			1,3			6,0			0,8

Tab. 4: Průměrný obsah živin v organických hnojivech v čerstvém stavu

Hnojivo	Průměrný obsah živin v organických hnojivech (kg.t ⁻¹)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
hnůj				
- skot	4,2	2,2	5,0	0,7
- prasata	4,5	2,5	4,9	1,5
- ovce	7,0	3,3	7,2	1,0
hluboká podestýlka				
- skot	5,8	2,9	7,6	1,2
- ovce	8,5	2,0	9,2	-
- drůbež	13,0	11,5	8,5	2,2
kejda				
- skot	3,0	1,4	2,9	0,5
- prasata	4,9	2,6	2,1	0,6
- drůbež	12,0	6,4	5,0	1,0
močůvka				
- průměr	2,3	0,4	4,0	0,2
zelené hnojení				
- jetel	5,6	1,8	3,1	1,4
- jilek	5,7	2,2	7,1	0,4
- hořčice	5,2	0,5	4,0	0,4
- řepka	4,6	1,2	3,5	0,4
- víkev	5,6	1,3	4,3	1,0

Tab. 5: Výpočet bilance živin - příklad

Plodina	Pozemek	Výměra (ha)	Výnos hl. produktu (t.ha ⁻¹)	Výnos vedlejšího produktu (t.ha ⁻¹)	Živiny	Odběr hl. produktu (kg.t ⁻¹)	Odběr vedl. produktu (kg.t ⁻¹)	Odběr celkem (kg.ha ⁻¹)	Dodávka (kg.ha ⁻¹)			Rozdíl (kg.ha ⁻¹)	
									Prům. hnojiva	Organ. hnojiva	Imise		Celkem
Ječmen jarní	Kopanina	6,65	4,0	1,5	N	15	9	73,5	100,3	175	11,3	286,6	213,10
					P ₂ O ₅	7	5	35,5	21	80,5	6,01	107,5	72,00
					K ₂ O	6	18	51	-	210	10,03	220,03	169,03
					MgO	1,5	1,5	8,25	-	15	3,83	18,83	10,52
Ječmen ozimý	Nad Závodištěm Nad Lomem	5,4	4,8	2,1	N	17	9	100,5	112,3	-	11,3	123,6	23,10
					P ₂ O ₅	7,8	5,2	48,4	-	-	6,01	6,01	-42,39
					K ₂ O	6,5	22,5	78,5	-	-	10,03	10,03	-68,47
					MgO	1,5	1,5	10,4	-	-	3,83	3,83	-6,57
Brambory	Homí Kus	0,5	15	-	N	37,5	-	37,5	48	250	11,3	309,3	271,80
					P ₂ O ₅	16,5	-	16,5	52	115	6,01	173,01	156,51
					K ₂ O	63,0	-	-	-	300	10,03	310,03	267,03
					MgO	6,0	-	60	-	25	3,83	28,83	-31,17
Pšenice ozimá	Dolní Kus U Dýřky Vinohrad Ve Stávku	15,24	5,6	3,5	N	19	6	127,4	169,3	-	11,3	180,6	53,2
					P ₂ O ₅	9,5	2,5	61,9	21	-	6,01	27,01	-34,89
					K ₂ O	6	18	96,6	-	-	10,03	10,03	-86,57
					MgO	2	2	18,2	-	-	3,83	3,83	-14,37
Kukuřice na siláž	Homí Kus Belky	7,4	50	-	N	3	-	150	151	-	11,3	162,3	12,30
					P ₂ O ₅	1	-	50	104	-	6,01	110,01	60,01
					K ₂ O	3	-	150	-	-	10,03	10,03	-139,97
					MgO	0,5	-	25	-	-	3,83	3,83	-21,17
Řepka ozimá	Na Kopeč Pod Vrškem Za Vrcha	13,73	3,8	-	N	35	-	133	163	-	11,3	174,3	41,3
					P ₂ O ₅	17,5	-	66,5	78	-	6,01	84,01	17,51
					K ₂ O	10,0	-	38	-	-	10,03	10,03	-27,97
					MgO	3,5	-	7,3	0,6	-	3,83	4,47	-2,83

Tab. 5: pokračování

Plodina	Pozemek	Výměra	Výnos hl. produktu (t·ha ⁻¹)	Výnos vedlejšího produktu (t·ha ⁻¹)	Živiny	Odběr hl. produktu (kg·t ⁻¹)	Odběr vedl. produktu (kg·t ⁻¹)	Odběr celkem (kg·ha ⁻¹)	Dodávka (kg·ha ⁻¹)			Rozdíl (kg·ha ⁻¹)		
									Prům. hnojiva	Organ. hnojiva	Imise		Celkem	
Mák setý	Dolina	4,93	0,85		N	40	-	34	107	-	11,3	118,3	84,30	
					P ₂ O ₅	20	-	17	28	-	6,01	34,01	17,01	
					K ₂ O	50	-	42,5	-	-	10,03	10,03	-32,47	
Žito ozimé	Království Poukarkovo Belky	10,34	5,0	3,3	MgO	4,8	-	4,08	-	-	3,83	3,83	-0,25	
					N	16	8	100	171,6	-	11,3	182,9	82,90	
					P ₂ O ₅	9	5	70	21	-	6,01	27,0	-42,99	
					K ₂ O	6,3	19,7	130	-	-	10,03	10,03	-119,97	
					MgO	1,8	2,2	20	-	-	3,83	3,83	-16,17	
Suma					N	-	-	7129,51	9534,79	1288,75	7253,55	11549	4419,50	
					P ₂ O ₅	-	-	-	3539,70	-	592,83	385,8	3325	-214,70
					K ₂ O	-	-	-	5456,77	-	1546,5	643,8	2190,3	-3266,50
					MgO	-	-	-	930,53	-	13,13	245,8	371,2	-559,30
					N	-	-	-	11107,43	-	148,54	20,08	113	179,92
Celkem náaha (vázený průměr)					P ₂ O ₅	-	-	5514	36,55	9,24	6,01	51,80	23,54	
					K ₂ O	-	-	-	8501	-	24,09	10,03	34,12	-50,89
					MgO	-	-	-	1449	-	0,2	1,75	3,83	5,78

Tab. 6: Koefficienty přepočtu na velkou dobytčí jednotku

Druhy a kategorie hospodářských zvířat	Koefficient přepočtu (VDJ = 500 kg)
Dojnice, VBJ	1,0
Telata	0,22
Skot do 1 roku	0,4
Skot nad 1 – 2 roky	0,7
Ostatní skot	1,0
Ovce (celkem)	0,2
Kozy	0,1
Kůň do 3 let	0,75
Kůň nad 3 roky	1,3
Prasnice, kanci	0,3
Selata	0,02
Prasata výkrm	0,12
Krůty, husy	0,006
Kachny	0,003
Ostatní drůbež	0,001
Pštrosi	0,2
Králíci	0,01
Odchov jelenovitých	0,3

Tab. 7: Produkce statkových hnojiv

Kategorie zvířat	Hnůj (v t za rok)	Kejda (v t za rok)	Močůvka (v t za rok)
Dojnice (500 kg ž. hm.)	13	24	6
Telata (100 kg ž. hm.)	3	4,5	2
Jalovice (320 kg ž. hm.)	7	12	4
Výkrm (380 kg ž. hm.)	8	12	4
Prasnice (160 kg ž. hm.)	3	7	3
Selata (20 kg ž. hm.)	1,2	1	1,2
Výkrm (75 kg ž. hm.)	0,5	3	0,5
Ovce (40 kg ž. hm.)	1	1,5	0,4
Kozy (50 kg ž. hm.)	1	1,5	0,4
Kůň (600 kg ž. hm.)	8	-	1,2
Drůbež	-	0,08	-

Tab. 8: Seznam rostlinných druhů vhodných pro ekologickou infrastrukturu a období jejich kvetení.

Seznam rostlinných druhů Český název (Latinský název)	Období kvetení (měsíce)						
	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září
Orsej jarní (<i>Ranunculus ficaria</i>)	xxxxxxx						
Sedmikráska obecná (<i>Bellis perennis</i>)	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Řeřišnice (<i>Cardamine</i>)		xxxxxxx	xxxxxxx				
Smetánka (<i>Taraxacum</i>)		xxxxxxx	xxxxxxx				
Česnáček lékařský (<i>Alliaria petiolata</i>)		xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx			
Barborka obecná (<i>Barbarea vulgaris</i>)		xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx			
Prvosienka (<i>Primula</i>)		xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx			
Kerblík (<i>Anthriscus</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx			
Škarda dvouletá (<i>Crepis biennis</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx			
Kohoutek (<i>Lychnis flos</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx			
Jitrocel kopinatý (<i>Plantago lanceolata</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx			
Pryskyřník prudký (<i>Ranunculus arcis</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx			
Pryskyřník plazivý (<i>Ranunculus repens</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx			
Kokrhel (<i>Rhinanthus minor</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx			
Krvavec menší (<i>Sanguisorba minor</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx			
Knotovka červená (<i>Silene dioica</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx			
Šťovík kyselý (<i>Rumex acetosa</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx			
Pomněnka (<i>Myosotis</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx		
Jetel luční (<i>Trifolium pratense</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Knotovka bílá (<i>Silene alba</i>)			xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Kakost luční (<i>Geranium pratense</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx		
Kopretina (<i>Leucanthemum</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx		
Lesknice (<i>Phalaris</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx		
Kokrhel úzk. (<i>Rhinanthus angustifol.</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx		
Kozí brada (<i>Tragopogon</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx		
Kozí brada luční (<i>Tragopodon pratensis</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx		
Svízel povázka (<i>Galium mollugo</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	
Kapustka obecná (<i>Lapsana communis</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	
Hrachor hlíznatý (<i>Lathyrus pratensis</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	
Šťírovník růžkatý (<i>Lotus corniculatus</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	
Žluťucha (<i>Thalictrum</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	
Kopřiva dvoudomá (<i>Urtica dioica</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	
Vikev ptačí (<i>Vicia cracca</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	
Řebříček (<i>Achillea</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Zvoněk (<i>Campanula</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Chrpina luční (<i>Centaurea jacea</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Chrastavec rolní (<i>Knautia arvensis</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Sléz velkokvětý (<i>Malva alcea</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Sléz (<i>Malva</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Tolice vojtěška (<i>Medicago sativa</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Starček přímětník (<i>Senecio jacobaea</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Jetel plazivý (<i>Trifolium repens</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Divizna černá (<i>Verbascum nigrum</i>)				xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Pcháť (<i>Cirsium</i>)					xxxxxxx	xxxxxxx	
Štětka soukenická (<i>Dipsacus fullonum</i>)					xxxxxxx	xxxxxxx	
Lopuch plstnatý (<i>Arctium tomentosum</i>)					xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Vrbovka (<i>Epilobium</i>)					xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Kyprej (<i>Lythrum</i>)					xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Dobromysl (<i>Origanum</i>)					xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Pastinák luční (<i>Pastinaca sativa</i>)					xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Vratič obecný (<i>Tanacetum vulgare</i>)					xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
Rákos (<i>Phragmites</i>)						xxxxxxx	xxxxxxx

8.2 Bonitace zemědělské půdy v ČR

Převzato a upraveno z publikace NĚMEC, J.: Bonitace a oceňování zemědělské půdy v ČR. Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky Praha, 2001, 257 s. V této publikaci lze nalézt další informace o zemědělské půdě v ČR a jejím hodnocení.

Bonitační klasifikace byla zpracována pro zemědělskou půdu jako celek (bez rozlišení na její využívání podle jednotlivých kultur), avšak plně respektuje základní agroekologické faktory potřebné pro hodnocení jak orné půdy a trvalých travních porostů, tak i ostatních (speciálních) kultur.

Práce na bonitaci byla uskutečňována souběžně ve dvou liniích - jako **bonitační průzkum**:

- a) **terénní**, při kterém byly výsledky předchozího KPP specialisty VÚMOP za součinnosti pověřených pracovníků zemědělských podniků a místních správních orgánů ověřovány, příp. upřesňovány a zároveň transformovány do základních bonitačních klasifikačních a mapovacích jednotek (bonitovaných půdně-ekologických jednotek - BPEJ). Současně byly zjišťovány i některé další údaje, které v mapách a průvodních zprávách KPP zahrnuté nebyly. Výsledky tohoto terénního průzkumu byly registrovány v mapách BPEJ s měřítkem 1 : 5000 a na tiskopisu Záznamy BPEJ, ze kterých byly přenášeny do datové báze;
- b) **ekonomický**, při kterém byly na vzorových pozemcích o celkovém počtu 7000 (určených půdoznalci) získávány dlouhodobé časové řady informací o naturálních výnosech a přímých nákladech vybraných (tzv. oceňovacích) zemědělských plodin; shromážděné podklady byly podrobně analyzovány, rozříděny a vyhodnoceny tak, že mohly být použity pro parametrizaci základních klasifikačních jednotek bonitace, k BPEJ byly přiřazeny parametry (normativy) naturálních výnosů hlavních polních plodin a k nim příslušejících nákladů, platné pro určité časové období. Výnosové parametry, získané prvně pro r. 1980, byly za gesce VÚRV v Praze 6-Ruzyni periodicky aktualizovány (ve spolupráci s odvětvovými výzkumnými ústavami rostlinné výroby) k časovým horizontům 1985, 1990 a 1997.

V současné době má bonitace ZPF podobu **bonitačního informačního systému**, složeného ze dvou vzájemně propojených částí - půdně-kartografického informačního systému a numerické datové báze.

Půdně-kartografický informační systém je tvořen souborem map s prostorovým vymezením BPEJ, označených pětímístním číselným kódem, údaji o jejich výměře a pořadovým číslem lokality. Systém sestává z přibližně 27 200 map.

Bonitační **numerická datová báze** byla zpracována jako jednotná flexibilní soustava informací, umožňující průběžnou aktualizaci, doplňování a rozšiřování. Vnitřně je členěna do agroekologického a ekonomického bloku.

Agroekologický blok datové báze zahrnuje agroekologickou charakteristiku ZPF, založenou na výsledcích terénního průzkumu půd (evidovaných na kartách Záznamy BPEJ). Reguluje údaje charakterizující **klimatické regiony bonitace**, morfogenetické a zrnitostní vlastnosti půdy dané příslušností k tzv. **hlavní půdní jednotce**, svažitost a expozici ke světovým stranám, skeletovitost (štěrkovitost, kamenitost) a hloubku půdního profilu. Obsahuje však i další doplňující charakteristiky, vč. údajů o nadmořské výšce, reliéfu blízkého okolí, trvalých překážkách ztěžujících obdělávatelnost půdy (např. výskyt teras, balvanů apod.) a

některé další charakteristiky. Všechny údaje se vztahují k jednotlivým BPEJ a v některých případech i ke katastrálním územím.

Odpovědným správcem kartografického informačního systému a agroekologického bloku datové báze je Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha-Zbraslav (VÚMOP).

Ekonomický blok datové báze zahrnuje údaje vyjadřující ekonomickou charakteristiku mapovaných BPEJ, především soustavu produkčních parametrů naturálních výnosů deseti hlavních plodin na orné půdě (pšenice, žito, ječmene, oves, kukuřice na zrna, řepky, brambor, cukrovky, kukuřice na siláž, vojtěšky a jetele), které zabírají více než 95 % osevních ploch ČR a trvalých travních porostů. Tento blok umožňuje i zapojení cenových informací pro jednotlivé oceňovací plodiny.

Pro účely srovnávání produkční schopnosti zemědělských půd byly do ekonomického bloku datové báze zapojeny i údaje o ocenění produkce v energetických jednotkách ($GJ.t^{-1} = 10^9 J.t^{-1}$), vyjadřující energetický obsah ekonomicky využívané sušiny biomasy hlavního i vedlejšího produktu hlavních polních plodin.

Pro výpočet územně ekonomických parametrů za celou rostlinnou výrobu jsou do stejného bloku zařazeny různé druhy typových oceňovacích struktur plodin na orné půdě, zpracovaných pro skupiny BPEJ, u kterých jsou předpoklady shodného nebo podobného zaměření a využití.

Od roku 1990 byla bonitační datová báze v souvislosti s přechodem na tržní ekonomiku v několika směrech inovována a doplňována, zejména o zpracované úřední ceny zemědělské půdy u jednotlivých BPEJ, o tržní ceny zemědělských pozemků v katastrálních územích, o nové zemědělské výrobní oblasti a některé další informace. Odpovědným správcem ekonomického bloku datové báze bonitace a oceňování půdy je Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky Praha (VÚZE).

Agroekologický blok - soustava bonitovaných půdně-ekologických jednotek

Jak již bylo uvedeno, výchozími podklady pro výzkum a ekonomické hodnocení agroekologických podmínek zemědělské výroby jsou materiály a mapy komplexního průzkumu zemědělských půd - KPP (Mašát, 1974, 1984).

Pro bonitaci ZPF bylo však potřeba vyhodnotit nejen základní půdní vlastnosti, ale i další agroekologické faktory (klíma, reliéf terénu atd.). Proto byla pro účely bonitace zpracována soustava bonitovaných půdně-ekologických jednotek České republiky.

V obecném pojetí se pod pojmem *půdně-ekologická jednotka* chápe specifický územní celek, který má v důsledku interaktivního působení jednotlivých složek přírodního prostředí (půda, klíma, reliéf terénu apod.) konkrétní agroekologické vlastnosti, projevující se určitou hodnotou produkčního potenciálu.

Pro účely bonitace zemědělských půd je základní mapovací a oceňovací jednotkou *bonitovaná půdně-ekologická jednotka* (BPEJ). Od výše zmíněné půdně-ekologické jednotky se BPEJ odlišuje zejména tím, že je „agronomizována“, tzn. definována na základě agronomicky zvláště významných charakteristik klimatu, půdy a konfigurace terénu a je tudíž možné k ní přiřadit parametrizované (normativní) údaje o produkčním potenciálu hlavních zemědělských plodin (i rostlinné výroby jako celku) a rovněž ekonomického efektu, který za daných vnějších podmínek a v daném období přináší. Soustava BPEJ tak zobrazuje všechny charakteristické kombinace základních a v relativně dlouhodobém časovém horizontu poměrně stabilních vlastností určitých úseků zemědělského území, které jsou vzájemně odlišné a poskytují i rozdílné produkční a ekonomické efekty.

Soustava BPEJ byla vypracována na základě podrobného vyhodnocení vlastností klimatu, morfogenetických vlastností půd, charakteristických půdotvorných substrátů a jejich skupin, svažitosti pozemků, jejich expozice ke světovým stranám, skeletovitosti a hloubky půdního profilu.

Vlastnosti BPEJ jsou v bonitačních mapách i datové bázi vyjádřeny pětimístným číselným kódem:

1. číslice značí příslušnost ke klimatickému regionu bonitace,
2. a 3. číslice určuje příslušnost k hlavní půdní jednotce,
4. číslice vyjadřuje kombinaci údajů svažitosti a expozice ke světovým stranám,
5. číslice je kombinací údaje o skeletovitosti a hloubce půdního profilu.

Klimatické regiony (KR) zahrnují území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro růst a vývoj zemědělských plodin. Byly vyčleněny na základě podkladů Hydrometeorologického ústavu v Praze výhradně pro účely bonitace ZPF. Za určující kritérium KR byly jednotně stanoveny sumy průměrných denních teplot vzduchu nad +10 °C, doplněné průměrnými ročními teplotami vzduchu, průměrným ročním úhrnem srážek, pravděpodobností výskytu suchých vegetačních období a údajem o vláhové jistotě. Podrobná charakteristika klimatických regionů ČR je uvedena v tabulce č. 1.

Tabulka 1 - Charakteristika klimatických regionů ČR

Kód regionů	Symbol regionů	Charakteristika regionů	Suma teplot nad +10 °C	Průměrná roční teplota [°C]	Průměrný roční úhrn srážek v [mm]	Pravděpodobnost suchých vegetačních období	Vláhová jistota
0	VT	velmi teplý, suchý	2 800 - 3 100	9-10	500-600	30-50	0-3
1	TI	teplý, suchý	2 600 - 2 800	8-9	<500	40-60	0-2
2	T2	teplý, mírně suchý	2 600 - 2 800	8-9	500 - 600	20-30	2-4
3	T3	teplý, mírně vlhký	2 500 - 2 800	(7) 8-9	550 - 650 (700)	10-20	4-7
4	MT1	mírně teplý, suchý	2 400 - 2 600	7-8,5	450 - 550	30-40	0-4
5	MT2	mírně teplý, mírně vlhký	2 200 - 2 500	7-8	550-650(700)	15-30	4- 10
6	MT3	mírně teplý (až teplý), značně vlhký	2 500 - 2 700	7,5 - 8,5	700-900	0-10	10
7	MT4	mírně teplý, vlhký	2 200 - 2 400	6-7	650 - 750	5-15	10
8	MCH	mírně chladný, vlhký	2 000 - 2 200	5-6	700-800	0-5	10
9	CH	chladný, vlhký	pod 2 000	5	>800	0	10

Pramen: VÚZE (Klečka, 1973)

V ČR bylo vymezeno celkem 10 klimatických regionů, označených kódy 0-9, viz mapa klimatických regionů v ČR na obr. 10.

Hlavní půdní jednotka (HPJ) je účelové seskupení půdních forem, příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány morfogenetickým půdním typem, sub-typem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a u některých HPJ výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu.

Při hodnocení zrnitosti půdy, která je v soustavě BPEJ ČR zahrnuta do popisu HPJ, vycházela klasifikace z půdního profilu do 0,6 m. V případě specifických kombinací zrnitosti (např. p/jv) byly vyčleňovány samostatné BPEJ. Kategorie zrnitosti půdy jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 - Klasifikace zrnitosti půdy

Pořadové číslo	Označení	Charakteristika zrnitosti	Druh půdy
I	p, hp	písčítá, hlinitopísčítá	lehká
II	ph	písčitohlinitá	střed, lehčí
III	h	hlinitá	střed, typic.
IV	jh	jilovitohlinitá	těžká
V	ju, j	jilovitá, jil	velmi těžká

Pramen: VÚZE (Klečka, 1973)

Přiřazením údaje o klimatickém regionu k charakteristice HPJ vzniká tzv. *hlavní půdně-klimatická jednotka (HPKJ)*, která je vyšší taxonomickou jednotkou soustavy BPEJ.

Na mapách, kartách a v souvisejících materiálech je označena počátečními třemi číslicemi pětimístného kódu (kód klimatického regionu s kódem HPJ).

- Další půdně-ekologické faktory jsou označeny 4. a 5. číslicí kódu soustavy BPEJ ČR:
4. číslice kódu BPEJ vyjadřuje kombinovaný údaj o svažitosti a expozici ke světovým stranám (podrobná stupnice je uvedena v tabulce č. 3),
 5. číslice kódu BPEJ vyjadřuje kombinovaný údaj o skeletovitosti a hloubce půdního profilu (charakteristiky jsou uvedeny v tabulce č. 4).

Tabulka 3 - Charakteristika kombinace svažitosti pozemku a jeho expozice

Kód	Svažitost	Expozice ¹⁾
0	0-3° rovina (0-1)	všesměrná (0)
1	3-7° mírný svah (2)	všesměrná (0)
2	3-7° mírný svah (2)	jih (JZ - JV) (1)
3	3-7° mírný svah (2)	sever (SZ - SV) (3)
4	7-12° střední svah (3)	jih (JZ - JV) (1)
5	7-12° střední svah (3)	sever (SZ - SV) (3)
6	12-17° výrazný svah (4)	jih (JZ - JV) (1)
7	12-17° výrazný svah (4)	sever (SZ - SV) (3)
8	17-25° příkrý svah až sráz (5-6)	jih (JZ - JV) (1)
9	17-25° příkrý svah až sráz (5-6)	sever (SZ - SV) (3)

¹⁾ Samostatně se uvažuje expozice jižní u KR 0, 1, 2, 3, 4 a 5 jako negativní a zbývající expozice se slučují; v KR 6, 7, 8 a 9 se samostatně uvažuje expozice severní jako negativní a expozice východ-západ se uvažují jako sobě rovné.

Pramen: VÚZE (Klečka, 1973)

Tabulka 4 - Charakteristika kombinace skeletovitosti a hloubky půdního profilu

Kód	Skeletovitost	Hloubka ²⁾
0	žádná (0)	hluboká (0)
1	žádná až slabá (0-1)	hluboká až středně hluboká (0/1)
2	slabá (1)	hluboká (0)
3	střední (2)	hluboká (0)
4	střední (2)	hluboká až středně hluboká (0-1)
5	slabá (1)	mělká (2)
6	střední (2)	mělká (2)
7	žádná až slabá (0-1)	hluboká až středně hluboká (0-1)
8	střední až silná (2-3)	hluboká až mělká (0-2)
9	žádná až silná (0-3)	hluboká až mělká (0-2)

²⁾ Vyjadřuje hloubku části půdního profilu omezenou buď pevnou horninou, nebo silnou skeletovitostí.

Pramen: VÚZE (Klečka, 1973)

Terénní průzkum a mapování BPEJ

Při mapování BPEJ byla dodržována zásada, že všechny složky prostředí jsou rovnocenné a při určování příslušnosti určité lokality ke konkrétní BPEJ nejsou rozhodující jen morfogenetické vlastnosti půd, klima a reliéf terénu, ale stejně významné jsou i obsah půdního skeletu, hloubka půdy, expozice a některé další fyzikálně-chemické vlastnosti půd.

Podle těchto kritérií (Mašát, 1974) byly v letech 1974 - 1978 vymezeny a zakresleny BPEJ na mapách v měřítku 1 : 5000 (SMO-5) ve všech katastrálních územích ČR, s výjimkou lokalit zvláštního určení, na kterých byla bonitace provedena speciálními organizacemi (vojenské Újezdy apod.).

Předmětem mapování byla veškerá zemědělská půda, tj. orná půda (OP), trvalé travní porosty (TTP), speciální (sady, chmelnice, vinice) a ostatní kultury.

Plošně byly vymezeny a na mapách zakresleny všechny významně rozdílné lokality BPEJ větší než 0,5 ha (5000 m²) a u nekонтastních, agronomicky příbuzných jednotek lokality větší než 3 ha.

Za výraznou kontrastnost byla považována odlišnost svazitosti nejméně o 5°, rozdílnost zrnitosti, skeletovitosti a hloubky půdního profilu minimálně o dvě kategorie, dále dlouhodobé zamokření, terasy, úvozy, strže apod.

Závěry bonitačního mapování byly shrnuty v planimetrálních listech, protokolárně potvrzeny všemi zainteresovanými účastníky šetření a jsou archivovány ve VÚMOP Praha 5-Zbraslav.

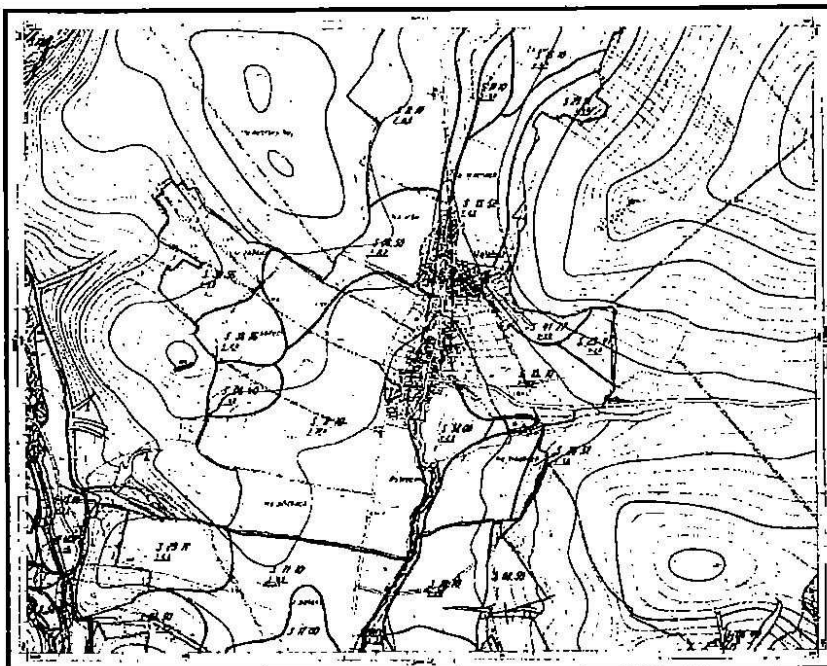
Vyhodnocení, sumarizace a předání výsledků bonitačního mapování

Na základě terénního průzkumu v každém okrese byly vypracovány sestavitelské originály map BPEJ v měřítku 1: 5000. Číselné údaje byly současně uloženy do bonitační numerické datové báze. Na základě sestavitelských originálů byly ve spolupráci s Českým úřadem geodézie a kartografie vytištěny mapy BPEJ, které byly v r. 1985 předány uživatelům. V současné době se nachází na okresních pozemkových úřadech ve všech okresech ČR a v digitální podobě na okresních pracovištích Katastrálního úřadu.

V mapách jsou BPEJ popsány základním pětimístným kódem. Kromě toho je každá lokalita v rámci katastrálního území označena svým pořadovým číslem a výměrou. Tyto údaje

jsou uvedeny ve zlomku pod základním kódem. Dále jsou v mapách BPEJ zakresleny osamělé pahorky a skalky, lomy, haldy a navážky, osamělé vývěry a lokality s výskytem balvanů ve dvou stupních intenzity. Podle stavu v době mapování jsou vyznačené neplodné plochy a vodní plochy. V zastavěném území (intravilány obcí a menších měst) je průběh hranic BPEJ vymezen přerušovanou silnou čarou, zatímco hranice katastrálních území tenkou čerchovanou.

Obr. 1 - Mapa bonitovaných půdně-ekologických jednotek 1 : 5 000 - BPEJ (Mašát, 1980)



Využití map BPEJ

Mapy BPEJ jsou důležitou pomůckou při ocenění zemědělské půdy a zemědělských pozemků, při řešení otázek racionálního uspořádání, zúrodňování, ochrany a využívání ZPF v souladu s jeho produkčním potenciálem a ekonomickou efektivností a při řešení pozemkových úprav. Jsou však i důležitým zdrojem pro získávání základních kvantitativních i kvalitativních informací o morfogenetických vlastnostech půd, reliéfu terénu a klimatu (Bedrna, 1988).

Hodnocení půdně-klimatických vlastností bodovou metodou

Ocenění půdních vlastností bodovou metodou bylo metodicky zpracováno ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půd Praha-Zbraslav počátkem 80. let (Novák, 1995). Vychází z relativního ocenění hlavních půdních jednotek (HPIJ), svažitosti a expozice (S + E), kamenitosti a hloubky půdy (K + H) v bodech. Nejlepší BPEJ je oceněna 100 body. Toto celkové ocenění je korigováno vlivem klimatických podmínek, charakterizovaných klimatickým regionem (KR).

Pro tento účel byla použita synteticko-parametrická metoda jednotného bodového hodnocení všech BPEJ v ČR podle vzorce:

$$BH_{BPEJ} = (B_{HPJ} + B_Z + B_{SE} + B_{KH}) \cdot K_{KR}$$

kde:

B_{HPJ}	body za hlavní půdní jednotku v rozsahu 1-50 bodů
B_Z	body za zrnitost v rozsahu 1-25 bodů
B_{SE}	body za svažitost (S) a expozici (E) v rozsahu 0-10 bodů
B_{KH}	body za kamenitost (K) a hloubku půdy (H) v rozsahu 0-15 bodů
K_{KR}	koeficient za klimatický region v rozsahu 0,60 - 1,00

Příslušné bodové hodnoty a koeficienty jsou odvozeny na základě analýzy vztahu mezi hektarovými výnosy hlavních zemědělských plodin (pšenice, ječmen, kukuřice na siláž a víceleté pícniny) na přesně definovaných 7000 stanovištích v období roku 1973 až 1980.

Pro výpočet vlivů působení jednotlivých faktorů (zrnitost, svažitost, klima apod.) byla užitá faktorová analýza a metoda analýzy rozptylu. Protože nebylo možné získat hodnověrné statistické údaje o hektarových výnosech na všech 1818 BPEJ, bylo nutno využít i prvky parametrické (normativní) metody.

Produkční potenciál pak vyjadřuje výnosové relace jednotlivých (hlavních) plodin nebo celkové produkce určité struktury rostlinné výroby mezi různými půdně-klimatickými podmínkami, dosahované v 70. letech při ekonomicko-politickém klimatu tehdejšího období. Metodika hodnocení produkční schopnosti půd bodovou metodou půdně-klimatických podmínek je uložena ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půd Praha-Zbraslav (VÚMOP).

Nejvyšší bodová ocenění, tj. 100 bodů, má BPEJ 06000, tj. lužní půdy na nivních uloženinách v nultém klimatickém regionu.

8.3 Bilance energie

Energetické veličiny představují významné posuzovací měřítko k hodnocení zemědělských produkčních metod. Výhodou energetického pozorování je možnost zpětného hodnocení značného počtu rozdílných technologických procesů z hlediska úrovně vstupů a výstupů vztažených na identickou jednotku (plochu, případně zvíře). Tímto způsobem lze posuzovat a porovnávat produkční výkony, zejména s ohledem na spotřebu osiva, hnojiv, pesticidů, paliva, apod. (HEYLAND, SOLANSKY, 1979; SWANTONA a kol., 1996; KALK, HULSBERGEN, 1997). Tímto způsobem lze provádět i ekobilance vztažené na produkt, resp. na produkční proces (KALTSCHMITT a kol., 1997).

Tak jako i u ostatních indikátorů, je bilancování energie možné posuzovat na rozdílných úrovních, od pozemku, přes podnik, až po region. Vedle toho zde hraje roli také časový aspekt. UHLIN (1997 a 1998) poukazuje v této souvislosti obzvlášť na prokazatelnou změnu ve spotřebě energie v posledních desetiletích.

Energetické hodnocení může být vztaženo bez dodatečných problémů na rozdílné produkční metody z rostlinné i živočišné produkce. Stejnou měrou lze pak porovnávat ekologické a integrované zemědělské podniky podle jednotného měřítka (REFSGAARD a kol., 1998; HALBERG, 1999; HULSBERGEN, KALK 2001).

V energetické bilanci jsou zohledněny spotřebovávané „nosiče energie“, zejména fosilní zdroje, jako vstupy a vnitropodnikové energetické toky a odvod energie jako výstupy. K hodnocení energetické efektivity pěstebních metod mohou být použity různé veličiny (energetický zisk, intenzita energie, poměr vstupů a výstupů). Výchozí údaje pro stanovení těchto parametrů jsou energetické vstupy a výstupy, popř. výnos plodin přepočtený na obilní jednotky.

Dobře jsou prozkoumány energetické bilance různých systémů zpracování půdy. Systémy bez orby prokazují zlepšenou energetickou bilanci, i když je s tím spjata zvýšená spotřeba pesticidů (CLEMENTS a kol., 1995; CHAMEN a kol., 1996; SWANTON a kol., 1996).

Úzký vztah mezi výnosy a spotřebou energie umožňuje relativně jednoduché provádění bilance energie v rámci simulačních studií s využitím modelů chování zemědělských systémů.

Energetické hodnocení pěstebních systémů je jeden z centrálních indikátorů s dobrou srovnávací hodnotou a schopností určení hranic. Na bázi výnosů a znalosti produkčních metod může být datová základna charakterizována dostatečně přesně na všech úrovních. Pro detailnější interpretaci jsou nezbytné informace o výnosech nebo výnosovém potenciálu plodin.

Energetické hodnocení produkčních procesů v rostlinné produkci

Účelem energetického hodnocení je odhalovat existující rezervy a optimalizovat energetické vklady do výrobního procesu z hlediska dosažení co nejvyššího výrobního efektu při nízké měrné spotřebě energie (PREININGER, 1987).

Při fotosyntéze je přímá sluneční energie absorbována, vázána a uložena v energetických organických substancích rostlinné biomasy. Agroekosystémy jsou na rozdíl

od přírodním ekosystémům ovlivňovány zásahy lidí ve formě vstupů fosilní energie. Lze rozlišit dva způsoby spotřeby energie:

- přímá spotřeba energie (paliva, el. proud,..) v rámci systémové hranice podnik, tedy spotřeba bezprostředně v produkčním procesu,
- nepřímá spotřeba energie (hnojiva, pesticidy, stroje a nářadí,...).

Energetické bilance v rostlinné produkci jsou prováděny podle různých přístupů a podle cílů a sledovaných úrovní systému. Univerzální standardní metodika nebyla dosud vytvořena (JONES 1989; DIEPENBROCK a kol. 1995; KALK, HULSBERGEN 1997). Toto ztěžuje srovnání jednotlivých výsledků a vyžaduje detailní popisy metodického přístupu.

JONES (1989) vytváří hierarchii zkoumaných metod energetických analýz zemědělských systémů:

- termodynamická analýza – staví nejvyšší nároky, zahrnuje nejen všechny energetické toky, ale také entropie a pořádek(stavba) systému,
- analýza ekosystémů – zahrnuje sluneční energii, přičemž vzniká problém s vytvořením stupnice týkající se přísunu sluneční energie, neboť tato přesahuje spotřebu fosilní energie řádově o 10^3 ,
- analýza procesu - hodnotí všechny vstupy fosilní energie do zemědělského systému,
- analýza přímých energetických vstupů - týká se pouze spotřeby nafty.

Často používaný energetický parametr je „output netto energie“ (též energetický zisk nebo netto výnos energie). Dalšími užívanými parametry jsou „intenzita energie“, vyjadřující spotřebu energie na jednotku produktu nebo poměr vstupů a výstupů energie.

Energetické výrobní vstupy zahrnují energii vnějšího prostředí (energie slunečního záření, energie akumulovaná v půdě, energie atmosféry a energie infrastruktury okolního prostředí) a přímé (energie lidské práce, fosilní energie, jiné energetické zdroje), resp. nepřímé technologické vklady (energie ve strojích, energie výrobků chemického průmyslu, energie organických hnojiv, energie osiv a ostatní energetické vstupy).

Energetické výstupy (produkce energie) se člení na energii užité rostlinné produkce, tj. energetického obsahu hlavního produktu a energetického obsahu vedlejšího produktu, energii rostlinných zbytků (včetně kořenové biomasy), nevratných energetických ztrát.

Celková produkce sušiny je významným měřítkem intenzity výroby bez ohledu na její následné užití. Nejuniverzálnější metodou výpočtu energetického obsahu rostlinné produkce je stanovení brutto energie (spalného tepla) jednotky sušiny sklizené hmoty. Pro účely energetické analýzy je výhodné vyčíslit i netto energii z množství vyprodukovaných škrobových jednotek.

Energetický zisk se definuje jako rozdíl mezi získanou a vloženou energií.

Měrná spotřeba energií v $GJ.t^{-1}$ se vypočítává buď jako celková spotřeba energií na jednotku konečné produkce nebo jako spotřeba určitého druhu energie (nafta) na jednotku konečné produkce.

Model REPRO vytvořený na Zemědělské fakultě Univerzity Martina Luthera (Halle-Wittenberg, SRN) umožňuje provádět bilanci spotřeby fosilní energie v rostlinné produkci, která zahrnuje přímou a nepřímou energii. Sluneční energie a lidská práce nejsou v bilanci zahrnuty.

Definice užitých energetických veličin v modelu REPRO:

E _i	=	E _S + E _{MD} + E _{OD} + E _{PSM} + E _M
E	=	E _d + E _i
EO	=	EB + E _{BS}
EOn	=	EO - E
EI	=	E / GE
OI	=	EO / E

Symbol	jednotka	Označení
E	GJ ha ⁻¹	Energieinput
E _d	GJ ha ⁻¹	přímá spotřeba energie
E _i	GJ ha ⁻¹	nepřímá spotřeba energie
E _S	GJ ha ⁻¹	spotřeba energie pro produkci osiva
E _{MD}	GJ ha ⁻¹	spotřeba energie pro produkci minerálních hnojiv
E _{OD}	GJ ha ⁻¹	spotřeba energie organických hnojiv, substituční hodnota
E _{PSM}	GJ ha ⁻¹	spotřeba energie pro produkci pesticidů
E _M	GJ ha ⁻¹	spotřeba energie pro produkci strojů
EO	GJ ha ⁻¹	Energieoutput
EB	GJ ha ⁻¹	Bruttoenergie, fyzikální hodnota spalného tepla sklizené biomasy
E _{BS}	GJ ha ⁻¹	Bruttoenergie vysetého osiva
EOn	GJ ha ⁻¹	Netto-energieoutput
EI	MJ OJ ⁻¹	Intenzita energie
GE	OJ ha ⁻¹	výnos v obilních jednotkách
OI		Output / Input - poměr

Literatura:

- CLEMENTS, D.R., WEISE, S.F., BROWN, R., STONEHOUSE, D.P., HUME, D.J., A SWANTON, C.J. (1995): Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52, 119-128. In: CHRISTEN, O., (2002): Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft, Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn, s. 54.
- DIEPENBROCK, W., D. ROST A RADTKE, J., (1995): Energiebilanz im Ackerbaubetrieb. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) Darmstadt. Arbeitspapier 211. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup. In: HÜLSBERGEN, K.-J., (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme, Shaker Verlag, Aachen, s. 91.
- HALBERG, N., 1999: Indicators of resource use and environmental impact for use in a decision aid for Danish livestock farmers. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 76, p. 17-30.
- HEYLAND, K.-U., SOLANSKY, S., (1979): Energieeinsatz und Energieumsetzung im Bereich der Pflanzenproduktion. In: CHRISTEN, O., (2002): Indikatoren für eine

- nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft, Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn, s. 54.
- HÜLSBERGEN, K.-J., A KALK, W.-D., (2001): Energy balances in different agricultural systems – can they be improved. 2001 Dahlia Greidinger Symposium. In: CHRISTEN, O., (2002): Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft, Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn, s. 54.
- CHAMEN, W.C.T., COPE, R.E., LONGSTAFF, D.J., PATTERSON, D.E. A RICHARDSON, C.D., (1996): The energy efficiency of seedbed preparation following mouldboard ploughing. Soil and Tillage Research, 39, p. 13-30.
- JONES, M.R., (1989): Analysis of the use of energy in agriculture – approaches and problems. Agricultural systems, 29, p. 339-355.
- KALK, W.-D., A HÜLSBERGEN, K.-J., (1997): Energiebilanz- Methode und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: CHRISTEN, O., (2002): Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft, Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn, s.54
- KALTSCHMITT, M., REINHARD, G.A., A STELZER, T., (1997): Ansätze einer Ökobilanz von RME am Beispiel von Energie- und Emissionsbilanzen. In: CHRISTEN, O., (2002): Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft, Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn, s. 54.
- PREININGER, M. (1987): Energetické hodnocení výrobních procesů v rostlinné výrobě. Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe, č. 7, ÚVTIZ, Praha, 29 s.
- REFSGAARD, K., HALBERG, N., A KRISTENSEN, E.S., (1998): Energy utilization in crop and dairy production in organic and conventional livestock production systems. Agricultural Systems, 57, p. 599-630.
- SWANTONA, C.J., MURPHY, S.D., HUME, D.J. A CLEMENTS, D.R., (1996): Recent Improvements in the Energy Efficiency of Agriculture: Case Studies from Ontario, Canada. Agricultural Systems, 52, p. 399-418.
- UHLIN, H.-E., (1998): Why Energy Productivity is Increasing: An I-O Analysis of Swedish Agriculture. Agricultural Systems, 56, p. 433-465.