

Mendelova univerzita v Brně  
Agronomická fakulta

# SYSTÉMY ROSTLINNÉ VÝROBY

prof. Ing. Jan Křen, CSc.  
Ing. Soňa Dušková Ph.D.

**Mendelova univerzita v Brně  
Agronomická fakulta**

# **SYSTÉMY ROSTLINNÉ VÝROBY**

**prof. Ing. Jan Křen, CSc.  
Ing. Soňa Dušková Ph.D.**

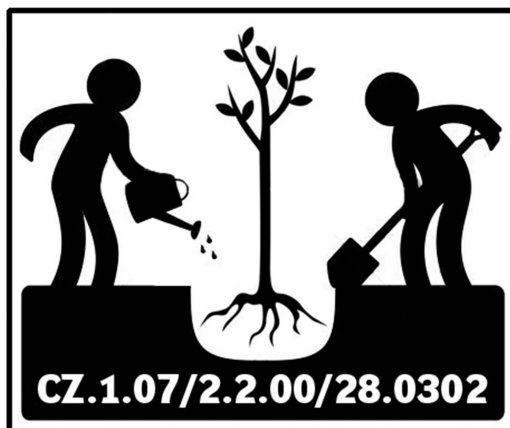
**Brno, 2015**



**INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ**



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



*Tato publikace je spolufinancována z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.*

*Byla vydána za podpory projektu OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0302 Inovace studijních programů AF a ZF MENDELU směřující k vytvoření mezioborové integrace.*

© prof. Ing. Jan Křen, CSc., Ing. Soňa Dušková Ph.D., 2015

ISBN 978-80-7509-203-8

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>ZEMĚDĚLSTVÍ JAKO AGROEKOSYSTÉM</b> .....	<b>7</b>
2.1	Ekologické limity .....	7
2.2	Externality zemědělské činnosti a hodnocení mimoprodukčních funkcí zemědělství ...	10
<b>3</b>	<b>SOUČASNÉ ZPŮSOBY HOSPODAŘENÍ</b> .....	<b>12</b>
3.1	Konvenční zemědělství .....	13
3.2	Ekologické zemědělství .....	14
3.3	Integrované zemědělství .....	16
3.4	Precizní zemědělství .....	17
3.5	Specializace v rostlinné produkci .....	18
3.6	Multifunkční zemědělství .....	18
3.7	Volba způsobu hospodaření .....	20
<b>4</b>	<b>HIERARCHIE SYSTÉMU A ČASOPROSTOROVÉ VYMEZENÍ V ROSTLINNÉ PRODUKCI</b> .....	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>OPTIMALIZACE SYSTÉMU NA ÚROVNI POPULACE</b> .....	<b>24</b>
5.1	Agronomické aspekty tvorby a optimalizace pěstebních technologií polních plodin ...	24
5.1.1	Obecné úvahy .....	24
5.1.2	Význam odrůdy a odrůdové skladby (G) .....	27
5.1.3	Neovlivnitelná a málo ovlivnitelná část prostředí (P) .....	29
5.1.4	Ovlivnitelná část prostředí – pěstební technologie (T) .....	29
5.2	Ekonomické aspekty optimalizace pěstebních technologií polních plodin .....	32
<b>6</b>	<b>TRVALÁ UDRŽITELNOST ZEMĚDĚLSKÝCH SYSTÉMŮ A JEJÍ DIMENZE</b> .....	<b>34</b>
6.1	Hodnocení udržitelnosti .....	35
6.1.1	Třídění indikátorů .....	37
6.1.2	Zpracování dat do indikátorů .....	39
6.1.3	Prostorová a časová dimenze hodnocení využívajícího indikátory .....	41
6.2	Metody a indikátory pro komplexní hodnocení systémů rostlinné výroby .....	42
6.2.1	Bilance živin .....	43
6.2.2	Bilance organické hmoty .....	53
6.2.3	Hodnocení produktivity rostlinné výroby podniku .....	55
6.2.4	Hodnocení systému ochrany rostlin .....	56
6.2.5	Pokryvnost půdy .....	57
6.2.6	Ekologická infrastruktura .....	57
6.3	Optimalizace agrosystému na úrovni podniku .....	58
<b>7</b>	<b>PROJEKTOVÁNÍ SYSTÉMŮ ROSTLINNÉ PRODUKCE NA ÚROVNI ZEMĚDĚLSKÉHO PODNIKU</b> .....	<b>64</b>
7.1	Analýza podmínek .....	64
7.1.1	Rajonizace produkčního území ČR, produkční podmínky .....	64
7.1.2	SWOT analýza .....	67
7.1.3	Omezení pro zemědělskou produkci .....	70
7.2	Návrh struktury produkce .....	71
7.3	Systém rostlinné výroby a jeho součásti .....	71
7.3.1	Osevní postup .....	72

7.3.2	Výživa a hnojení rostlin .....	74
7.3.3	Ochrana rostlin .....	77
7.3.4	Pěstební technologie.....	77
7.4	Hodnocení navrženého systému .....	78
7.4.1	Fyzikální a biologické ukazatele.....	78
7.4.2	Ekonomické ukazatele .....	81
7.4.3	Sociální ukazatele.....	83
7.4.4	Celkové zhodnocení rostlinné produkce .....	83
<b>8</b>	<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>84</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1: Historický vývoj produktivity zemědělství .....	13
Obrázek 2: Strukturní úrovně agrosystémů a jejich časové a prostorové znázornění .....	21
Obrázek 3: Znázornění možných situací při optimalizaci proměnných produkčních procesů (WEINER, 2003) .....	23
Obrázek 4: Schématické znázornění vztahů v interakci G x P x T .....	26
Obrázek 5: Schématické znázornění pěstební technologie polní plodiny jako jednoho z modulů (dílků částí) agrosystému.....	26
Obrázek 6: Dříve používané znázornění působení produkčních faktorů při intenzifikaci pěstování Obilnin (ŘEZÁČ, 1970) .....	31
Obrázek 7: Přehled tří základních typů produkčních faktorů a jím odpovídajících produkčních úrovní (RABBINGE, 1993) .....	31
Obrázek 8: Vztahy mezi ekonomickými charakteristikami při optimalizaci pěstebních technologií polních plodin .....	33
Obrázek 9: Schématické znázornění dimenzí (pilířů) a indikátorů setrvalého rozvoje .....	35
Obrázek 10: Grafické znázornění obecných indikátorů setrvalého rozvoje.....	36
Obrázek 11: Znázornění vztahů mezi indikátory v systému hnací síla – stav – odezva .....	38
Obrázek 12: Příklady funkcí použitelných pro normalizaci indikátorů .....	40
Obrázek 13: Schéma agregace výsledků z jednotlivých pozemků pro různé kategorie uživatelů.....	41
Obrázek 14: Příklady rozdílů v dynamice obsahu amonného dusíku v půdě v jednotlivých letech .....	45
Obrázek 15: Schéma propočtu bilance živin.....	46
Obrázek 16: Změny stavu hospodářských zvířat v ČR v letech 1980–2013. ....	50
Obrázek 17: Změny dodávky živin do půdy v letech 1990–2011.....	51
Obrázek 18: Vývoj zastoupení kategorií zásobenosti orné půdy v ČR fosforem v letech 1961–2012 dle agrochemického zkoušení půd .....	51
Obrázek 19: Vývoj zastoupení kategorií zásobenosti orné půdy v ČR draslíkem v letech 1961–2012 dle agrochemického zkoušení půd .....	52
Obrázek 20: Změny charakteristik úrodnosti orné půdy v ČR v období 1990–2012 .....	52
Obrázek 21: Vývoj výnosů vybraných polních plodin na území ČR v období 1950–2013.....	53
Obrázek 22: Úrovně organizace v biologii s vyznačením úrovní (*), kterými se zabývá ekologie a zemědělství .....	58
Obrázek 23: Schématické znázornění SWOT analýzy.....	67
Obrázek 24: Schématické znázornění možných strategií rozvoje firmy na základě výsledků SWOT analýzy.....	70
Tabulka 1: Porovnání charakteristik modelu zemědělství jako „továrny“ a jako „ekosystému“ .....	22
Tabulka 2: Možnosti optimalizace systému GxPxT šlechtění a pěstováním .....	29
Tabulka 3: Vývoj struktury organické hmoty dodávané v ČR do půdy (Smutný) .....	55
Tabulka 4: Obecné a specifické sociální hodnoty a zájmy v zemědělství (VEREIJKEN, 1999) .....	59
Tabulka 5: Vybrané indikátory a hlavní cíle, které jimi lze kvantifikovat.....	60
Tabulka 6: Vhodnost použití vybraných indikátorů setrvalosti .....	60
Tabulka 7: Vazby mezi vybranými metodami a cíli, které jimi lze ovlivňovat.....	61
Tabulka 8: Doporučené dávky statkových hnojiv (t/ha) k jednotlivým plodinám.....	75
Tabulka 9: Vliv doby a podmínek zaorání hnoje na ztráty dusíku (%), (ČVANČARA, 1962) .....	75

## 1 ÚVOD

V provozu rostlinné výroby se uplatňuje velké množství různých faktorů, které se navzájem ovlivňují. Analýza systémů hospodaření na půdě proto vyžaduje komplexní přístup, který umožňuje vytvořit si ucelený pohled na agrosystém zemědělského podniku jako celku, ne pouze na jeho dílčí části či užší problematiku pěstování jednotlivých plodin. Na druhou stranu však vyžaduje znalosti ze všech oborů týkajících se rostlinné výroby, od půdoznalství a fyziologie rostlin, přes výživu a ochranu rostlin, po mechanizaci rostlinné výroby a ekonomické vyhodnocení.

Cílem předmětu Systémy rostlinné výroby je naučit:

- systémovému pojetí rostlinné produkce,
- syntéze poznatků z předmětů spojených s rostlinnou produkcí,
- metodám umožňujícím komplexní hodnocení produkčního systému,
- projektování systémů rostlinné výroby v zemědělském podniku,
- vyhodnocení setrvalosti hospodaření a jeho dopadů na životní prostředí.

Výuka navazuje na předměty:

- Geologie a pedologie
- Botanika
- Fyziologie rostlin
- Bioklimatologie
- Mikrobiologie
- Obecná produkce rostlinná
- Výživa a hnojení rostlin
- Mechanizace rostlinné výroby
- Pícninářství
- Fytopatologie a entomologie
- Pěstování polních plodin
- Ekonomika
- Krajinná ekologie

Motto:

„Nikde, na žádném úseku lidské činnosti, není třeba brát v úvahu tolik rozmanitých podmínek pro dosažení úspěchu, nikde není třeba tolik mnohostranných informací a nikde podcenění jednostranného přístupu nemůže způsobit tak velký neúspěch, jako v zemědělství.“

*Kliment Arkandijevič Timirjazev*

*1843-1920*

## **2 ZEMĚDĚLSTVÍ JAKO AGROEKOSYSTÉM**

Zemědělství je dynamický systém založený na biologickém principu, alokovaný do konkrétního prostředí vymezeného abiotickými podmínkami a faktory. Jde tedy o ekosystém (agroekosystém) vytvořený člověkem za účelem produkce biomasy ze zemědělských plodin. Jeho řízení směřuje k dosažení maximální primární produkce pěstovaného druhu při omezení nebo likvidaci populací všech ostatních druhů rostlin (plevelů) a fytofágů (škůdců a patogenů). Co do počtu druhů je zemědělství jednoduchý ekosystém, nicméně stále jde o složitou soustavu vzájemně na sobě závislých a vzájemně se podmiňujících prvků a procesů, včetně prostředků a zařízení vkládaných člověkem. Antropogenní působení značně omezuje autoregulační mechanismy a tím zvyšuje citlivost agrosystémů k výkyvům abiotických i biotických faktorů. Je proto snahou, aby se agroekosystémy dlouhodobě nacházely v rovnovážném stavu, který je nutné uměle udržovat prostřednictvím pěstitelských zásahů. To vyžaduje stálé externí vstupy, především v podobě energie potřebné k pohonu a údržbě zemědělské mechanizace, k výrobě hnojiv, pesticidů, k zavlažování, ke šlechtění odrůd apod. i samotné lidské práce. Pro zemědělský systém je charakteristický dynamický rovnovážný stav, který vzniká právě neustálým přítokem energie a vkladem práce působícím proti přirozenému vývoji sukcese.

Kritériem udržitelného fungování agrosystémů je, vedle vysoké a stabilní produkce kvalitní organické hmoty, při optimálním využití vložené (dodatkové) energie také péče o udržení, lépe zvýšení úrodnosti půdy, jako základního produkčního zdroje rostlinné produkce. Tím že značnou část primární produkce z ekosystému odebíráme, zasahujeme do koloběhu látek a ochuzujeme ekosystém o množství živin a energie. Má-li být zachována stabilní úroveň produktivity, je nutné uvedené ztráty kompenzovat energetickými i materiálovými vstupy. Využíváním ekosystému by nemělo docházet k narušení vodního režimu a úrodnosti půdy, tj. k jeho degradaci a poklesu produkčních vlastností. Nápravná opatření pak představují další značně vysoké energetické vstupy.

### **2.1 Ekologické limity**

Každá plodina, její odrůda a v podstatě celý agroekosystém mají určité krajní hodnoty, kterými je omezena jejich tolerance vůči půdně-klimatickým faktorům stanoviště i faktorům ovládaným člověkem. Rozsah mezi nejvyšší a nejnižší úrovní označujeme jako toleranci (snášlivost), tj. variační rozpětí faktoru, při kterém je zachována funkčnost, tj. schopnost adaptace systému (porostu plodiny, půdního prostředí, celého agroekosystému). V blízkosti minima a maxima snesitelnosti faktorů jsou podmínky pro růst a vývoj, případně fungování



celého agroekosystému již velmi nepříznivé. Za mezními body jsou již procesy tvorby výnosu porostů polních plodin, či funkce agroekosystému silně inhibovány. Ekologické optimum, tj. oblast adaptace, je dosaženo při středních hodnotách působení faktorů. Důležité je ekologické optimum v praxi nepřekračovat, protože to většinou vede k nežádoucím důsledkům. Omezení růstu nebo fungování agroekosystému mohou být vyvolány nejen nedostatkem, ale i přebytkem toho kterého faktoru. Hodnota faktoru, která se této hranici blíží nebo ji překračuje, lze označit jako **ekologický limit**. Nemá-li porost plodiny k dispozici optimum některého faktoru, může dojít ke snížení hranice tolerance k jiným faktorům. Např. špatně živěné rostliny mohou být více náchylné k různým škodlivým činitelům (chorobám, teplotním stresům, apod.).

V provozních podmínkách dosahují jednotlivé faktory (respektive jejich soubor) optima jen zřídka. Také proto, že se požadavky plodin v průběhu vegetace mění. Pěstované plodiny a jejich odrůdy často mají široký rozsah tolerance k jednomu faktoru a naopak úzký k jinému faktoru. O dosaženém výnosu pak rozhoduje faktor, který je za hranicí tolerance. Úkolem je docílit **harmonickou optimalizaci všech faktorů**, nacházet „nejslabší“ faktory, které limitují tvorbu výnosu i kvality produkce a dostat je do optima. Znalost mezních limit má také velký význam pro rajonizaci pěstování polních plodin.

Vysoké a stabilní výnosy lze dosáhnout jen za předpokladu, že požadavky plodin a odrůd jsou co nejvíce v souladu s podmínkami stanoviště. Velká část prováděných pěstebních opatření je zaměřena na eliminaci negativního vlivu různých limitujících faktorů (např. nevyhovující mikroflóra v půdě, zhutnění půdy, nedostatek kyslíku v půdě, výskyt chorob škůdců a plevelů, aj.). Bilance živin v agroekosystémech není obvykle vyvážená. Často dochází k překračování ekologického limitu. Systém se této zátěže zbavuje (např. vyplavování N), což vede k hospodářským ztrátám a ke škodám na životním prostředí.

Nízké nebo naopak nadměrně vysoké úrovně obsahu živin v půdě (které se pohybují mimo hladiny živin uváděné v metodikách výživy rostlin), prahy škodlivosti chorob, škůdců a plevelů, lze proto považovat za určité hrubé ekologické limity. Limitujícím faktorem pro výnos může být i malá schopnost organismu (odrůdy) využít vysoké úrovně faktorů prostředí. Nové výkonné odrůdy jsou citlivější na změny těchto faktorů než odrůdy starší, které vynikaly vyšší plasticitou a stabilitou výnosu. Za ekologický limit minimální biodiverzity agroekosystémů je třeba považovat pěstování minimálně 4 - 5 plodin v jednom zemědělském podniku, i když ekonomické podmínky v mnoha případech nutí často zemědělce tyto hodnoty zastoupení plodin překračovat.

Analýzy a hodnocení způsobů hospodaření a agroekosystémů obvykle vycházejí (výslovně nebo mlčky) z předpokladu, že když vnější podnět v agroekosystému přestane působit, systém se vrátí do původního stavu. Takovéto pojetí odpovídá principům **homeostázy** a je možné jej aplikovat v situacích relativně blízkých **rovnovážnému stavu**. Bohužel nerovnovážné stavy jsou v současných zjednodušených zemědělských systémech spíše pravidlem než výjimkou.

Pokud proměnné charakteristiky agroekosystému (množství živin, dosahované výnosy, zastoupení plodin v osevních postupech) zůstávají v určitých hranicích, rušivé podněty odeznívají. Kvantitativní charakteristiky mohou kolísat, ale kvalitativní charakteristiky přetrvávají a s nimi celý agroekosystém. Kumulace i malých podnětů může vést k překročí hranice homeostáze a náhle se agroekosystém (aniž dával zřetelné varovné signály) ocitne na hranici stability. Začne se nepředvídaně chovat zcela jinak a může zaniknout (ztrácí schopnost setrvalého rozvoje). V nejlepším případě se mění v jiný systém s jinými limity stability. Lze předpokládat, že to závisí na mimořádně složitých kombinacích biologických, chemických a fyzikálních zpětných vazeb, fungujících v rozpětí od biochemických makromolekul k regionálním formacím, od rychlých biochemických reakcí k dlouhodobým změnám podnebí. O hranicích, za kterými začínají nevratné procesy, víme zatím jen velmi málo (MÍCHAL, 1994).

Stabilita systémů má rozdílné aspekty, které se mohou nepřímo úměrně doplňovat. Buď se udržovat v normálním stavu bez výrazných změn, s minimálním kolísáním zvolené podstatné charakteristiky systému, nebo se vracet po mimořádné, třeba značné změně podstatných charakteristik systému co nejrychleji do normálního stavu. Proto je nutné rozlišovat dva typy stability:

- **rezistenci** (odolnost) systému, tj. schopnost zabránit změně během působení rušivého faktoru, měřítkem je rozpětí mezi dvěma stavy (čím menší je rozdíl mezi normálem a odchylkou, tím je systém odolnější),
- **resilienci** (pružnost) systému, tj. schopnost vrátit se k normálnímu stavu po skončení působení rušivého faktoru. Měřítkem je čas, za který dojde k obnově normálního stavu.

**Rezistentní systém** dokonale uchovává svoji strukturu vůči rušivým podnětům až po určitou hranici, ale po jejím překročení se rychle hroutí a rozpadá (podobně jako sklo). **Resilientní systém** se mění už při nízké intenzitě rušivého podnětu, ale i při jeho vysoké intenzitě a případných změnách své struktury si uchovává schopnost vrátit se do normálního

stavu (podobně jako guma). Agroekosystémy mohou ve svých charakteristikách značně kolísat, tj. vykazovat značnou rezistenci a přesto (nebo právě proto) být vysoce resilientní.

Pro podněty, které svou intenzitou nepřekročí hranice homeostatického pole systému (tj. v rozsahu lokální stability), nemá rozlišování rezistence a resilience velký smysl, protože v obou případech je zachována stabilita. Vůči podnětům mimořádné intenzity, které překračují hranici homeostatického pole systému, však není žádný systém rezistentní. Rozhodujícím faktorem stability se stává resilience, tj. adaptabilita na působení nepříznivých (stresových) faktorů.

Při zajišťování stability agroekosystémů jde méně o odolnost ve smyslu rezistence (rigorózního uchování struktur až do okamžiku nezvratné změny), ale více o pružnost ve smyslu resilience (změnu struktury již při malé intenzitě podnětů).

## **2.2 Externality zemědělské činnosti a hodnocení mimoprodukčních funkcí zemědělství**

Zemědělství není uzavřený izolovaný systém, ale interaguje s okolním prostředím, i když jej přímo nevyužívá. Produkuje mnohem více, než jen potraviny a suroviny. Má také hluboký dopad na lokální, národní a globální ekonomiku a ekosystémy (COOPER et al., 2009; OECD, 2001a). Tak, jako většina ekonomických aktivit, i zemědělství ovlivňuje prostředí, buď využíváním přírodních zdrojů jako vstupů, nebo využíváním prostředí jako úložiště pro znečišťující vedlejší produkty. Vnější účinky mohou představovat společenské náklady na odstranění následků vlivů způsobujících snížení kvality životního prostředí a přírodních zdrojů – záporné externality – nebo přínosy plynoucí ze zemědělské činnosti pro prostředí a společnost – kladné externality (KOSTELANSKÝ a kol., 2000; PRETTY, 2002). Část vnějších účinků dopadá na ostatní společnost, ale část může působit také na samotný zemědělský subjekt (např. zhoršenou kvalitou vody z vlastních zdrojů, degradací vlastní půdy nebo bezprostředního okolí). Zemědělství totiž ovlivňuje zdroje, na kterých samo závisí, tj. přírodní, sociální, lidský, materiální a ekonomický kapitál, (PRETTY, 2002; TISDELL, 2005).

ŠKODA a kol. (1998) uvádí čtyři základní okruhy negativních externalit: (1) škody vyplývající z nevhodného rozdělení půdního fondu v krajině; (2) škody vyplývající z utužování půd; (3) škody vyplývající z chemizace zemědělství; (4) negativní vlivy odrážející se na floře a fauně krajiny.

Protože jde o vedlejší efekty, jsou vzhledem k trhu externí, a nejsou součástí ceny, kterou platí producent nebo konzument. Připustíme-li, že zemědělská produkce je vždy spojena s produkcí externalit, externality jsou součástí produktů. To ale není bráno v úvahu při tvorbě

cen. Potraviny se proto ve srovnání s dalšími druhy zboží stávají levnějšími. V této ceně ale nejsou zahrnuty náklady plynoucí z poškozování životního prostředí a lidského zdraví, resp. náklady na odstraňování těchto škod. Spotřebitel tedy platí za potraviny a prostřednictvím daní dotace pro zemědělství a náklady za odstraňování negativních dopadů na prostředí a zdraví. Náklady způsobované samotnou zemědělskou produkcí jsou tak přeneseny ze zemědělce na spotřebitele. Znečišťovatelé tedy profitují z toho, že tyto náklady nemusí platit.

V případě kladných externalit hovoříme o produkci tzv. veřejných statků, jejichž vytváření často vyžaduje samostatnou, od vlastní zemědělské produkce oddělenou aktivitu. Takto vytvořené zboží a služby nelze realizovat na trhu a v případě, že o něj má společnost zájem, musí být hrazeno z veřejných prostředků.

Jestliže u záporných externalit známe rozdíl mezi způsobenými škodami a náklady na jejich odstranění, lze odvodit ekonomicky optimální standardy zemědělské produkce (např. limity pěstebních vstupů, koncentrace zvířat apod.). Zpravidla jsou využívány následující postupy (KOSTELANSKÝ a kol., 2000):

- Množství záporných externalit je regulováno obecnou legislativou k ochraně složek prostředí, přírody, krajiny, domova a spotřebitelů, na kterou navazují konkrétně stanovené limity poškozování prostředí.
- Významné snížení zátěže prostředí na základě definovaných standardů činnosti (výrobních postupů), případně standardů výstupů, je buď dobrovolnou záležitostí (např. ekologické zemědělství), nebo je pro specifické lokality a regiony vynuocováno zvláštní legislativou (např. pravidla DZES jako součást Cross Compliance, Nitrátová směrnice, zákazy hnojení v ochranných pásmech vod).

### 3 SOUČASNÉ ZPŮSOBY HOSPODAŘENÍ

Od počátku zemědělství probíhá s různou intenzitou jeho rozvoj. Obrovské zrychlení vývoje a absolutně největší intenzifikace a zvyšování výnosů (Obr. 1) začalo v průběhu 19. století. V západních zemích nastal výrazný pokrok ve zvyšování produktivity se vznikem zemědělsko-průmyslových systémů, který je spojen s:

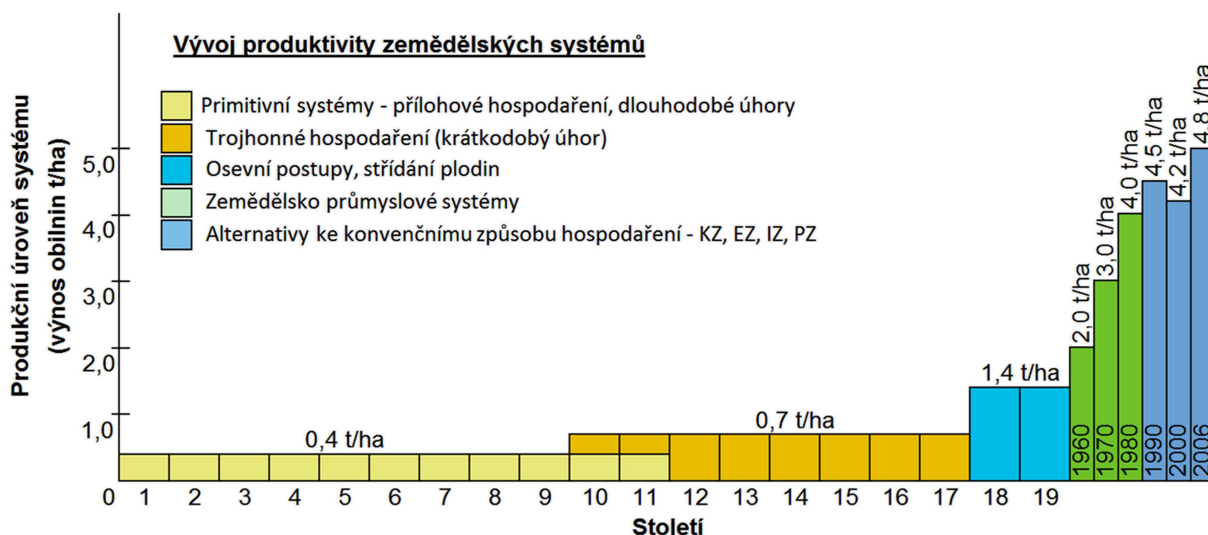
- počátkem využívání průmyslově vyráběného nářadí a strojů (začátkem 19. století),
- výrobou a využíváním minerálních hnojiv (superfosfát – 1840, kieserit – 1860),
- zavedením strojní tažné síly (lokomobila byla vynalezena 1850).

Motorizace (koncem 19. století) umožnila také transport a obchodování produkce i hnojiv na velké vzdálenosti, a tím zvýšení možností odbytu. Dalším významným pokrokem bylo využití vzdušného dusíku pro výrobu dusíkatých hnojiv (využití Haber-Boschova procesu v roce 1913) a zavedení průmyslové výroby a masového využívání syntetických pesticidů (po roce 1940).

Významným faktorem změny myšlení byly nové vědecké poznatky o podstatě výživy rostlin, které se datují už na počátek 19. století. Nejznámější publikací nové minerální teorie byla Liebigova „Organická chemie a její upotřebení v zemědělství a fyziologii“ z roku 1840. Mimo jiné se v této publikaci již uvádí, že rostliny ke své výživě využívají minerální látky vznikající mineralizací organické hmoty a veškeré rostlinami využitě živiny se mají do půdy ve stejném množství vrátit. Justus von Liebig (1803–1873) však také odvodil, že chlěvská mrva nemůže dostatečně nahradit ztráty živin sklizní, a tvrdil, že rostliny samy nedokážou půdu nijak obohacovat. Hnojení statkovými hnojivy považoval za zbytečné a došel k závěru, že aplikace minerálních hnojiv může v praxi nahradit praxi recyklaci živin. Nedocenil důležitost humusu, střídání plodin a rozsah a význam souvisejících biologických a chemických přeměn živin v půdě.

Po druhé světové válce dochází, v rámci snahy o obnovení potravinové soběstačnosti válkou poničené Evropy, k výraznému zintenzivnění zemědělské produkce. Značně se zvýšilo využívání pesticidů. Zemědělství nabývá až industriálního charakteru a negativní dopady na prostředí byly stále výraznější. Reaguje na to například kniha „Mlčící jaro“ americké biologky Rachel Carsonové z roku 1962. Začíná být také evidentní vyčerpatelnost fosilních zdrojů energie, na kterých je intenzivní zemědělství silně závislé. Mnozí autoři datují počátky snahy o definici udržitelného zemědělství, a také jeho vymezení vůči ekologickému, low-input, regenerativnímu a dalším existujícím alternativám (ty vznikaly už od počátku 20. století), právě do tohoto a pozdějšího období navazujícího na definici udržitelnosti obecně, zejména v tzv. **Brundtland reportz** z roku 1987, pojmenované po norské fyzičce a političce Gro Harlem

Brundtland (1939), předsedkyni Světové komise pro životní prostředí a rozvoj – WCED. Tato zpráva byla vydána knižně jako *Naše společná budoucnost* (orig. *Our Common Future*), česky v roce 1991.



Obrázek 1: Historický vývoj produktivity zemědělství

V podmínkách Evropy a České republiky lze dnes vymežit tři základní hlediska klasifikace systémů zemědělského hospodaření:

1. intenzita hospodaření: zemědělství intenzivní a extenzivní,
2. zaměření na ekonomický prospěch nebo prospěch ekosystému: „konvenční“ a ekologické zemědělství,
3. struktura produkce: specializovaná polní produkce; chov drůbeže, monogastrů nebo dojnic s nákupem krmiv, nebo s produkcí vlastních krmiv; pastevní chov polygastrů; smíšená rostlinná a živočišná produkce; pěstování speciálních kultur.

Lze také mluvit o strategiích nebo typech hospodaření.

### 3.1 Konvenční zemědělství

Pojem konvenční zemědělství není nijak definován. Je jím souhrnně označován většinový způsob hospodaření, „standardní“ zemědělství. Dá se říci, že je to každé hospodaření, které se nehlasí k žádnému specializovanému směru (například precizní, integrované, ekologické zemědělství). Zařazují se do něj ale i způsoby hospodaření využívající prvky těchto speciálních směrů. Jde tedy o pojem značně široký, zahrnující pestrou škálu nejrůznějších strategií a zemědělského managementu od extenzivního hospodaření s minimálními vstupy, a

tedy náklady na produkci po vysoce intenzivní systémy s vysokými vstupy a tedy náklady, ale také vysokými výstupy a tedy tržbami.

Pojem „konvenční“ zemědělství byl vytvořen, aby bylo možné definovat vznikající alternativní systémy. Jako jeho hlavní charakteristika se tedy uvádí orientace na maximalizaci produkce a finančního zisku a jejich upřednostňování před ostatními hledisky (dopady na prostředí, chovaná zvířata, do jisté míry kvalitu produktu, sociální souvislosti atd.). GLIESSMAN (2007) uvádí základní postupy charakteristické pro konvenční zemědělství: intenzivní zpracování půdy, monokultury, závlahy, aplikace minerálních hnojiv, chemická ochrana rostlin, genetické manipulace a „tovární“ způsob živočišné produkce.

Tato orientace na finanční zisk bez ohledu na další dopady hospodaření a silné zpřemyslnění navzdory biologickému charakteru zemědělské produkce jsou konvenčnímu způsobu hospodaření často vytýkány. V současné době už ale každý zemědělec v Evropě musí dodržovat mnohá pravidla plynoucí ze zemědělské a další legislativy, která má za cíl kontrolovat dopad zemědělské činnosti na prostředí, ale také zacházení s chovanými zvířaty a kvalitu produktů. Podoba zemědělství je silně ovlivňována společenskou, ekonomickou a politickou situací a úrovní poznání a technického vývoje v oboru. Vývoj po druhé světové válce se také lišil v zemích západního a východního bloku. I když tyto rozdíly přetrvávají, jsou postupně zmenšovány Společnou zemědělskou politikou Evropské unie.

### **3.2 Ekologické zemědělství**

Vznik ekologického zemědělství je nerozlučně spojen se zrodem dnešního industriálního zemědělství. Výše popsaný vývoj a změny v nahlížení na zemědělskou produkci a výživu rostlin vedly už v průběhu 19. století a na počátku 20. století k znepokojení určité části odborníků, vědců i zemědělců ohledně udržení půdní úrodnosti a kvality potravin při aplikaci těchto nových technologií a principů. Jejich kritici považovali za základ lidského zdraví plnohodnotnou stravu vypěstovanou na zdravé půdě. V prvních desetiletích 20. století se setkáváme s prvními dokumentovanými údaji o poškození půdní úrodnosti a změnách v agrosystémech (okyselení, půdní únava, změna struktury, utuženost, eroze půdy). Byl zaznamenáván i vyšší výskyt chorob a škůdců a snížení kvality potravin. Mnoho vědců a také farmářů nesouhlasilo se stále se zužujícím pohledem na přírodní systémy a procesy a jejich roli v zemědělství, jako důsledku specializace a intenzifikace hospodaření. Šlo zejména o nesouhlas s opouštěním organického hnojení půdy a střídání plodin. Na počátku 20. století se objevuje několik prací zaměřených na široké, nezjednodušené aspekty zemědělství a jejich komplexní vztahy. Jako klasické a klíčové dílo se uvádí „Farmers of Fourty Centuries“ F. H.

Kinga z roku 1911 (USA). Postupně vznikají instituce jako Soil and Health (1942, Nový Zéland), Soil Association (1946, Velká Británie) a Soil and Health Foundation, dnes známá jako Rodale Institute (1947, USA).

Jako první organizovanou a dobře definovanou alternativu mnoho autorů uvádí biodynamické zemědělství, které vzniklo na základě cyklu přednášek Rudolfa Steinera přednesených v roce 1924. Postupně však vznikalo množství různých směrů zdůrazňujících péči o půdní úrodnost založených zejména na různých způsobech využívání organických hnojiv. Pravděpodobně prvním, kdo použil slovo „organic“ ve smyslu celého systému a způsobu hospodaření, byl lord Northburne v knize „Look to the Land“ z roku 1940 (Velká Británie). V roce 1972 vznikla zastřešující organizace IFOAM a od roku 1991 platí v EU také legislativní úprava umožňující certifikaci produkce.

Dnešní ekologické zemědělství je legislativně ošetřený ucelený systém zemědělského hospodaření, který podle definic IFOAM, nařízení Rady (ES) č. 834/2007 a původního znění zákona 242/2000 Sb.:

- je šetrný k životnímu prostředí a jeho jednotlivým složkám,
- omezuje či zakazuje používání látek (syntetických pesticidů a hnojiv) a postupů, které zatěžují, znečišťují nebo zamožují životní prostředí nebo zvyšují rizika kontaminace potravního řetězce,
- používá pro životní prostředí šetrné způsoby k potlačování plevelů, škůdců a chorob,
- zvýšeně dbá na vnější životní projevy, chování a na pohodu chovaných hospodářských zvířat,
- opírá se o ekologické procesy, biodiverzitu a cykly přizpůsobené místním podmínkám,
- upřednostňuje obnovitelné zdroje energie a recyklaci surovin,
- váží si a využívá tradičních znalostí a postupů a zároveň uplatňuje nejnovější poznatky vědy.

V rámci ekologické rostlinné produkce jsou tedy vstupy omezeny přednostně na statková hnojiva, ale je možné využívat i množství dalších vstupů. Vesměs se jedná o látky přírodního původu, ale také o vedlejší produkty některých průmyslových výrob. Lze používat pouze ta hnojiva a půdní pomocné látky a ty přípravky na ochranu rostlin, které jsou legislativou výslovně povoleny. Omezení vstupů má být nahrazováno komplexním přístupem k agrosystému s cílem primárního uplatnění všech systémových opatření (osevní postup, resp. střídání plodin, zpracování půdy, hospodaření s posklizňovými zbytky, výběr odrůd atd.) ve vzájemném spolupůsobení v souladu s principy prevence. Problémem je, že dané možnosti



nejsou využívány. Je možné například používat minerální hnojiva (kromě dusíkatých), v praxi se to ale neděje a důsledkem je vyčerpávání půdních zásob živin.

Celý systém je samozřejmě také na nižší úrovni produkce (výnosů), než intenzivní formy konvenčního zemědělství.

Pravidla ekologického způsobu hospodaření jednoznačně definuje nařízení Rady (ES) č. 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů, nařízení Komise (ES) č. 889/2008 kterým se stanoví prováděcí pravidla pro produkci, označování a kontrolu ekologických produktů, a pro ČR také zákon č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství a vyhláška č. 16/2006 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o ekologickém zemědělství v rámci ČR. Hospodaření podle těchto pravidel vyžaduje registraci podniku u příslušného orgánu (Ministerstvo zemědělství ČR) a umožňuje certifikaci a označení – odlišení – produktů a také čerpání finanční podpory ze zdrojů Programu rozvoje venkova. Na druhou stranu, porušení pravidel je sankcionováno.

Ekologické zemědělství je tedy podporováno politikou Evropské unie jako způsob hospodaření, který má přispět k udržitelnému rozvoji zemědělství, který si EU vytyčila jako strategický cíl a principy EZ jsou s ním v plném souladu.

Rozsah ekologického zemědělství v ČR zatím stále roste. První farmy na tento způsob hospodaření přešly v roce 1989 a v roce 2013 už bylo ekologicky obhospodařováno 11,4 % zemědělské půdy ČR. Z této výměry bylo ovšem přes 80 % trvalých travních porostů a jen asi 12 % orné půdy. Tomuto stavu odpovídá také to, že většina farem se nachází v méně příznivých oblastech. Veřejně dostupný registr podnikatelů v ekologickém zemědělství vede Ministerstvo zemědělství ČR.

### **3.3 Integrované zemědělství**

Jde o směr představující střední cestu mezi hospodařením orientovaným na ekonomický zisk a orientovaným na ekosystém, přičemž využívá přednosti obou krajních přístupů. Je pragmatickým kompromisem ekonomických a ekologických požadavků, využívá tedy intenzifikační faktory (chemickou ochranu rostlin, minerální hnojiva atd.) na základě předchozí analýzy stavu. Integrované zemědělství vzniklo jako reakce na problémy intenzivní konvenční produkce, podobně jako ekologické zemědělství, ale nevymezuje se tak radikálně. Lze ho chápat jako přístup k udržitelnému využívání zdrojů, který se vyvinul plně v rámci konvenčního systému produkce potravin, nikoli mimo něj či proti němu, a zejména jako nový zemědělský vědní obor. Jako první se už ve 20. letech 20. století rozvíjí integrovaná ochrana

rostlin. Na úroveň celého zemědělského systému se výzkum v západní Evropě dostává koncem 70. let.

Podobně jako u ekologického zemědělství nejde o jediný přesně vymezený způsob hospodaření. V rámci EU existuje řada různých organizací, každá s vlastními definicemi a postupy. Existují dvě široké kategorie integrované polní produkce: vyvinuté pro účely výzkumu a určené pro komerční farmy. Rozsáhlý výzkum na poli návrhu integrovaných systémů polní produkce představuje například práce VEREIJKENA (1997). Z definic pro praxi lze zmínit „IOBC Standard for Integrated Production“, poprvé publikované v roce 1993 (IOBC WPRS, 2004), nebo „A common codex for integrated farming“ později rozvinutý do „European Integrated Farming Framework“ (EISA, 2010).

V Programu rozvoje venkova pro období 2007–2013 i 2014–2020 byly vyčleněny podpůrné tituly zvláště pro integrovanou produkci ovoce, vinné révy a zeleniny, neexistuje však titul pro komplexní systém integrované polní produkce, ani pro jeho jednotlivé části.

### 3.4 Precizní zemědělství

Uvedené způsoby hospodaření vycházejí z předpokladu, že základní jednotkou agrosystému je pozemek, jehož půdní vlastnosti jsou homogenní. To znamená, že pěstební opatření jsou prováděna stejnou intenzitou na celém pozemku (např. je aplikována stejná standardní dávka agrochemikálie na celé pole). V zemědělské praxi se stále více uplatňuje **precizní zemědělství** (precision agriculture), které překonává toto paradigma a předpokládá rozdílnost půdních vlastností v rámci pozemků. Jedná se tedy o způsob hospodaření, který využívá nových technologií, původně rozvíjených mimo zemědělství, k řešení problémů půdní heterogenity a časové dynamiku procesů tvorby výnosu a kvality produkce polních plodin. I když precizní zemědělství vychází z konvenčního (ekonomicky orientovaného) způsobu hospodaření, umožňuje dosahování pozitivních ekonomických i ekologických efektů využíváním agrochemikálií pouze v efektivně využitelném množství. Nabízí tak další možnosti změn konvenčního způsobu hospodaření směrem k integrovanému.

V návaznosti na precizní zemědělství je v posledních letech rozvíjen směr nazývaný **smart farming** (chytré zemědělství), který vhodným využitím kombinací zemědělské techniky a informačních technologií umožňuje efektivně řídit lokálně cílené hospodaření na úrovni jednotlivých pozemků i dosahování požadavků na setrvalé hospodaření na úrovni celé farmy.

### 3.5 Specializace v rostlinné produkci

Specializace znamená výrazné zúžení sortimentu pěstovaných plodin, v některých extrémních případech i na jedinou plodinu. Může být prostředkem jak intenzifikace produkce, tak její racionalizace. Využívá se zejména na některých (hlavně menších) rodinných farmách v zahraničí, kde lze právě při specializaci využít špičkové techniky. Je dosahována vyšší produktivita práce a nižší náklady. Specializace však přináší i některá negativa. Vysoká koncentrace jedné plodiny vyžaduje vyšší intenzitu chemické ochrany rostlin proti chorobám, škůdcům a plevelům. S opakovaným nebo příliš častým pěstováním některých plodin na stejném pozemku je spojen jev tzv. půdní únavy, kdy se půda jeví jako dočasně nevhodná pro tutéž nebo příbuznou plodinu, nikoli však pro plodiny jiné.

Častým důvodem zvyšování koncentrace některých plodin je snaha o zvýšení ploch těch plodin, kde nároky na stanovištní podmínky jsou mnohem výraznější než požadavky na předplodinu (rýže, tabák, bavlník atd.). Monokultury se využívají také v pícninářských osevních postupech v blízkosti středisek živočišné výroby. Důvodem je snaha snížit transportní vzdálenosti a tím náklady na přepravu objemných krmiv.

Četné výsledky dlouhodobých pokusů ukazují, že monokultury s nedostatečným hnojením vykazují výrazný pokles výnosu, zejména v prvních letech. Organické hnojení pokles výnosů zmírňuje a u několika málo plodin dochází i k jejich zvyšování. U převážné většiny plodin se ale při monokulturním pěstování i při vysoké úrovni agrotechniky a hnojení snižují výnosy a v porostech se vyskytují specifické choroby a škůdci. Jde zejména o cukrovku, len, jetel, hrachy, vikve a zvláště košťáloviny. U kukuřice dochází ke zvýšení výskytu prosovitých plevelů (ježatky kuří nohy, bérů, atd.). Nejlépe tolerují krátkodobou monokulturu kukuřice, soja, na lepších stanovištích i ječmen jarní. Výsledky ze zahraničí ukazují také možnost pěstovat obilniny jako monokultury skupin plodin, ovšem při dokonalé agrotechnice, hnojení a při vysoké intenzitě ochrany rostlin. U obilnin dochází po určité době (4-5 let opakovaného pěstování) k tzv. declain efektu, tedy ke změně mikroflory a zpomalení poklesu výnosů ve srovnání s prvními roky.

### 3.6 Multifunkční zemědělství

Hlavní a prvořadou úlohou zemědělství je produkovat potraviny v dostatečném množství a dobré kvalitě, ale také další suroviny pro různé druhy průmyslu a také pro výrobu energie. Kromě toho má ale zemědělství mnoho mimoprodukčních funkcí, které vždy plnilo. Zatím co v dřívějších dobách v menší míře a spíše jen mimochodem, dnes jsou stále více zdůrazňovány a společnost je začíná různou formou poptávat a odměňovat. Může se jednat o různé služby,

kteřé lze stejně jako produkty uplatnit na trhu, ale také o další netržišní funkce související s péčí o krajinu a přírodu, s ovlivňováním a ochranou životního prostředí, nebo související s venkovským obyvatelstvím, kterému zemědělství poskytuje práci.

Produkční funkce zahrnují produkci potravin, surovin pro průmysl, energie a nejřůznější přidružené výroby charakteru produkce.

Mimoprodukční funkce představují:

- služby uplatnitelné na trhu - ubytování, agroturistika, údržba komunikací, doprava, pronájem strojů, údržba zelně a krajiny,
- služby bez tržišního uplatnění - vliv na jednotlivé složky prostředí a volně žijící organismy, podpora venkovské komunity, jejího společenského a kulturního života i ekonomiky.

Mimoprodukční funkce se uplatňují ve všech oblastech, kde je zemědělství provozováno. Liší se ale jejich význam a rozsah v různých regionech. Se zhoršujícími se podmínkami pro intenzivní rostlinnou produkci narůstá důležitost dalších produkcí a služeb poskytovaných zemědělským podnikem. Obecně je zájmem společné zemědělské politiky udržet zemědělství i v oblastech méně příznivých pro produkci, v podhorských a horských regionech. Tím by měla být zajištěna produkce krmiv a živočišných produktů a v úrodných oblastech ponechán prostor pro náročnější produkci potravinářských produktů, udržení krajiny v kulturním stavu a také práce pro místní obyvatelstvo. Zde by jednak měla být uplatňována jiná struktura zemědělství, s vysokým podílem travních porostů a chovem skotu bez tržišní produkce mléka na těchto plochách, neboť nelze počítat se stejným objemem produkce, jako v úrodných oblastech. V řadě případů je velmi extenzivní péče o travní porosty podmínkou uchování vzácných druhově bohatých biotopů. Nicméně i při nižší produkci musí být zemědělské hospodaření rentabilní, musí pokrýt náklady a vyprodukovat přiměřený zisk. Toho lze dosáhnout i cílenými dotacemi, jejichž úkolem je jednak vyrovnat slabý nebo záporný ekonomický výsledek zemědělského hospodaření v nepříznivých oblastech, ale mají také funkci environmentální a jsou platbou za na trhu neuplatnitelné služby, jako je péče o krajinu, snížení intenzity produkce v zájmu její šetrnosti ke složkám prostředí a přirozeným ekosystémům. Pokud se zemědělství i v těchto oblastech udrží, znamená to alespoň nějaká pracovní místa pro místní obyvatele. Také zde je prostor právě pro rozvoj služeb v rámci turistiky, které vhodně rozšíří podnikání a příjmy farmy a jsou pro ně v podhorských a horských oblastech dobré podmínky a zajímavá krajina atraktivní pro turisty.

### **Evropský model multifunkčního zemědělství**

Podmínky pro rozvoj multifunkčnosti zemědělství, tj. jeho mimoprodukčních funkcí vytváří poptávka společnosti. Zejména v případě funkcí a služeb neuplatnitelných na trhu jsou podmínky vytvářeny četnými nástroji evropské zemědělské politiky, v rámci které jsou určité činnosti, nebo naopak zdržení se některých aktivit, vyžadovány jako podmínka pro vyplacení základních dotací nebo je multifunkčnost podporována formou zvláštních dotačních titulů.

Takto stanovené podmínky a podpory se ale pro každé rozpočtové období EU více či méně významně mění.

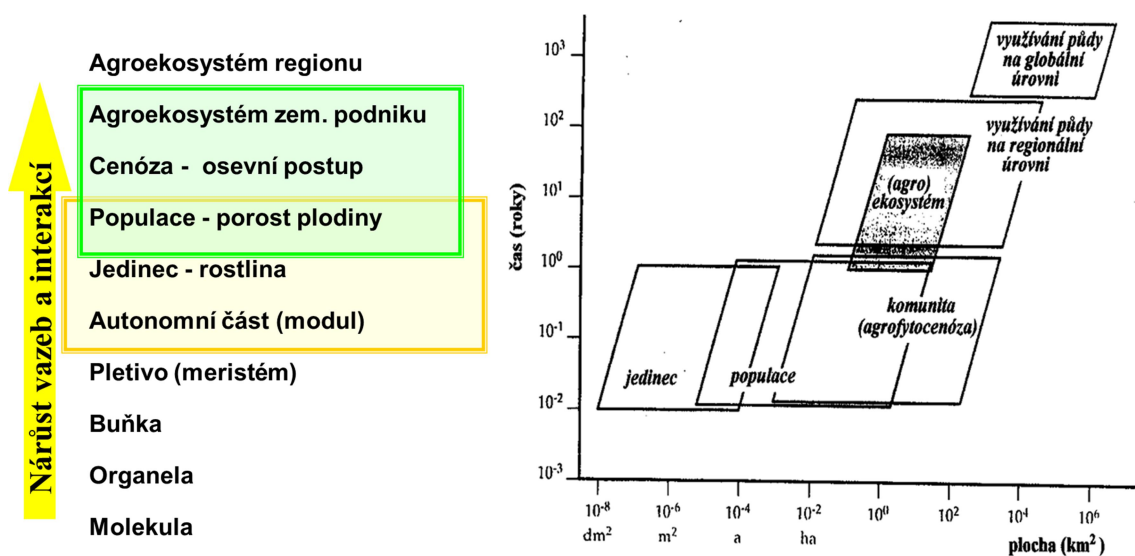
### **3.7 Volba způsobu hospodaření**

Zemědělské systémy mají především **regionální charakter**, proto je při volbě způsobu hospodaření nutné vycházet z daných půdně-klimatických podmínek a místní infrastruktury, vybavenosti mechanizací, investičních, sociálních a ekologických možností, zkušeností i motivace hospodáře. Tyto faktory určují možnosti zpracování produkce a trhu. Otázka nejvhodnějšího systému a osevního sledu by měla být vždy uvažována v ekologickém a sociálním kontextu regionálních podmínek. Integrované a ekologické způsoby hospodaření umožňují vyvážené řešení této otázky, protože jsou zaměřeny na více cílů. Naopak tržně orientované zemědělství je rozvíjeno na čistě ekonomických základech. Vede tak ke vzniku řady agronomických problémů, jako je narušení bilance živin a organické hmoty v půdě i zvýšení výskytu plevelů, chorob a škůdců. To vyžaduje chemické ošetřování porostů, zvyšující náklady a nepříznivé dopady na životní prostředí.

Za **strategický cíl**, zabezpečující setrvalý rozvoj, proto lze považovat **integrované zemědělství**, které již v současnosti může zajistit potřebnou rovnováhu mezi ekonomickými a ekologickými požadavky. Umožňuje substituci části nákladů vědeckými poznatky při respektování ekologických limitů. Je ekonomicky životaschopné, uchovává a případně i zlepšuje přírodní zdroje a životní prostředí pro budoucí generace.

#### 4 HIERARCHIE SYSTÉMU A ČASOPROSTOROVÉ VYMEZENÍ V ROSTLINNÉ PRODUKCI

Pracovní aktivity s živými organismy v zemědělství probíhají na různých organizačních úrovních organismů nebo společenství. Od buněčné úrovně až po úroveň agroekosystému celého regionu (Obr. 2). Se zvyšující se organizační úrovní narůstá množství vazeb a interakcí. Většina stěžejních problémů v zemědělské praxi se týká populací, společenstev (cenóz) a ekosystémů. Pochopení a řešení problémů na těchto úrovních vyžaduje komplexnější přístup. Budoucnost zemědělského výzkumu tak bude záviset na porozumění vyšším úrovním, kterými se zabývá ekologie (nezaměňovat s častým vnímáním tohoto výrazu, jako souboru environmentálně orientovaných hodnot, nebo se zemědělskými praktikami „eko“ nebo „bio“ zemědělství). Zemědělství je z tohoto hlediska hierarchicky uspořádaný víceúrovňový systém (Obr. 2), v němž procesy a jevy na jednotlivých úrovních (vrstvách) jsou ovlivňovány sousedními úrovněmi (tj. úrovní nižší a vyšší).



Obrázek 2: Strukturní úrovně agroekosystémů a jejich časové a prostorové znázornění

WEINER (2003) chápe zemědělství jako aplikovanou ekologii, nebo jako formu ekologického inženýrství: manipulace s populacemi, společenstvy a ekosystémy pro plnění lidských zájmů. Z tohoto pohledu je porost polní plodiny populací, zatím co škůdci a choroby jsou populace, se kterými je populace plodiny v interakcích. Ekologické společenstvo nezahrnuje pouze plodinu a její škůdce, ale také přirozené nepřátele těchto škůdců, a mnoho dalších druhů, se kterými je plodina přímo nebo nepřímo v interakci, jako N-fixující bakterie a mykorrhizní symbionti a rozkladači v půdě. Pole lze chápat jako ekosystém, vložený do

krajiny. V souvislosti s tím platí, že výzkum a řešení problémů by měly být prováděny na té organizační úrovni, na které probíhá rozhodování o pěstitelských opatřeních.

Rozšíření produkční funkce zemědělství o ekosystémové služby vede ke dvěma rozdílným pohledům na zemědělskou produkci:

- **Model továrny** je sebe-vymezující, mnoho faktorů, které ovlivňují produkci, je považováno za externality, se kterými je zemědělský systém v interakci.
- V **ekosystémovém pohledu** je mnohem méně externalit, protože více faktorů ovlivňujících produkci, včetně mnoha prvků životního prostředí, je zahrnuto do agroekosystému.

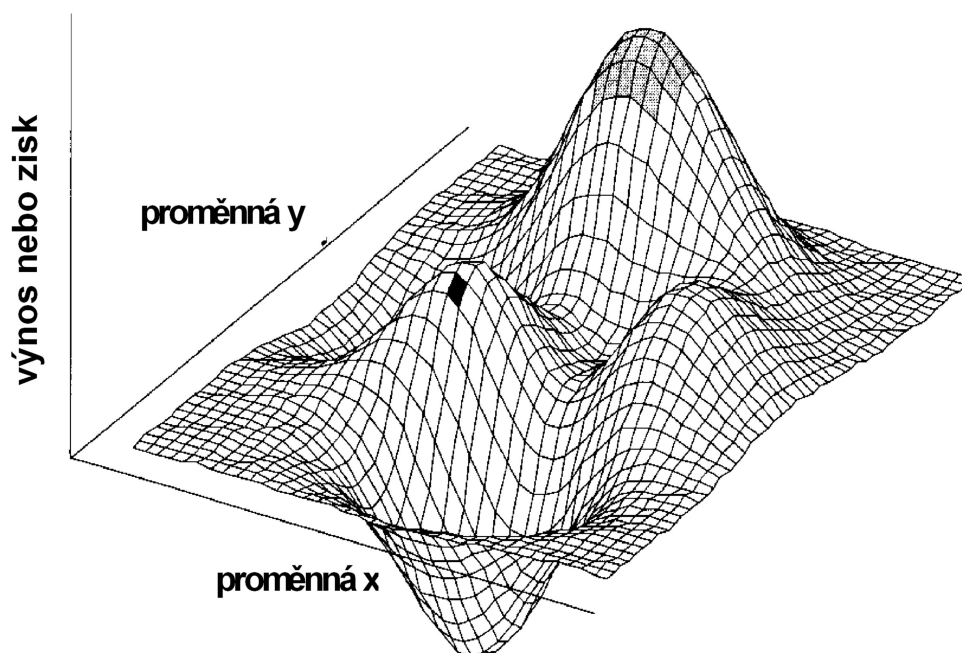
Oba modely, „továrny“ i „ekosystému“, mají výhody i nevýhody (Tab. 1). Model továrny byl vhodný pro potřeby zemědělství v jeho nedávné historii, ale není příliš dobrý pro řešení problémů, kterým čelíme ve 21. století.

Tabulka 1: Porovnání charakteristik modelu zemědělství jako „továrny“ a jako „ekosystému“

Charakteristika	Farma jako továrna	Farma jako regulovaný ekosystém
Hodnoty a cíle	zahrnuté uvnitř často skryté zřídka diskutované	nezabudované (nezahrnuté) otevřené diskusi
Kvantitativní proměnná „platidlo“	jedna nebo menší počet proměnných jasně definované	mnoho různých proměnných použitelných k hodnocení
Delimitace systému	sám sebe vymezující	nevymezuje sám sebe
Externality	mnoho	málo
Rozsah	podporován malý druhový a časový rozsah	stejně aplikovatelný na všechny organizační úrovně
Koncepce výnosu	„produkce“ – výsledek vstupů a interních faremních procesů	„úroda“ - výsledek mnoha procesů uvnitř i vně farmy

**Model továrny** je jednodušeji aplikovatelný na produkci a jako výzkumný nástroj, protože lze relativně **jednoduše definovat proměnné**, které mají být maximalizovány, jako je výnos, ekonomický zisk nebo zisk na jednotku investovaného kapitálu. Nevýhodou modelu továrny je, že tyto jednoduše definované proměnné nemusí být těmi nejdůležitějšími pro dnešní zemědělství.

Např. výnos nebo zisk lze znázornit jako „tvárný povrch“ s kopci (vrcholy) a údolími s ohledem pouze na dvě z mnoha možných proměnných (Obr. 3). Mnoho řešení je blízko lokálnímu optimu (černý čtvereček vpředu). Většina aktivit pomáhá dosáhnout lokální vrchol, ale není schopna objevit další, možná vyšší vrcholy (šedá oblast vzadu).



Obrázek 3: Znázornění možných situací při optimalizaci proměnných produkčních procesů (WEINER, 2003)

Dalším příkladem obtížné integrace do modelu továrny může být požadavek na omezení vyplavování nitrátů. Může být ošetřen pouze jako fixní externalita (limit), daná legislativním nařízením. „Tovární“ pohled na produkci ve smyslu vstupů a výstupů je dynamický, ale jeho pojetí omezení zatížení prostředí nitráty je statické.

**Ekologický model** od začátku vychází z toho, že existuje několik, někdy konfliktních proměnných („platidel“). Je to problematické, ale je předpoklad, že umožní řešení problémů, které model továrny nemůže jednoduše ošetřit. Nevýhodou ekologického pohledu je, že jednotlivé proměnné se velmi obtížně definují (maximalizují nebo optimalizují) protože nejsou „směnitelné“ (kompatibilní). Např. je obtížné stanovit cenu znečištění podzemní vody nitráty nebo cenu vzácných druhů rostlin na daném stanovišti.

Tato nevýhoda však může být chápána jako výhoda. Model nás nutí zařadit a ošetřit tyto otázky před začátkem analýzy. Hodnoty a cíle jsou tak otevřeny diskusi, spíše než skryty jako předpokládané domněnky. To umožňuje zachovat integritu při komplexním hodnocení procesů v agrosystémech.



## **5 OPTIMALIZACE SYSTÉMU NA ÚROVNI POPULACE**

Porosty polních plodin představují populace rostlin, které pěstujeme za účelem dosažení určitého výnosu a kvality produkce z jednotky plochy. Vhodným pěstitelským postupem (pěstební technologií) se snažíme realizovat biologický potenciál pěstovaných plodin a jejich odrůd. Provádění pěstebních technologií stráví zemědělci největší část pracovní doby.

### **5.1 Agronomické aspekty tvorby a optimalizace pěstebních technologií polních plodin**

V naučném slovníku zemědělském (KOLEKTIV, 1987) je technologie definována jako věda o kvalitativních a kvantitativních změnách, k nimž dochází na pracovních předmětech v průběhu výroby jednotlivých výrobků (např. obilovin, technických plodin, chovných a užitkových zvířat, mléka, vajec). Dřívější empirické poznatky jsou nahrazovány vědeckými poznatky, které umožňují nejen detailnější a přesnější poznání změn na pracovních předmětech vložených do výroby, ale i jejich cílevědomé ovlivňování, regulování a nakonec i řízení.

V jiném pojetí (KOLEKTIV, 1994) je termín technologie používán ve významu výrobní postup. V anglosaské terminologii je technologií míněna aplikace vědeckých poznatků pro praktické využití, v rostlinné produkci se jedná o aplikaci vědeckých poznatků při pěstování polních plodin. Výrobní procesy v rostlinné produkci se vyznačují následujícími zvláštnostmi:

- závislostí na geneticky podmíněných vlastnostech odrůd pěstovaných plodin,
- závislostí na průběhu počasí,
- závislostí na půdě, která je nepřemístitelná a její vlastnosti jsou ovlivňovány průběhem počasí a způsobem hospodaření.

Úspěšné uplatnění technologií v kontextu setrvalého rozvoje zemědělství vyžaduje rozsáhlé znalosti i zkušenosti, jasnou koncepci pro jejich praktické využívání včetně řešení často protichůdného působení biologických či agronomických a ekonomických požadavků.

#### **5.1.1 Obecné úvahy**

Pěstební technologie by měla zajistit efektivní využívání vegetačních a produkčních faktorů i biologického potenciálu odrůd. To je podmíněno stejnosměrnými aktivitami pěstitelů i šlechtitelů polních plodin, tj. jednotnou teorií tvorby výnosu umožňující objasňování vztahů v interakci genotypu x prostředí. I když oba směry (pěstování i šlechtění) vycházejí z jednotné teorie, liší se v jejím praktickém využívání.

Šlechtitel hodnotí (při standardní pěstební technologii) velké množství materiálů (genotypů) v podmínkách daných lokalitou a ročníkem. Nekontrolovatelnost povětrnostních vlivů ve spojení s agroekologickými zvláštnostmi lokality vede k jedinečnému projevu interakce. Ověřování správnosti výběru je proto ve vyšších fázích procesu novošlechtění prováděno hodnocením materiálů na více lokalitách a ve více letech. Z tohoto důvodu je pro šlechtitele cenná informace o způsobu reakce genotypu na dané prostředí, z níž je možné usuzovat na úroveň využívání biologického výnosového potenciálu, tj. na adaptaci genotypu. Vychází se přitom z předpokladu, že genotyp (druh, odrůda) nejlépe využívá svůj biologický potenciál i produkční faktory lokality v podmínkách, na které je adaptován. V konečné fázi tohoto procesu jsou výsledky hodnocení adaptace a adaptability využívány pěstiteli pro rajonizaci druhů a odrůd.

Pěstitel vytváří nejvhodnější prostředí registrovaným a rajonovaným odrůdám. Nepoužívá výsledky interakce k výběru nejvhodnějšího genotypu jako šlechtitel, ale v průběhu celého vegetačního období se snaží modifikovat pěstební opatření a zabezpečit co nejefektivnější využívání produkčních faktorů.

Cílem šlechtitele je vytvořit odrůdu s vysokým a stabilním výnosovým potenciálem a vysokou kvalitou produkce. Cílem pěstitele je tento biologický potenciál realizovat. Stabilitu výnosu a kvality dosahuje šlechtitel homeostází odrůdy a pěstitel zajištěním stability prostředí, tj. modifikací způsobu hospodaření a optimalizací pěstební technologie.

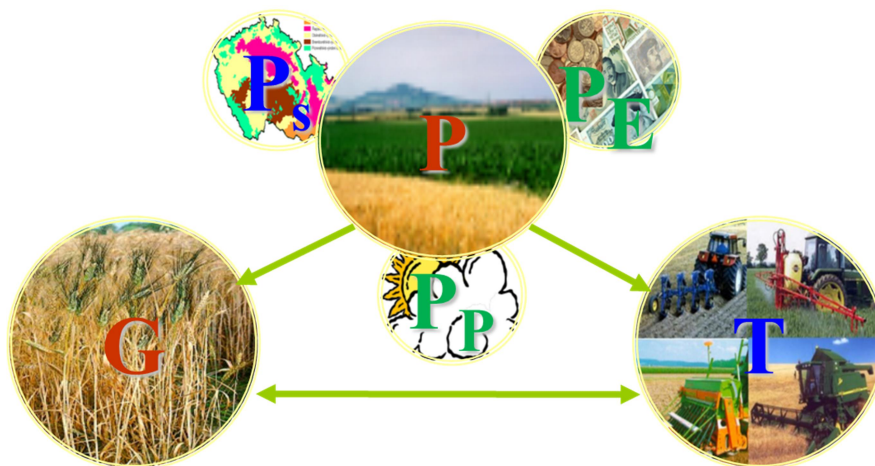
Hlubší pohled na tyto vztahy umožní vyčlenění pěstebních technologií ze složky prostředí, což lze vyjádřit jako  $G \times P \times T$  (Obr. 4), kde:

- $G$  = odrůda a její biologický potenciál,
- $P$  = pěstitel neovlivnitelné nebo málo ovlivnitelné složky prostředí biologicko-fyzikálního (půdně-klimatické podmínky lokality a počasí), ekonomického (ceny vstupů a výstupů),
- $T$  = pěstitel ovlivnitelná (vytvářená) složka prostředí (pěstební technologie jako soubor pěstitelských opatření v průběhu vegetace plodiny modifikovaný podle požadavků odrůdy, podmínek lokality, průběhu počasí, intenzity hospodaření, způsobu využití produkce, cen vstupů a výstupů atd.).

Optimalizace tohoto systému (sladění všech složek na základě jejich významu a funkcí) by měla být zaměřena na:

- maximální realizaci biologického potenciálu výnosu a kvality produkce,
- co nejvyšší rentabilitu vstupů,
- omezení negativních dopadů hospodaření na životní prostředí.

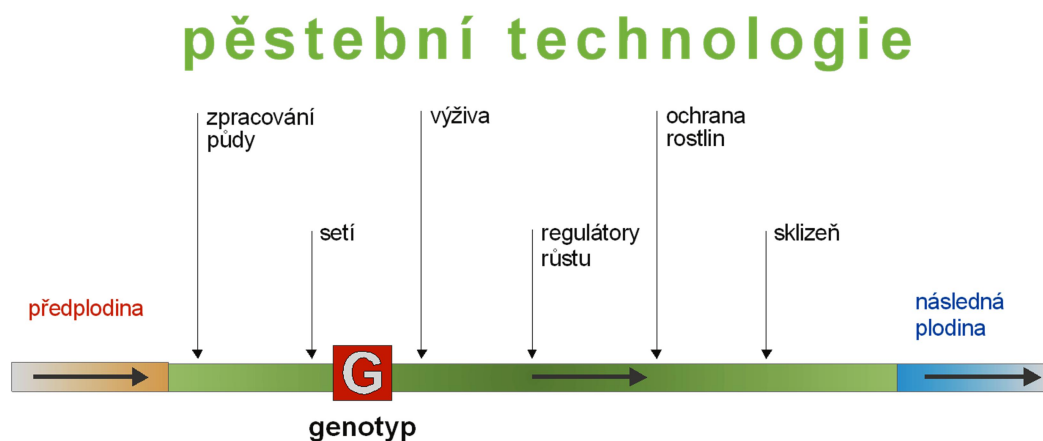
Při praktickém provádění se jedná o volbu správné odrůdy a o rozhodování o na sebe navazujících pěstebních opatřeních, která by měla být prováděna na správném místě, ve správný čas a správnou intenzitou.



Obrázek 4: Schématické znázornění vztahů v interakci G x P x T

Všechny tyto činnosti jsou v konečném výsledku v zemědělské praxi hodnoceny ekonomickými ukazateli (tržby z jednotky plochy, zisk, rentabilita, příspěvek na úhradu). Při vytváření pěstebních technologií to klade požadavky na:

- potřebu vyjadřování ekonomických efektů jednotlivých pěstebních opatření a pěstební technologie jako celku,
- nezbytnost chápání pěstební technologie jako integrálního celku odrůdy a k ní prováděných pěstebních opatření modifikovaných pro konkrétní situaci *neovlivnitelného prostředí* danou stanovištními podmínkami, průběhem počasí a cenami vstupů a výstupů (Obr. 5).



Obrázek 5: Schématické znázornění pěstební technologie polní plodiny jako jednoho z modulů (dílčích částí) agrosystému

### 5.1.2 Význam odrůdy a odrůdové skladby (G)

Podobně jako volba plodin v rámci dobře postaveného osevního postupu, je správná volba odrůd významným racionalizačním opatřením rostlinné produkce. Přináší ekonomické efekty, aniž by vyžadovala podstatné zvyšování nákladů. Využití agronomických předností pevných osevních postupů je v současné době v praxi omezeno potřebou pružně reagovat na situaci na trhu skladbou pěstovaných plodin. Volba odrůdové skladby proto nabývá na významu jako důležitý faktor optimalizace, zajištění heterogenity a stabilizace systémů rostlinné produkce.

Především platí, že výběr odrůd a tvorba odrůdové skladby je odborně náročné rozhodování. Vyžaduje široké agronomické zkušenosti, znalosti půdně-klimatických podmínek lokality a objektivní informace o agrobiologických zvláštностech odrůd. I při splnění uvedených podmínek je nutné brát v úvahu omezenou předvídatelnost průběhu počasí v jednotlivých ročnících a s tím spojené riziko výskytu škodlivých činitelů – abiotických (vyzimování, sucho, intenzivní srážky, poléhání) a biotických (choroby a škůdci). Výběr pěstovaných odrůd je proto z hlediska předpokládaného rizika a jeho omezení důležité a odpovědné podnikatelské rozhodnutí.

Vhodná kombinace odrůd při tvorbě odrůdové skladby umožňuje snížení rizika nepříznivého průběhu povětrnosti a vlivu biotických škodlivých činitelů na tvorbu výnosu a kvality produkce. Je toho dosaženo díky rozdílům mezi odrůdami v:

- adaptaci a adaptabilitě na dané stanovištní podmínky,
- odolnosti proti chorobám a škůdcům,
- konkurenceschopnosti vůči plevelům,
- odolnosti proti nepříznivým povětrnostním podmínkám,
- délce vegetačního období.

Agrobiologické zvláštnosti odrůd je třeba posuzovat ze dvou hledisek, vyplývajících ze dvou složek prostředí při interakci genotyp x prostředí:

- Složka, kterou pěstitel nemůže během pěstování odrůdy v jednom vegetačním období měnit: půdně-klimatické podmínky lokality, zavedený způsob hospodaření, zahrnující osevní sled a na něj navazující systém zpracování půdy a plán hnojení.
- Složka, která může být alespoň částečně měněna během pěstování, tj. řada pěstebních opatření: výsevek, aplikace dusíku, aplikace regulátorů růstu, aplikace pesticidů, způsob sklizně, atd.

Výběr odrůd by neměl být podceňován a neměla by být uplatňována jednostranná hlediska, ke kterým vede výběr odrůd pouze podle:

- jednoho nebo několika málo znaků,

- výsledků jednoho nebo dvou let,
- výsledků z lokalit s odlišnými půdně-klimatickými podmínkami.

K těmto nesprávným a zjednodušujícím postupům zemědělskou praxi svádí:

- zvyšující se počet nabízených odrůd (registrovaných v ČR a z evropského katalogu) u většiny polních plodin a obtížnost znalostně obsáhnout informace o jejich agrobiologických zvláštностech,
- snaha o rychlé uplatnění „novinek“, které by pomohly kompenzovat jiné obtížně řešitelné problémy hospodaření, především nedostatek finančních prostředků na kvalitní výživu a ochranu porostů,
- obdobný průběh počasí (zimního období) v předcházejících několika letech.

Je třeba mít stále na zřeteli, že i přes určité změny klimatu projevující se v posledních letech, je pro naše území typické přechodné klima s možnými většími výkyvy počasí. Výběr odrůd by proto neměl být ovlivněn výjimečnými výsledky, které nejsou potvrzeny v letech s dostatečným projevem škodlivých faktorů v polních pokusech nebo laboratorními testy. Ani při víceletém zkoušení odrůd nemusí být jejich odolnost ke škodlivým činitelům potvrzena, pokud se v polních podmínkách zřetelně neprojevíly.

Zemědělská praxe má proto u nově registrovaných odrůd často k dispozici převážně pouze firemní charakteristiky vytvořené na základě podkladů získaných při ověřování odrůd v zemích jejich původu. Tyto údaje mnohdy nejsou dostatečně ověřeny a potvrzeny v půdně-klimatických podmínkách jednotlivých výrobních oblastí našeho státu. Na využívání odrůd má u nás stále významný vliv způsob a úroveň propagace prováděné firmami, které ne vždy využívají objektivní argumenty.

Pěstitelé by si měli být vědomi odpovědnosti za riziko, vyplývající z výběru pěstovaných odrůd. Kritéria, která by měla být brána při výběru odrůd v úvahu:

- adaptace na dané půdní a klimatické podmínky (vycházet z výsledků více let a extrémních ročníků). Adaptované odrůdy ve víceleté řadě lépe využívají vegetační faktory lokality a v daných podmínkách dosahují stabilnějších hospodářských výsledků.
- kvalita odpovídající záměru uplatnění produkce. Také ukazatele kvality by měly být prověřeny v rozdílných půdně-klimatických podmínkách a ročnících.
- odolnost proti abiotickým a biotickým škodlivým činitelům,
- vhodnost pro daný způsob hospodaření (struktura pěstovaných plodin, předplodina, způsob zpracování půdy a zakládání porostů, termín setí, intenzita hnojení atd.).

Odrůdová skladba by měla být založena na odrůdách adaptovaných pro danou výrobní oblast a vhodných pro používaný osevní sled a intenzitu hospodaření. Obvykle tyto požadavky splňují odrůdy vyšlechtěné v agroekologických podmínkách daného regionu. U zahraničních odrůd je třeba vycházet z podkladů o zimovzdornosti a stabilitě výnosu i kvality minimálně ve třech letech. Pro mikrorajonizaci na jednotlivé hony využívat rozdíly v dalších vlastnostech (kombinace odrůd s rozdílným genetickým založením rezistence proti chorobám, raností a využitelností pro rané nebo pozdní setí). To umožňuje rozložení rizika působení škodlivých činitelů a odstranění pracovních špiček.

### 5.1.3 Neovlivnitelná a málo ovlivnitelná část prostředí (P)

Jedná se o část prostředí, která by měla být brána v úvahu (respektována) při práci šlechtitelů i pěstitelů. Možnosti optimalizace systému (GxPxT) ve vztahu k málo ovlivnitelným složkám prostředí (P) jsou uvedeny v tab. 2.

Je třeba upozornit, že především v této oblasti se v zemědělské praxi prosazují ekonomické efekty na úkor agronomických. Jako příklady lze uvést:

- pěstování řepky i v teplejších lokalitách (kukuřičná výrobní oblast),
- pěstování potravinářských odrůd pšenice na 2/3 plochy i když se k potravinářským účelům využívá pouze 1/3 celkové produkce,
- selektivní výkup odrůd ječmene sladovnamí,
- orientace na ranější odrůdy brambor.

Tabulka 2: Možnosti optimalizace systému GxPxT šlechtění a pěstováním

Složka málo ovlivnitelného prostředí (P)	Možnosti optimalizace	
	Šlechtěním (G)	Pěstováním (T)
půdně-klimatické podmínky lokality	tvorba a rajonizace adaptovaných odrůd	modifikace pěstební technologie podle úrodnosti lokality
počasí	tvorba a využívání adaptabilních odrůd	ročníkové pěstební technologie
ekonomické prostředí – ceny vstupů a výstupů	tvorba a využívání odrůd podle způsobu využití produkce a možností uplatnění na trhu	rozhodování o pěstebních opatřeních s cílem dosažení co nejvyšší rentability vstupů a zisku z jednotky plochy porostu

### 5.1.4 Ovlivnitelná část prostředí – pěstební technologie (T)

Rozhodování o pěstitelských opatřeních a tvorba pěstebních technologií polních plodin je stěžejní náplní při hospodaření na půdě. Realizací pěstebních technologií stráví zemědělci

největší část pracovní doby. Potýkají se přitom s řadou agronomických, ekonomických a administrativních problémů:

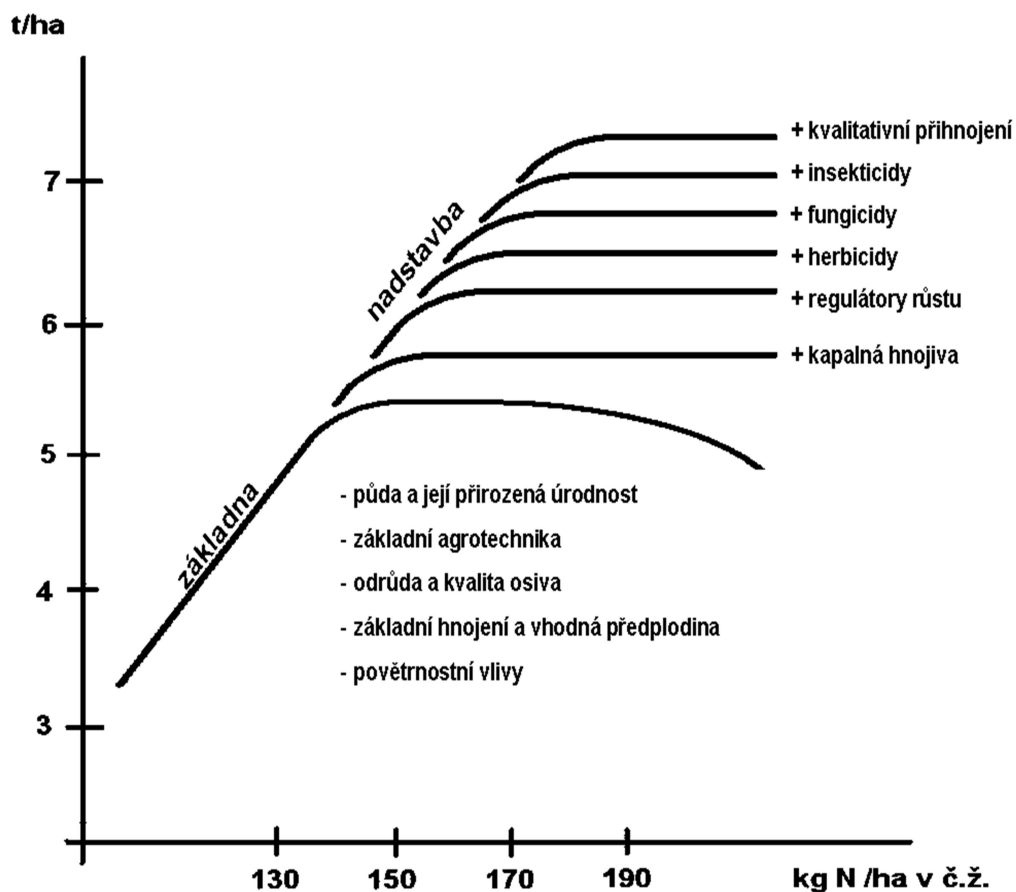
- dodržování agrotechnických termínů v závislosti na průběhu počasí (je zapotřebí mechanizačních prostředků, jejichž využití je pouze krátkodobé – secí stroje, sklízecí mlátičky),
- dosažení dobrých cen vstupů a produkce,
- splnění všech evidenčních a administrativních požadavků na hospodaření.

Pěstební technologie tak představují ekonomicky realizované agronomické znalosti v převážně nekontrolovatelném prostředí (charakterem se tato činnost podobá umění). Základním řešeným problémem je vyváženost produkčních faktorů v prostoru a v čase, tj. zajištění jejich dostupnosti podle potřeb vyvíjejících se porostů.

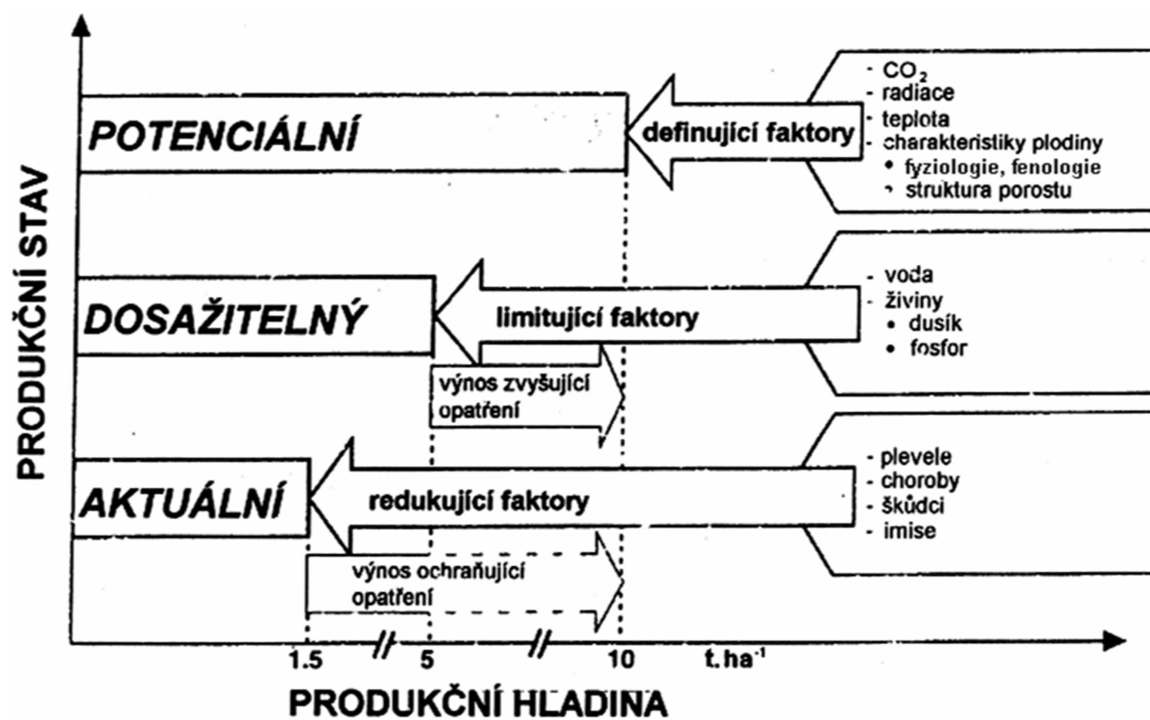
Kromě stanovištních podmínek a povětrnostních vlivů, které pěstitel ovlivnit nemůže, lze výnos a kvalitu produkce zvyšovat standardními i speciálními pěstebními opatřeními, tj. využitím kapalných hnojiv, regulátorů růstu, herbicidů, fungicidů, insekticidů, kvalitativního přihnojení (Obr. 6). Vlivy jednotlivých intenzifikačních opatření (produkčních faktorů) se ale jednoduše nesčítají, jak vyplývá ze znázornění na obr. 6. Výsledný efekt záleží na načasování jednotlivých zásahů a jejich vzájemných interakcích. Funkci a působení jednotlivých produkčních faktorů v těchto vztazích proto lépe znázorňuje schéma na obr. 7.

Efektivního využívání produkčních faktorů lze dosáhnout:

- operativností při diagnostice stavu porostu a následné modifikaci pěstebních zásahů,
- objektivizaci výběru odrůd využitím seznamu doporučených odrůd (SDO). Vzhledem k pravidlům a způsobu financování SDO se však řada odrůd dostává do praxe bez širšího ověření jejich agrobiologických zvláštností v našich podmínkách.
- stanovení ekonomicky efektivní intenzity pěstování (ucelených pěstebních technologií pro konkrétní podmínky) v závislosti na měnících se cenách osiv, agrochemikálií, zemědělské techniky a produkce. Kritériem jsou ekonomické ukazatele rentabilita nákladů, zisk z hektaru, případně příspěvek na úhradu.



Obrázek 6: Dříve používané znázornění působení produkčních faktorů při intenzifikaci pěstování Obilnin (ŘEZÁČ, 1970)



Obrázek 7: Přehled tří základních typů produkčních faktorů a jím odpovídajících produkčních úrovní (RABBINGE, 1993)



## 5.2 Ekonomické aspekty optimalizace pěstebních technologií polních plodin

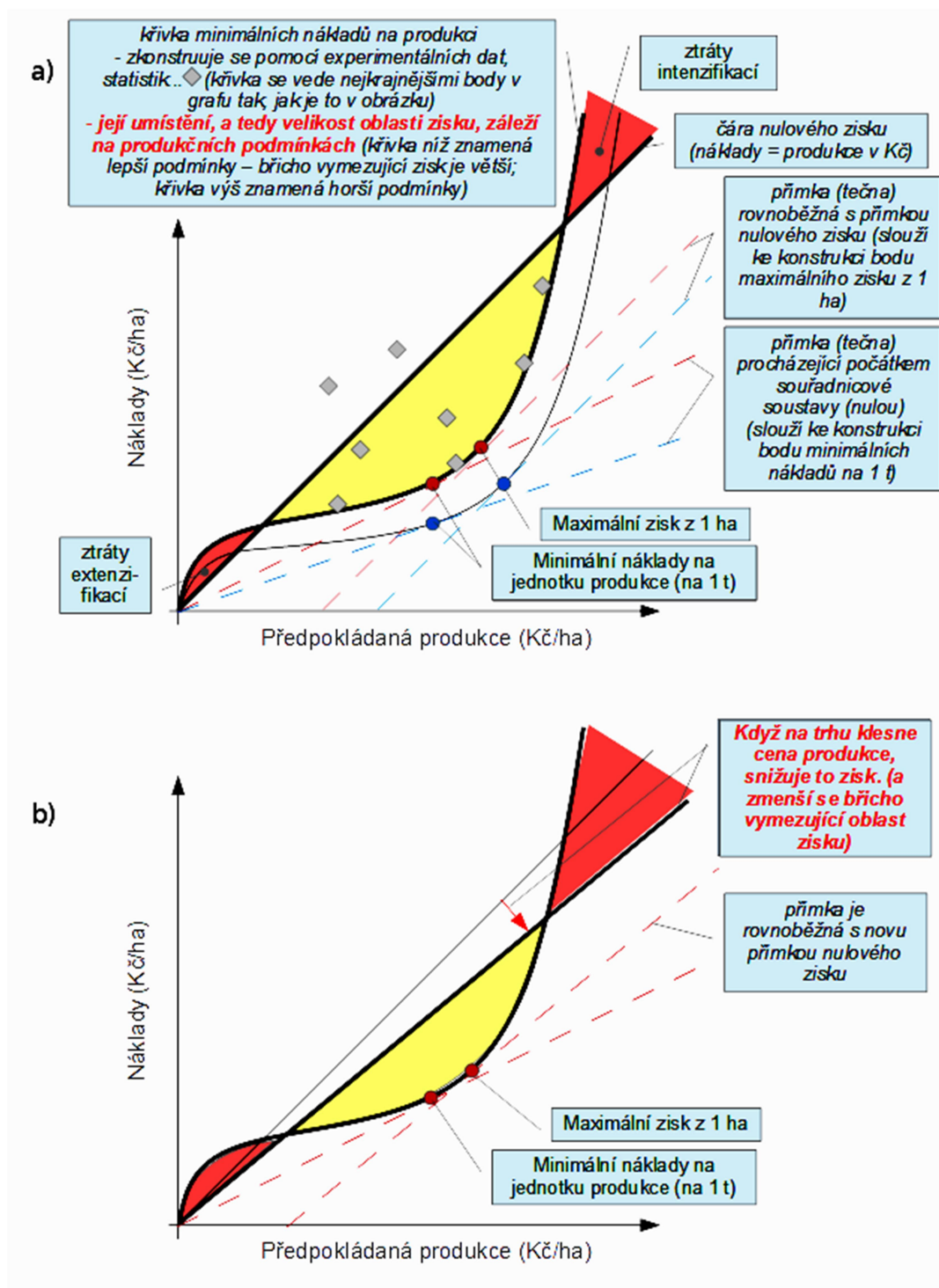
Z ekonomického hlediska je základním cílem při hospodaření na půdě dosažení co největšího zisku na faremní úrovni. Při pěstování jednotlivých polních plodin k tomu mohou být využity dvě základní strategie:

- dosažení co nejnižších nákladů na jednotku produkce, tj. co nejvyšší rentability vložených vstupů,
- dosažení co nejvyššího zisku z jednotky plochy půdy.

V obou případech platí, že od množství použitých vstupů při pěstování polních plodin se přímo odvíjí výše nákladů. Vztah k výši produkce a tedy k zisku z produkce není lineární. Nejlepších ekonomických výsledků lze dosáhnout při určité „optimální“ úrovni vstupů. Od tohoto optima se úroveň ekonomických efektů snižuje na obě strany, až může dojít ke ztrátě. Ztráta tak může vzniknout jak při přílišné extenzifikaci, tak při vysoké intenzifikaci (Obr. 8a). Ztrátu při intenzifikaci lze vysvětlit snížením efektivnosti využití nadměrných vstupů a nákladů. Ztráta při extenzifikaci naopak může vzniknout nevyužitím, nebo přílišnými úsporami na výnos zvyšujících a ochraňujících opatřeních (nízké dávky živin nebo nedostatečná ochrana porostů). Na obr. 8 jsou oblasti ztráty znázorněny červeně a oblasti dosahování zisku žlutě. Oblast zisku je ohraničena přímkou hodnoty produkce a křivkou minimálních nákladů na produkci. Na této křivce lze identifikovat bod nejvyšší rentability vstupů tečnou procházející počátkem os a bod nejvyššího zisku z jednotky plochy půdy (porostu) tečnou rovnoběžnou s přímkou hodnoty produkce. Změny podmínek pro hospodaření (P na Obr. 4) mění vztahy mezi popisovanými charakteristikami. Při nižší produkční úrovni stanovištních podmínek se mění poloha křivky minimálních nákladů na produkci, zmenšuje se oblast dosahování zisku a zvětšují se oblasti ztráty (při extenzifikaci i intenzifikaci). Zároveň dochází k posunu bodu nejvyššího zisku z hektaru k bodu nejvyšší rentability vstupů.

Při změně ekonomických podmínek (ceny produkce) se mění poloha přímky hodnoty produkce (Obr. 8b) s obdobnými důsledky jako při změnách produktivity stanoviště, tj. zmenšuje se oblast dosahování zisku a zvětšují se oblasti ztráty, bod nejvyššího zisku z hektaru se přibližuje k bodu nejvyšší rentability vstupů. I když rentabilita vstupů je považována za nejvýznamnější ekonomickou charakteristiku, na jejíž zvyšování by měla být cílena optimalizace pěstebních technologií polních plodin, přesto může být v některých případech pro zvyšování zisku na úrovni farmy volena strategie dosahování co největšího zisku z jednotky plochy půdy. Jedné se zejména o situace, kdy nelze rozšířit velikost farmy a

plochu obhospodařované půdy. V tom případě lze celkový zisk farmy zvyšovat zvýšením zisku z jednotky plochy i při nižší rentabilitě vstupů.



Obrázek 8: Vztahy mezi ekonomickými charakteristikami při optimalizaci pěstebních technologií polních plodin

## 6 TRVALÁ UDRŽITELNOST ZEMĚDĚLSKÝCH SYSTÉMŮ A JEJÍ DIMENZE

Základním úkolem zemědělství je produkce potravin v dostatečném množství a v dobré kvalitě a nejrůznějších surovin pro průmysl. Aby tyto úkoly mohlo dlouhodobě zajišťovat, nesmí degradovat zdroje, na kterých je závislé (půda, půdní úrodnost), a také negativní vlivy mimo zemědělství by měly být co nejmenší (zanášení říčních koryt, komunikací nebo částí sídel erodovanou půdou, eutrofizace vod, zvyšování koncentrace skleníkových plynů atd.). Protože zemědělské plochy tvoří značnou část krajiny, jejich vliv na utváření prostředí je velmi významný. Aniž by to bylo cílem, zemědělství vytváří velké množství vedlejších efektů a přímo či nepřímo ovlivňuje i vzdálené či nesouvisející místa a procesy. I za toto nezáměrné působení má odpovědnost.

Zpravidla se jedná o dlouhodobé procesy a změny, které jsou pozvolné, sledovatelné v horizontu řádově desítek let. Do konfliktu se dostává krátkodobý zájem jednotlivce (zemědělského podnikatele, jehož cílem je zejména dobrý ekonomický výsledek) a dlouhodobý zájem společnosti (dlouhodobě zachovat dostatečnou a kvalitní produkci potravin, ale také kvalitní životní prostředí, zdroje a přírodní a estetické hodnoty).

Jedna ze základních definic udržitelného rozvoje dle zprávy Naše společná budoucnost (Brundtland et al., 1987) říká, že **udržitelný rozvoj je takový rozvoj, který uspokojuje potřeby současnosti bez ohrožování možností budoucích generací uspokojovat jejich vlastní potřeby.**

Na základě této definice definovalo FAO trvale udržitelný rozvoj pro resort zemědělství, lesnictví a rybářství v roce 1998 následovně:

**„Trvale udržitelný rozvoj je řízení a zachování přírodních zdrojů a orientace technologické a institucionální změny takovým způsobem, aby se zajistilo dosažení a stálé uspokojování lidských potřeb pro současné a budoucí generace. Trvale udržitelný rozvoj chrání půdu, vodu, rostlinné a živočišné genetické zdroje, nepoškozuje životní prostředí, je technicky přiměřený, ekonomicky životaschopný a společensky přijatelný.“**

Zemědělství bude muset splnit tento úkol hlavně zvýšením produkce na již využívané půdě a vyhnout se dalšímu rozšiřování produkce na půdě, která je jen málo vhodná k obdělávání.

Základní **aspekty udržitelnosti zemědělství** lze vymezit následovně (CHRISTEN, O'HALLORAN-WIETHOLZ, 2002):

- odpovědnost za zásobení společnosti potravinami a kvalitu potravin,
- zajištění ekonomické životaschopnosti zemědělských podniků,
- ochrana zdrojů (ochrana půdy, vody a ovzduší, zachování produkční základny),

- etická složka (odpovědnost za příští generace – „inter-generační spravedlnost“),
- globální složky udržitelného rozvoje (odpovědnost za lidi žijící na celém světě – „intra-generační spravedlnost“),
- zachování biologické rozmanitosti (snížení zásahů do přírodních ekosystémů).

Má-li být teze udržitelného rozvoje funkční, musí integrovat tři základní oblasti – pilíře (Obr. 9):

- ekologický (biologicko-fyzikální, agronomický),
- ekonomický,
- sociální.

V poslední době se přidává ještě čtvrté hledisko – hledisko kvality řízení.



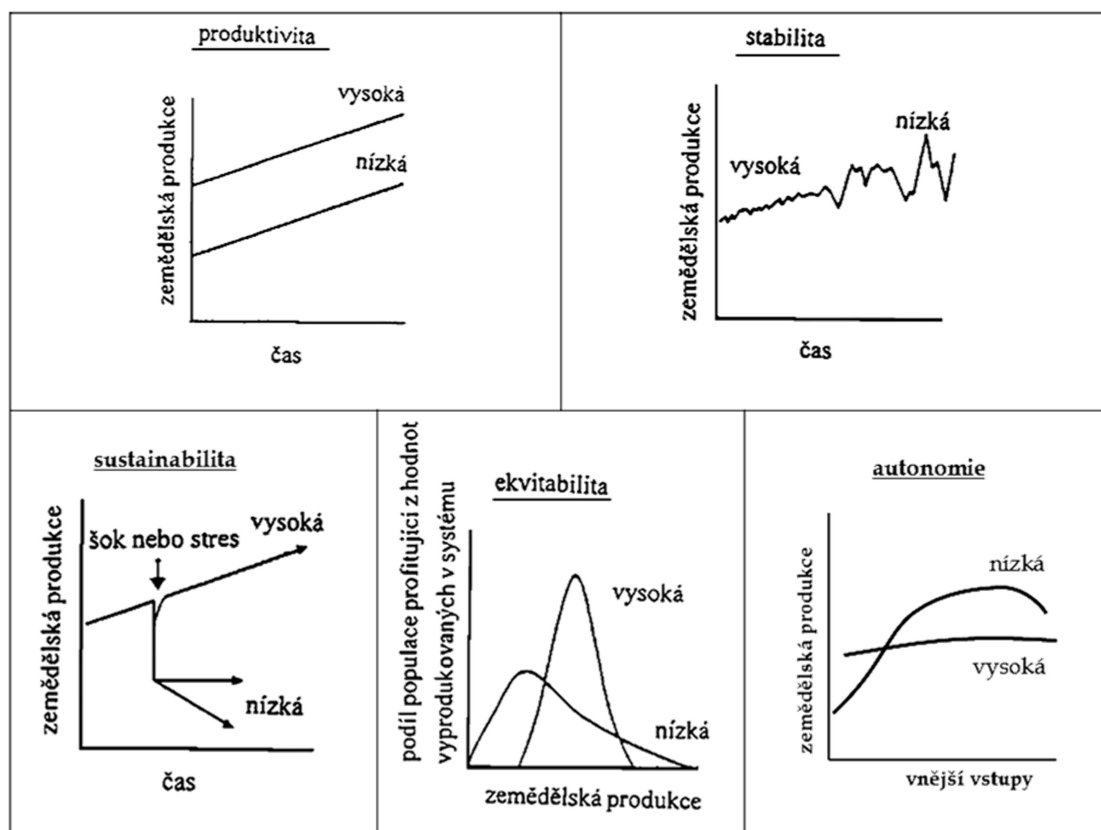
Obrázek 9: Schématické znázornění dimenzí (pilířů) a indikátorů setrvalého rozvoje

## 6.1 Hodnocení udržitelnosti

Pokud chceme dosáhnout nějakého cíle, například udržitelného hospodaření, musíme být schopni posuzovat (měřit) pokroky na cestě k tomuto cíli. Je tedy nutné mít k dispozici ukazatele (**indikátory**), pomocí kterých lze kvantifikovat aktuální stav a vývoj v klíčových oblastech, které charakterizují udržitelné hospodaření.

Indikátory jsou ukazatele, jimiž jsou předávány informace o agrosystémech. Pomocí vhodných indikátorů lze hodnotit dopady výrobních postupů na agroekosystémy a rovněž

hospodářské a sociální poměry zemědělských podniků i zemědělství jako celku. Základními (obecnými) indikátory setrvalosti jsou produktivita, stabilita, sustainabilita, ekvitabilita a autonomie (Obr. 10).



Obrázek 10: Grafické znázornění obecných indikátorů setrvalého rozvoje

Pro vyhodnocení je vždy zapotřebí znát dlouhodobější chování systému, v případě zemědělství tedy výsledky systému (výnosy nebo ekonomický výsledek) za několik let.

**Produktivita** vyjadřuje úroveň produkce jako výši výnosů nebo tržeb či zisku za rostlinné produkty. Výnosy lze hodnotit pro každou plodinu zvlášť, ale má-li být hodnocen agrosystém, je účelné hodnotit jeho produktivitu jako celku. K tomuto účelu se používá přepočtu výnosů různých produktů polních plodin na univerzální jednotky, např.. obilní jednotku, která je ekvivalentem 1 metrického centu zrna obilnin. Aby bylo možné provést hodnocení a posoudit, zda je produktivita daného systému nízká nebo vysoká, je potřebné ji vztáhnout k referenční hodnotě. V tomto případě k produkční úrovni dosahované dlouhodobě v příslušném regionu (v podobných produkčních podmínkách).

**Stabilita** je nízká proměnlivost v čase při běžných výkyvech okolního prostředí. Systém je tedy stabilní tehdy, pokud dlouhodobě produkuje vyrovnané výnosy nebo ekonomické výsledky (levá část příslušného grafu na obr. 3). Pokud jsou tyto veličiny rozkolísané (pravá část grafu), systém stabilní není, respektive má nízkou stabilitu.

**Sustainabilita** hodnotí schopnost systému odolávat silným negativním vlivům (větším výkyvům prostředí nebo většímu stresu) a po skončení jejich působení si zachovat původní úroveň produkce. Lze rozlišit dva základní typy sustainability:

- **rezistenci** (odolnost) systému, tj. schopnost zabránit změně během působení rušivého faktoru, měřítkem je rozpětí mezi dvěma stavy (čím menší je rozdíl mezi normálem a odchylkou, tím je systém odolnější),
- **resilienci** (pružnost) systému, tj. schopnost vrátit se k normálnímu stavu po skončení působení rušivého faktoru. Měřítkem je čas, za který dojde k obnově normálního stavu.

Rezistentní systém dokonale uchovává svoji strukturu vůči rušivým podnětům až po určitou hranici, ale po jejím překročení se rychle hroutí a rozpadá (podobně jako sklo).

Resilientní systém se mění už při nízké intenzitě rušivého podnětu, ale i při jeho vysoké intenzitě a případných změnách své struktury si uchovává schopnost vrátit se do normálního stavu (podobně jako guma). Agroekosystémy mohou ve svých charakteristikách značně kolísat, tj. vykazovat značnou rezistenci a přesto (nebo právě proto) být vysoce resilientní.

Vůči podnětům mimořádné intenzity, které překračují hranici homeostatického pole systému, není žádný systém rezistentní. Rozhodujícím faktorem stability se stává resilience, tj. adaptabilita na působení nepříznivých (stresových) faktorů.

**Ekvitabilita** neboli rovnoměrnost rozložení sledovaného ukazatele, způsob rozdělování výsledků hospodaření. Nízká ekvitabilita znamená nerovnoměrné rozložení nějaké vlastnosti, ale tím je zároveň zdrojem vývoje (změn).

**Autonomie** systému charakterizuje míru jeho nezávislosti na vnějším prostředí. Vysoká autonomie systému ale většinou znamená jeho nižší produktivitu. V zájmu zachování produktivity agrosystému je potřebné živiny a energii, které odchází v tržních produktech, nahrazovat v odpovídající míře dodáváním vstupů (živin, organické hmoty, energie).. Zvyšování vstupů umožňuje nárůst produktivity, ale zároveň vede k poklesu autonomie systému.

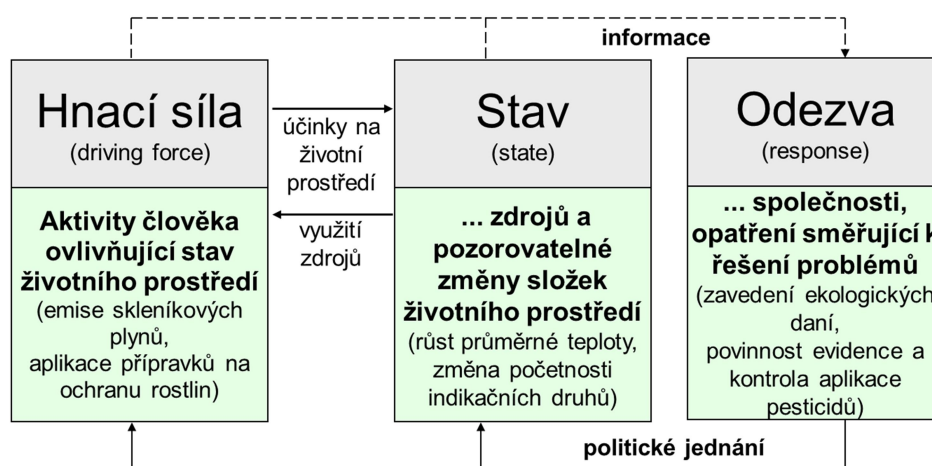
### 6.1.1 Třídění indikátorů

Indikátory se více či méně liší svým charakterem a jsou proto obvykle uspořádány do různých **rámců**. Především jde o rámce geografické. Důležitý rámec poskytují také jednotlivé obory lidské činnosti (lesnictví, jednotlivá průmyslová odvětví, zemědělství, zdravotnictví atd.). Významné jsou některé formální rámce indikátorů. Pro indikátory z oblasti životního prostředí je nejznámější rámec zavedený Organizací pro hospodářskou spolupráci a rozvoj

(OECD), který má schéma **hnací síla – stav – odezva** (driving force – state – response), (Obr. 11). Indikátory „hnací síly“ nebo „tlaku“ zahrnují všechny aktivity produkce a spotřeby, které při využívání přírodních zdrojů mohou mít vliv na životní prostředí. Indikátory „stavu“ zajišťují informace o stavu ovlivněných přírodních zdrojů. Indikátory „odezvy“ nebo „odpovědnosti“ jsou reakce v politické, popř. v sociální sféře vyplývající ze změn v prvních dvou kategoriích. Jsou to činnosti, kterými lze přímo či nepřímo ovlivnit chování směrem k žadoucím změnám. Tento rámec existuje v celé řadě modifikací.

Mimo jednotlivé indikátory jsou rovněž důležité **vzájemné vazby** mezi nimi a to jak vazby mezi jednotlivými oblastmi, které jsou indikátory podchyceny (mezi oblastí ekonomickou, sociální a environmentální nebo v rámci životního prostředí vazby mezi jednotlivými oblastmi životního prostředí), tak i vazby formálního charakteru jako například kauzální vztahy mezi indikátory vlivu, stavu a odezvy.

Příklad: Emise kyselinotvorných složek do atmosféry (vliv – hnací síla) způsobují zvýšenou koncentraci kyselých látek v ovzduší (stav), a to se projevuje ve formě kyselé depozice (stav). Výsledkem je okyselování půdy a vod (efekt), což má za následek vyhynutí ryb nebo degradaci půd (efekt). Odezvou je pak mezinárodní úmluva o snížení emisí kyselinotvorných látek do ovzduší a její naplňování.



Obrázek 11: Znázornění vztahů mezi indikátory v systému hnací síla – stav – odezva

Aby byly informace vhodné jako indikátory, měly by splňovat následující požadavky:

- měly by být založeny na kvalitní statistice, pravidelném monitoringu v dlouhých časových obdobích a také na rozumném poměru mezi náklady a vypovídací schopností,
- měly by být metodicky bezpečné a odrážet současný stav vědeckých poznatků,

- měly by mít platnost podle mezinárodních standardů a využitelnost v modelování nebo v předpovědích,
- měly by být přívětivé pro uživatele. Indikátor bude úspěšně použit pouze tehdy, jestliže jeho parametry lze pochopit a logicky interpretovat.
- měly by také obsahovat přesné prahové hodnoty umožňující jejich vyhodnocení a srovnávání.

Hlavním účelem uplatnění jednotlivých indikátorů i jejich souborů je:

- hodnocení podmínek a trendů,
- srovnání mezi místy a situacemi,
- odhad podmínek a trendů ve vztahu ke stanoveným cílům,
- včasné poskytování varovné informace a vytvoření podmínek pro předvídaní budoucích situací a trendů.

### 6.1.2 Zpracování dat do indikátorů

**Data** jsou statická fakta, jednotlivé údaje, naměřené hodnoty. Odrážejí stav reality v určitém okamžiku. Smyslem zpracování dat je vytvoření **informace**, která teprve má pro uživatele určitou vypovídací hodnotu a je podkladem pro rozhodování. Je výsledkem analýz, zpracování a prezentace dat. Data jsou objektivní reprezentací popisovaných jevů, informace jsou subjektivní a uplatnitelné pouze ve vztahu k příjemci (uživateli).

Indikátory jsou druh informace.

Proces práce s indikátory zahrnuje následující kroky:

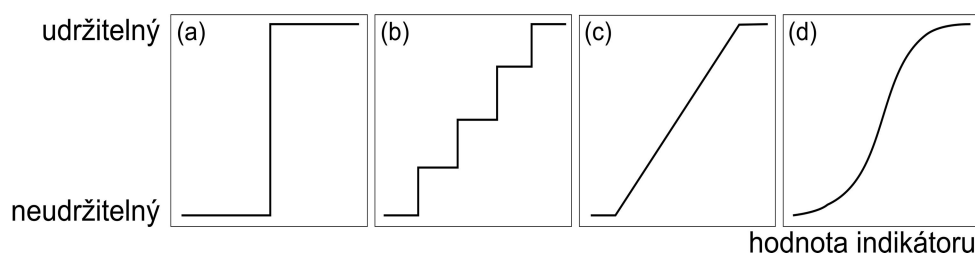
- **výběr a sběr dat** – Metodiku výpočtu indikátoru a potřebu dat pro výpočet je vhodné zvolit tak, aby vypočítaná hodnota poskytovala informaci v požadované přesnosti, a současně aby bylo reálné získat potřebná data při co nejmenších požadavcích na dodatečné evidence či měření. Je vhodné v maximální možné míře využívat data standardně dostupná v zemědělském podniku z agronomických, účetních či jiných evidencí.
- **stanovení referenční (limitní/optimální) hodnoty indikátoru** – Stanovení prahových hodnot indikátorů je velmi důležitou a jednou z nejkritičtějších fází práce s indikátory. Aby bylo možné říci, že naměřená či vypočítaná hodnota značí špatný, vyhovující nebo dobrý výsledek, musí být vytvořena možnost srovnat ji s optimální, nebo limitní hodnotou, které vymezují cílovou oblast ve vztahu k vytyčeným sledovaným cílům. Referenční hodnoty mohou být stanoveny na základě vědeckého poznání, legislativy, či společenské nebo politické domluvy. Měly by být podloženy



ověřenými výsledky výzkumu nebo kvalitní statistikou, případně i zohledňovat regionálně specifické podmínky.

- **normalizace vypočítaných hodnot** – S využitím referenčních hodnot je základní indikátor (v původních měrných jednotkách) transformován na bezrozměrné číslo, které zároveň vyjadřuje hodnocení dosažené hodnoty. Tento krok umožňuje rychlé srovnání výsledků posuzovaného podniku v oblastech jednotlivých indikátorů mezi sebou a je také nevyhnutným krokem před případnou agregací dílčích indikátorů do složitějších.

Obr. 12 představuje základní příklady funkcí použitelných pro normalizaci indikátorů. Ostré, jasné hranice (např. koncentrace nitrátů v pitné vodě) mohou být použity pro rozdělení naměřených hodnot do dvou oblastí udržitelná/neudržitelná (varianta a). Další možností je použít stupňovité funkce se skokovou změnou v několika bodech definovaných referenčních hodnot (funkce b). Lze použít i spojitou lineární funkci pro postupný převod hodnot indikátoru bez ostrých zlomů (funkce c). Poslední možností je spojitá křivka (funkce d).



Obrázek 12: Příklady funkcí použitelných pro normalizaci indikátorů

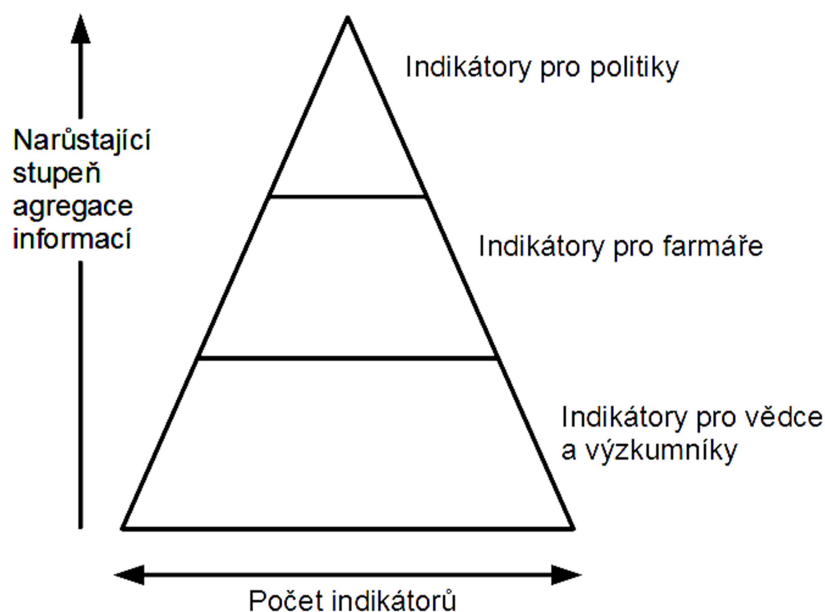
- **přiřazení váhy indikátorům** – Vážení je proces prisouzení relativní důležitosti jednotlivým dílčím indikátorům, respektive oblastem, které tyto indikátory reprezentují. Někdy je možno využít znalostí z přírodních věd (podíl různých plynů na globálním oteplování), v jiných případech lze využít empirických zkušeností nebo výsledků statistik. Protože pojem udržitelnost je „sociální konstrukce“, mohou být váhy indikátorům přiřazeny také na základě toho, jakou váhu jednotlivým dílčím indikátorům přikládá společnost. Tato důležitost, ať je stanovena na jakémkoli základě, je vyjádřena tzv. vahou, například číselným koeficientem přiřazeným každému dílčímu indikátoru. Proces vážení je již částečně zahrnut ve výběru indikátorů, protože už jen počet vybraných proměnných ovlivňuje jejich váhu v celkovém výsledku.

- **agregace indikátorů** – Cílem agregace neboli slučování indikátorů je integrovat do jediného údaje více skutečností a poskytnutí celkového obrazu. Je potřeba vybrat vhodné vstupní proměnné, převést je do formy, ve které jsou spolu slučitelné (provést normalizaci), přiřadit jim váhu a zvolit metodu agregace. Nejjednodušším způsobem je součet nebo průměr. Vysoce agregované indikátory se nazývají indexy.

### 6.1.3 Prostorová a časová dimenze hodnocení využívajícího indikátory

Z prostorového hlediska může být hodnocení prováděno na úrovni farmy, osevního postupu, plodiny, pozemku, půdního povrchu atd. Často se úroveň vstupu dat a výstupních informací liší. V agronomické evidenci jsou obvykle dostupná data na úrovni pozemku (charakterizující většinou jednu pěstební technologii) a finální výstup nejčastěji odpovídá úrovni farmy (respektive rostlinné produkce), je vytvořen agregací výsledků jednotlivých pozemků (Obr. 13). Tímto postupem lze získat výsledek charakterizující pro každý indikátor jedním číslem celou rostlinnou produkci farmy. Nicméně, zejména u velkých farem, se touto agregací ztrácí informace o heterogenitě systému.

Z časového hlediska jsou výpočty prováděny za období jednoho roku. V případě zemědělství ale jednoleté výsledky nemají velkou vypovídací hodnotu kvůli meziročníkové variabilitě zejména povětrnostních podmínek, ale i různému infekčnímu tlaku a výskytu škůdců a třeba i kvůli vývoji cen vstupů i výstupů na trhu. Proto je potřebné vyhodnocovat vždy minimálně tříletou řadu výsledků. Čím delší časové období lze vyhodnotit, tím lépe.



Obrázek 13: Schéma agregace výsledků z jednotlivých pozemků pro různé kategorie uživatelů.

## 6.2 Metody a indikátory pro komplexní hodnocení systémů rostlinné výroby

Indikátory mohou být používány jednotlivě, ale často jsou využívány jako sady, umožňující komplexní hodnocení zahrnující několik oblastí podle použitých indikátorů. Takovéto sady tvoří ucelené metody vytvořené v mnoha, zejména západních, zemích s cílem hodnotit setrvalost zemědělského hospodaření nebo jeho jednotlivých částí. Těchto metod existuje poměrně velké množství a liší se v přesném účelu využití i v tom, pro jaké uživatele jsou primárně určeny (farmáře, poradce, výzkum, certifikační systém, statistiku a politiku atd.). Z toho také plynou odlišnosti metod:

- v počtu a výběru indikátorů, metodice jejich výpočtu i náročnosti na vstupní data (ve složitosti indikátorů),
- v zahrnutých oblastech zemědělské produkce,
- v zahrnutých oblastech udržitelnosti,
- v prostorové úrovni, na které jsou získávána data a prováděny výpočty,
- v prostorové úrovni, na které jsou prezentovány výsledky,
- ve způsobu vyjádření hodnoty indikátoru,
- v závislosti na externí službě a otevřenosti metody,
- ve způsobu získávání vstupních dat,
- ve formě závěrečného hodnocení,
- v použitelnosti pro optimalizaci hospodaření.

Jako příklady těchto metod lze uvést: KUL/USL, KSNL, Certifikát DLG, REPRO (Německo), Indigo (Francie), SALCA, RISE (Švýcarsko), SAGROS (ČR).

Nejčastěji metody zahrnují indikátory environmentální (agronomické) dimenze, respektive tato část představuje jejich nejstarší a nejpropracovanější součást. Později se připojily také indikátory ekonomické (protože nelze hodnocení provádět bez vazby na zachování ekonomické životaschopnosti podniku) a nejnovější součástí metod představují indikátory sociální.

Jako příklad uvedeme českou metodu SAGROS, která zahrnuje následující sadu indikátorů:

<b>Dimenze setrvalosti</b>	<b>Oblast využití</b>	<b>Ukazatel</b>
<b>EKOLOGICKÁ</b>	voda a ovzduší	bilance dusíku
	využití zdrojů	bilance fosforu
		bilance draslíku
		bilance organické hmoty
		měrná spotřeba energie

Dimenze setrvalosti	Oblast využití	Ukazatel
EKONOMICKÁ	biodiverzita	intenzita ochrany rostlin
		půdní eroze
		potenciál biodiverzity
	stabilita	tržby podniku
		zisk
		zadluženost
likvidita	příspěvek na úhradu	
	likvidita	
rentabilita	rentabilita	
SOCIÁLNÍ	práce a zaměstnanost	odměna za práci
		pracovní doba
		dovolená
		vzdělávání
		bezpečnost a ochrana zdraví při práci
		zapojení zaměstnanců
	společenská angažovanost	zapojení do společnosti hodnocené ukazateli: - sociální angažovanost - styk s veřejností - angažovanost v regionu

### 6.2.1 Bilance živin

Hospodaření se živinami je hlavní metodou k dosažení požadovaných cílů udržitelného hospodaření v oblasti půdní úrodnosti a efektů na prostředí. Základem je snaha dodávat do půdy právě tolik živin, kolik potřebují plodiny pro svůj růst a tvorbu výnosu a kvality produktu. Při nedostatečném přísunu živin je plodiny čerpají z půdní zásoby a postupně ji vyčerpávají, což se projeví jak na výnosu, tak na parametrech půdní úrodnosti. Při nadbytečném přísunu živin nejsou tyto rostlinami využity a obzvláště mobilní prvky (N, K) se mohou dostávat do dalších složek prostředí, kde je zvyšování jejich koncentrace nežádoucí.

Jednotlivé živiny mohou být do půdy vpravovány ve formě minerálních nebo organických hnojiv. Pouze organická forma nemusí vyhovovat potřebě jednotlivých plodin, protože živiny jsou dodávány v nevhodných poměrech. To může vést k nedostatku některých živin a naopak přebytku jiných, s dopady na produkci a prostředí. Při správném vytváření plánu hnojení by k tomu ale nemělo docházet. Důležitou informací, kromě potřeby živin pro plodiny a jejich množství v hnojivech je také obsah živin v půdě. Ten lze zjistit z výsledků agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP), které provádí Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) v šestiletých cyklech. Výsledky zkoušení umožňují sledovat vývoj

základních půdních vlastností (pH, obsahy přístupných živin) a lze zjistit podíl půd rozčleněných podle úrovně zásobenosti živinami (do skupin dobrá, střední, nízká) a podle těchto informací korigovat plán hnojení.

#### 6.2.1.1 Faktory ovlivňující bilanci živin

Nejvýznamnějším faktorem je **zastoupení plodin** ve struktuře rostlinné výroby.

Vstupy živin:

- zastoupení bobovitých plodin a úrovně fixace vzdušného dusíku,
- zastoupení plodin hnojených statkovými hnojivy,
- plodiny, ke kterým je prováděna kultivace během vegetace, při níž dochází mineralizací k uvolnění živin (při podrobnější kalkulaci).

Výstupy živin:

- odběr živin z půdy jednotlivými plodinami,
- využití produkce plodin – vztah k návratu živin do půdy (využití vedlejšího produktu ke hnojení, zelené hnojení atd.).

Úroveň **hnojení organickými a minerálními hnojivy** a jejich kvalita ovlivňuje množství živin dodaných do půdy a jejich vzájemný poměr. Kvalita organických hnojiv je dána množstvím faktorů, z nichž největší význam mají zejména uskladnění, manipulace, ošetřování a doba od aplikace po zapravení do půdy. Použitá forma hnojiva (forma obsažených živin) pak navíc určuje dynamiku živin v půdě – rychlost jejich využití plodinou. Podmínky použití hnojiv jsou uvedeny v zákoně č. 156/1998 Sb. a jeho prováděcí vyhlášce č. 377/2013 Sb. v aktuálních zněních.

**Zpracování půdy** a kultivace půdy během vegetace rovněž ovlivňují využitelnost živin pěstovanou plodinou. Vhodné obdělávání půdy, kdy se provzdušněním podpoří mineralizační procesy, zvyšuje mobilitu živin v půdním profilu a tím i jejich přístupnost pro rostliny. Významné je např. při podrobnější bilanci dusíku, kdy se s mineralizací živiny kalkuluje.

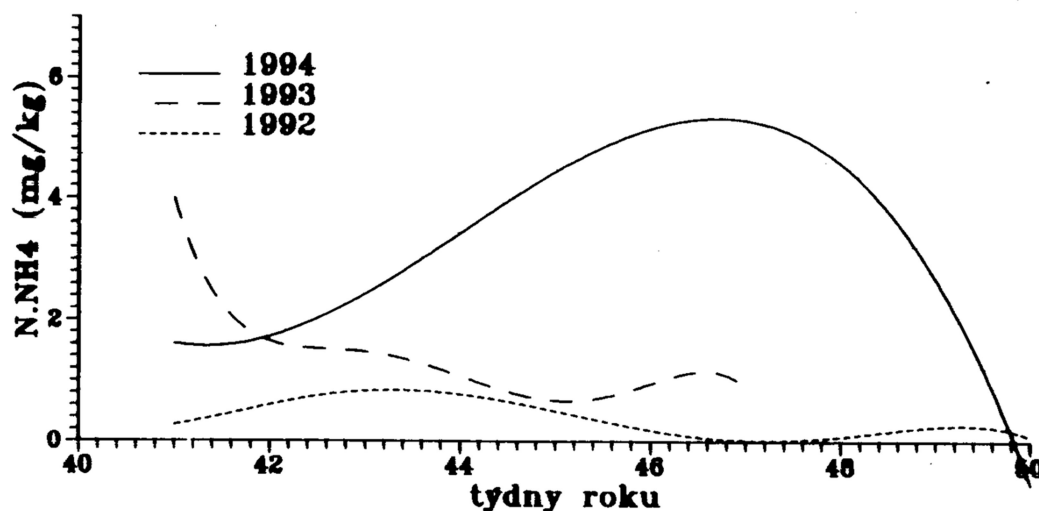
**Půdně klimatické podmínky** stanoviště určují do značné míry chování živin v půdě. Půdní reakce, půdní druh, propustnost půdy, její sorpční schopnosti atd. vytváří podmínky pro větší či menší ztráty živin z půdy a jejich dostupnost pro rostliny po jejich aplikaci. Teploty a srážkové poměry souvisí s biologickou aktivitou půd a potažmo s přeměnami živin v půdě, s jejich imobilizací a zpřístupněním pro rostliny. Mezi klimatické faktory lze zařadit také vstupy živin imisemi z ovzduší.

Vodní nebo větrná **eroze půdy** způsobuje ztráty živin v přemístěné zemině.

Nejlépe lze všechny zmiňované faktory pozorovat na problematice bilance dusíku.

- Tato živina v půdě podléhá intenzivním a rychlým změnám a dynamika obsahu minerálního dusíku v půdě během roku je proto obtížně stanovitelná.
- Využitelnost dusíku rostlinami je úzce spojená s povětrnostními podmínkami (v konkrétním ročníku) a s mikrobiální aktivitou půdy (Obr. 14).
- Některé vstupy a výstupy dusíku do a ze systému jsou obtížně kvantifikovatelné:
  - mineralizace,
  - imise,
  - biologická fixace vzdušného dusíku (volně i symbioticky žijícími fixátory),
  - vyplavování a povrchový odtok ( $50\text{--}85 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  za rok),
  - denitrifikace a volatilizace ( $25\text{--}50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  za rok).

**Zásoba amonného dusíku v ornici - 0 - 30 cm  
pod porosty pšenice oz. po jetelovině - ZVU KM**



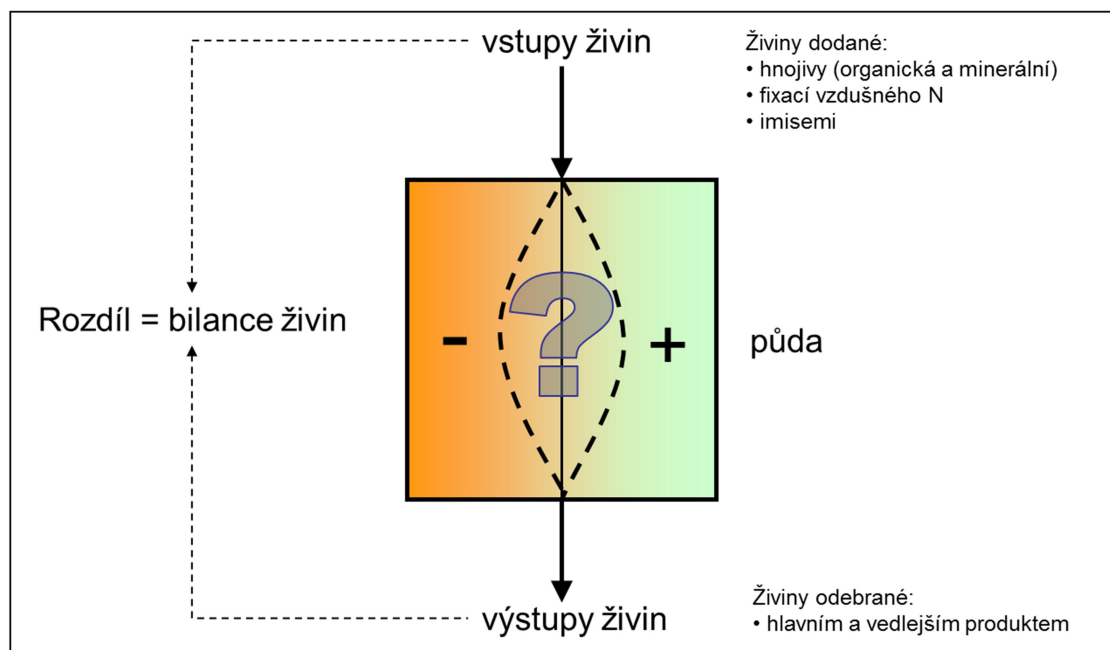
Obrázek 14: Příklady rozdílů v dynamice obsahu amonného dusíku v půdě v jednotlivých letech

### 6.2.1.2 Výpočet bilancí živin

Aby byla bilance prakticky proveditelná, jsou do kalkulace zahrnuty jen nejvýznamnější a relativně dobře vyčíslitelné položky. Bilance živin v zásadě znamená rozdíl vstupů a výstupů dané živiny do a z vymezeného systému (Obr. 15). Vychází ze zákona o zachování hmoty.

Takto provedená bilance živin neposkytuje žádné informace o jejich využití a o procesech, které s nimi v půdě probíhají. Pro určení vstupů jsou potřebná data o množství dodaných živin v minerálních i organických hnojivech, tedy aplikované dávky hnojiv a obsah

jednotlivých živin v nich. Pro bilanci dusíku je relevantní také fixace vzdušného dusíku bobovitými plodinami. Při podrobné kalkulaci lze zohlednit také živiny dodané osivem či sadbou a mineralizací. Pro stanovení výstupů je potřeba znát odběr živiny sklizeným produktem (tedy výnos hlavního a vedlejšího produktu a odběr živin konkrétní plodinou na tunu produkce) a při podrobné kalkulaci také různé formy ztrát, jako eroze, vyplavení, odtok a u dusíku také denitrifikaci a únik plynů.



Obrázek 15: Schéma propočtu bilance živin

V zásadě lze rozlišit dva hlavní typy bilancí:

- faremní bilance („farm balance“, „farmgate balance“),
- povrchová bilance („field balance“, „soil surface balance“).

Zejména u bilance dusíku je nutné zohlednit tzv. nevyhnutelné ztráty. Dynamika a přeměny dusíku v půdě totiž sestává z řady procesů, které je obtížné kvantifikovat. Dochází k řadě ztrát, které nelze hospodařením odstranit, lze je jen do jisté míry minimalizovat. Denitrifikace, vyplavení živin, eroze, povrchový odtok, únik čpavku a oxidů dusíku jsou procesy přirozeně probíhající v ekosystému.

#### 6.2.1.2.1 Faremní bilance

Hodnocenou jednotkou při výpočtu faremní bilance je farma, zemědělský podnik, případně region či stát. Započítány jsou všechny toky živin vstupující do farmy a vystupující

z farmy. Obvykle se využívá běžných údajů z účetnictví nebo, na úrovni vyšší než farma, ze statistických šetření. Položkami bilance jsou:

***Vstupy***

nakoupená minerální hnojiva  
 nakoupená organická hnojiva  
 nakoupená statková hnojiva  
 nakoupené osivo a sadba  
 nakoupená krmiva

***Výstupy***

tržní produkce rostlinné výroby  
 tržní produkce živočišné výroby  
 prodaná statková hnojiva  
 prodaná organická hnojiva  
*ztráty do ovzduší*  
*ztráty vyplavením*

**6.2.1.2.2 Povrchová bilance**

Hodnocen je systém půda – rostlina. Hranice tohoto systému může být vymezena na úrovni pole, zemědělského podniku, regionu nebo státu. Z časového hlediska je nejčastěji kalkulace prováděna pro období jednoho roku, někdy také jedné rotace osevního postupu. Vstupy (hnojiva, fixace vzdušného dusíku, imise) a výstupy (živiny ve sklizených produktech a ztráty) se počítají na úrovni půdy (porostu) na základě agronomické evidence podniku případně regionálních či státních statistik či odhadů. V bilanci dusíku jsou v některých postupech (OECD Soil surface nutrient balance) považovány ztráty za ekvivalentní bilančnímu přebytku. Položkami bilance jsou:

***Vstupy***

minerální hnojiva  
 statková a organická hnojiva  
 osivo a sadba  
 biologická fixace dusíku  
 atmosférická depozice

***Výstupy***

sklizené rostlinné produkty  
*eroze a povrchový odtok*  
*denitrifikace*  
*vyplavení*  
*únik plynů (čpavek, oxidy dusíku)*

Příkladem povrchové bilance živin je metodika OECD (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj). Základem je výpočet rozdílu mezi vstupy živin do půdy a výstupy živin z půdy. Na úrovni krajů a států jsou použity tyto položky bilance a zdroje dat:

<b><i>Vstupy živin</i></b>	<b><i>Zdroj údajů</i></b>
minerální hnojiva	statistika MZe ČR
organická a organo-minerální hnojiva	odhad spotřeby
upravené kaly, sedimenty	odhad spotřeby na základě údajů o produkci kalů



<i>Vstupy živin</i>	<i>Zdroj údajů</i>
	resp. sedimentů a jejich využití v zemědělství
statková hnojiva	výpočet přívodu živin na základě údajů o stavech zvířat podle statistiky ČSÚ a produkce exkrementů
symbiotická fixace dusíku	výpočet podle ploch luskovin a jetelovin dle statistiky ČSÚ
fixace dusíku volně žijícími fixátory	odhad 5 kg/ha
spad živin ve srážkách	průměrně 22 kg N, 2 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 4 kg K <sub>2</sub> O /ha
osivo a sadba	výpočet podle osetých a osázených ploch podle statistiky ČSÚ
<i>Výstupy živin</i>	
odběr živin hlavním produktem	výpočet podle sklizní ČSÚ
odběr živin vedlejším produktem	nevhodné pro regionální úroveň

(ZERA, 2007)

Rozdíl při bilancování na úrovni regionu a na úrovni podniku je zejména v přístupu ke statkovým hnojivům. V regionální bilanci jsou započítána pouze statková hnojiva živočišného původu (vyjádřeno v exkrementech, tedy bez steliva). Mezi výstupy tedy není započítán export živin ve vedlejších produktech plodin (zůstávají na pozemku jako statková hnojiva rostlinného původu, nebo se vracejí ve hnoji). Pro účel regionální bilance tento přístup zcela postačuje. Na úrovni podniku může být výpočet přesnější, protože potřebné údaje jsou k dispozici. Na úrovni podniku jsou použity tyto položky bilance a zdroje dat:

<i>Vstupy živin</i>	<i>Zdroj údajů</i>
minerální hnojiva	evidence hnojení
organická a organo-minerální hnojiva	evidence hnojení
upravené kaly, sedimenty	evidence hnojení
statková hnojiva	evidence hnojení
symbiotická fixace dusíku	výpočet podle ploch jetelovin a luskovin v podniku
fixace dusíku volně žijícími fixátory	na úrovni podniku se nehodnotí
spad živin ve srážkách	na úrovni podniku se nehodnotí
osivo a sadba	na úrovni podniku se nehodnotí
<i>Výstupy živin</i>	
odběr živin hlavním produktem	agronomická evidence podniku
odběr živin vedlejším produktem	agronomická evidence podniku

(ZERA, 2007)

U bilance dusíku kladný výsledek bilance, tedy bilanční přebytek, představuje živiny nespotřebované plodinami a vzhledem k mobilitě dusíku v půdě tedy tento přebytek představuje potenciál ztrát z půdy do dalších složek prostředí. V půdně-klimatických podmínkách a při systémech hospodaření v ČR jsou nevyhnutelné ztráty dusíku (v důsledku procesů přirozeně probíhajících v ekosystému, kterým hospodařením nelze zabránit) uvažovány v průměrné výši  $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  za rok. Tato hodnota ale kolísá v závislosti na půdně-klimatických podmínkách a průběhu počasí v daném ročníku. Jestliže se v bilanci na úrovni podniku nebo pozemku nezapočítávají vstupy dusíku ve srážkách, fixaci volně žijícími fixátory a osivem či sadbou (celkem  $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), je průměrný akceptovatelný bilanční přebytek  $20 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

### 6.2.1.3 Současná úroveň hnojení a bilance živin v ČR

Se změnou podmínek pro hospodaření po roce 1989 proběhly v zemědělství ČR výrazné změny a v návaznosti na ně začalo probíhat postupné přizpůsobování novým okolnostem.

V důsledku změny řízení a financování zemědělství se výrazně změnila jeho struktura. Intenzita živočišné produkce (vyjádřeno v DJ/ha) je dnes poloviční ve srovnání s rokem 1990 a stavy skotu jsou téměř třetinové (Obr. 16). Od tohoto ukazatele se odvíjí množství statkových hnojiv, která se dostávají do půdy. Ve formě statkových hnojiv dnes do půdy přichází přibližně polovina živin ve srovnání s rokem 1990. Také vstupy N, P, K v minerálních hnojivech byly v roce 1993 na poloviční, v případě dusíku, až na čtvrtinové (fosfor) či pětinnové (draslík) úrovni ve srovnání s rokem 1990 (Obr. 17). Dnešní stav v přívodu dusíkatých minerálních hnojiv se už téměř blíží tomu v roce 1990 (cca  $85 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  dnes proti  $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  v roce 1990). Avšak s poklesem stavů skotu klesla také výměra jetelovin a tím i přívod dusíku symbiotickou fixací ze vzduchu cca o 50 %. Zvyšující se spotřeba minerálních dusíkatých hnojiv tedy částečně nahrazuje výše zmíněné propady přívodu dusíku, zejména v podnicích bez chovu zvířat. Dávky fosforečných a draselných hnojiv však prakticky zůstaly na úrovni po propadu z roku 1993 (15 resp.  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Přívod fosforu a draslíku do půdy je nyní vyšší ze statkových hnojiv než z hnojiv minerálních. To se projevuje zvyšováním podílu půdy s nízkou zásobeností fosforem a zmenšováním ploch s vysokou zásobeností (Obr. 18).

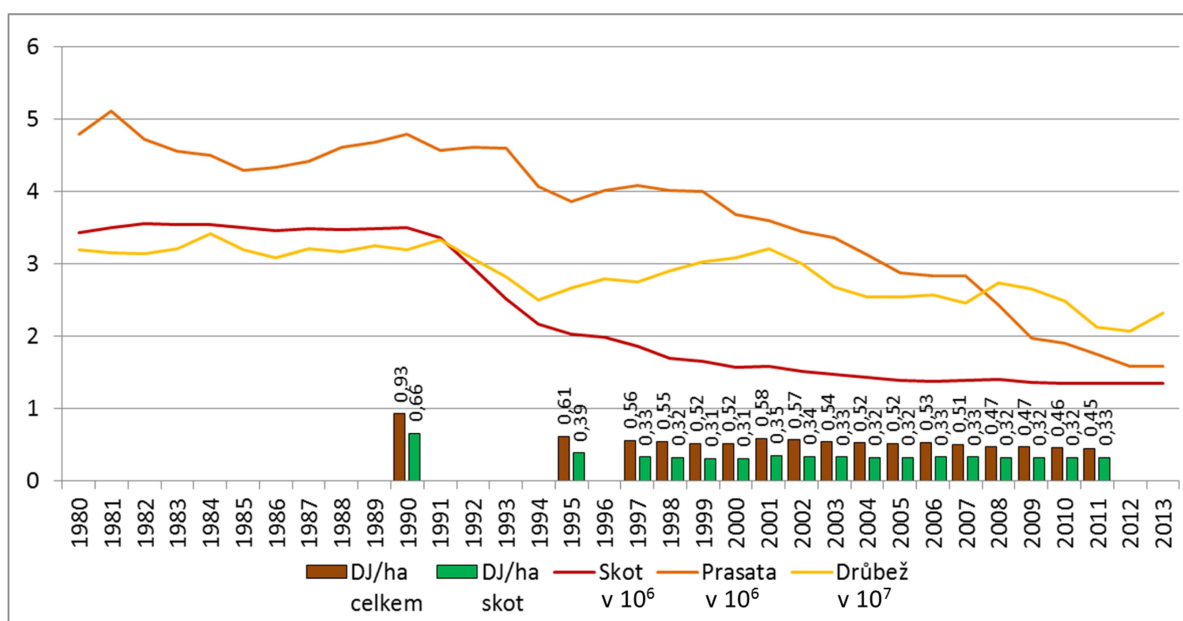
S úbytkem hospodářských zvířat je do půdy v posledních letech zapravováno více statkových hnojiv rostlinného původu, zejména slámy obilnin. Společně se slámou olejnin, luskovin atd. a řepným chrástem se při jejich zapravování do půdy přímo navrací cca 85 %

živin vedlejšími produkty odebraných. Rozšiřuje se také využití digestátu z bioplynových stanic.

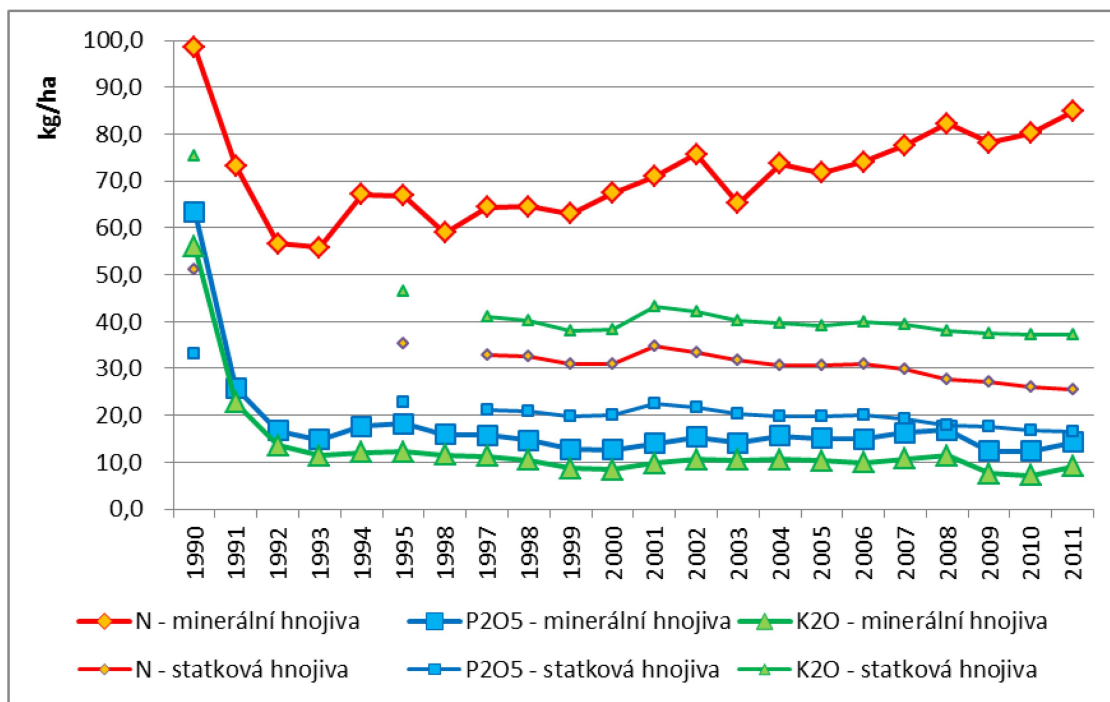
Přívod fosforu do půdy je v průměru České republiky zhruba na úrovni jeho odběru plodinami. U draslíku je však odběr cca o  $15 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$  vyšší než přívod hnojením.

Důsledky je možné demonstrovat na výsledcích agrochemického zkoušení zemědělských půd (Obr. 18–20). Nepříznivé trendy vývoje se projevují i v dalších ukazatelích úrodnosti půdy – obsah Ca a Mg, poměr K:Mg, pH půdy (Obr. 20).

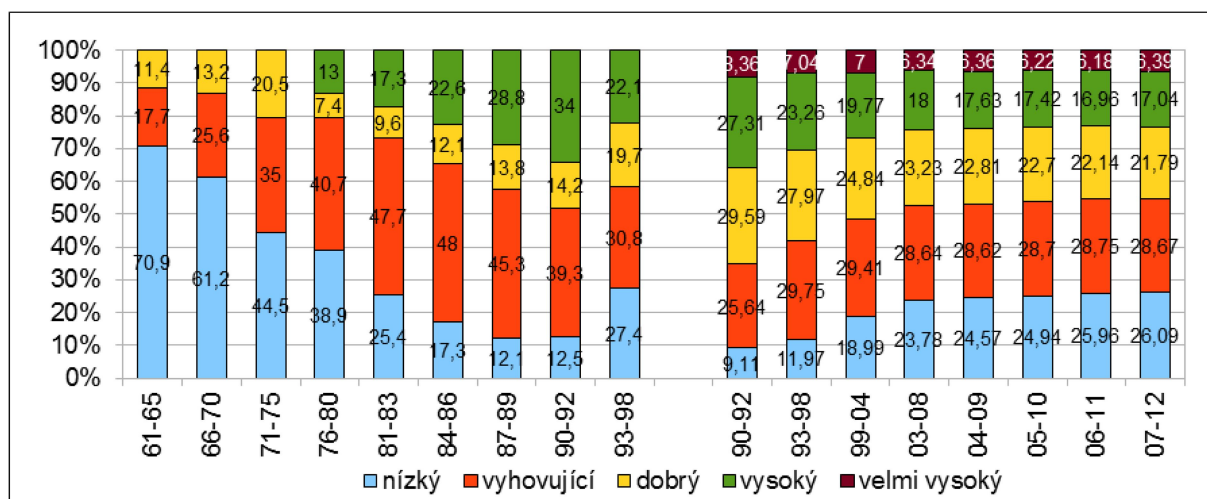
V nakupovaných minerálních hnojivech převažují dusíkatá hnojiva, která tvoří téměř 80 % spotřeby živin. Nevyrovnané hnojení vede ke snížení úrodnosti půdy a následně i výnosů. Z hlediska výživy rostlin může docházet k nižšímu využití dodaného dusíku a tím i jeho vyšším ztrátám z půdy vyplavením. To se společně s dalšími faktory projevuje pomalým nárůstem a zvýšenou variabilitou výnosů polních plodin v posledních letech (Obr. 21).



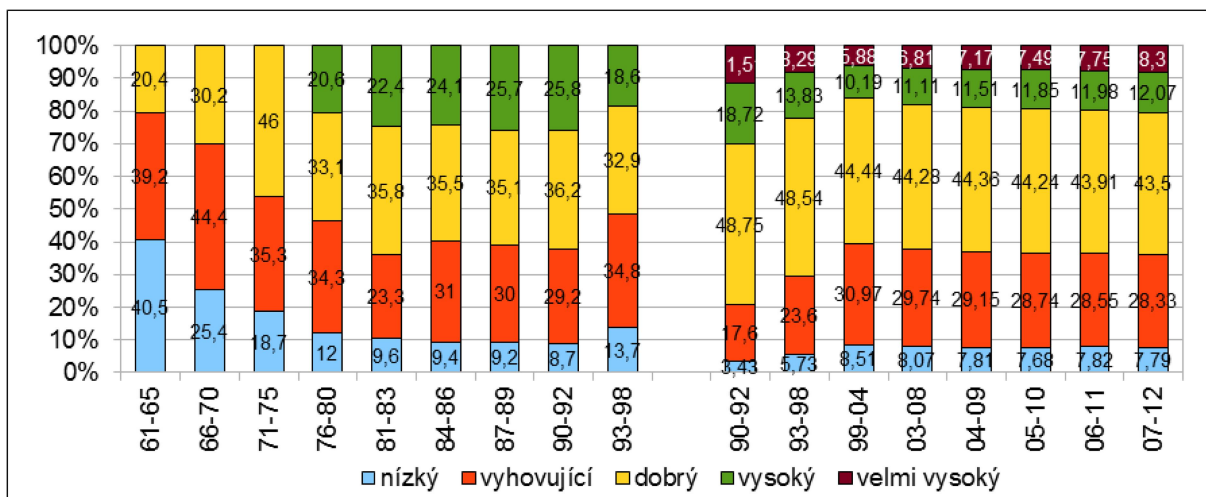
Obrázek 16: Změny stavu hospodářských zvířat v ČR v letech 1980–2013.



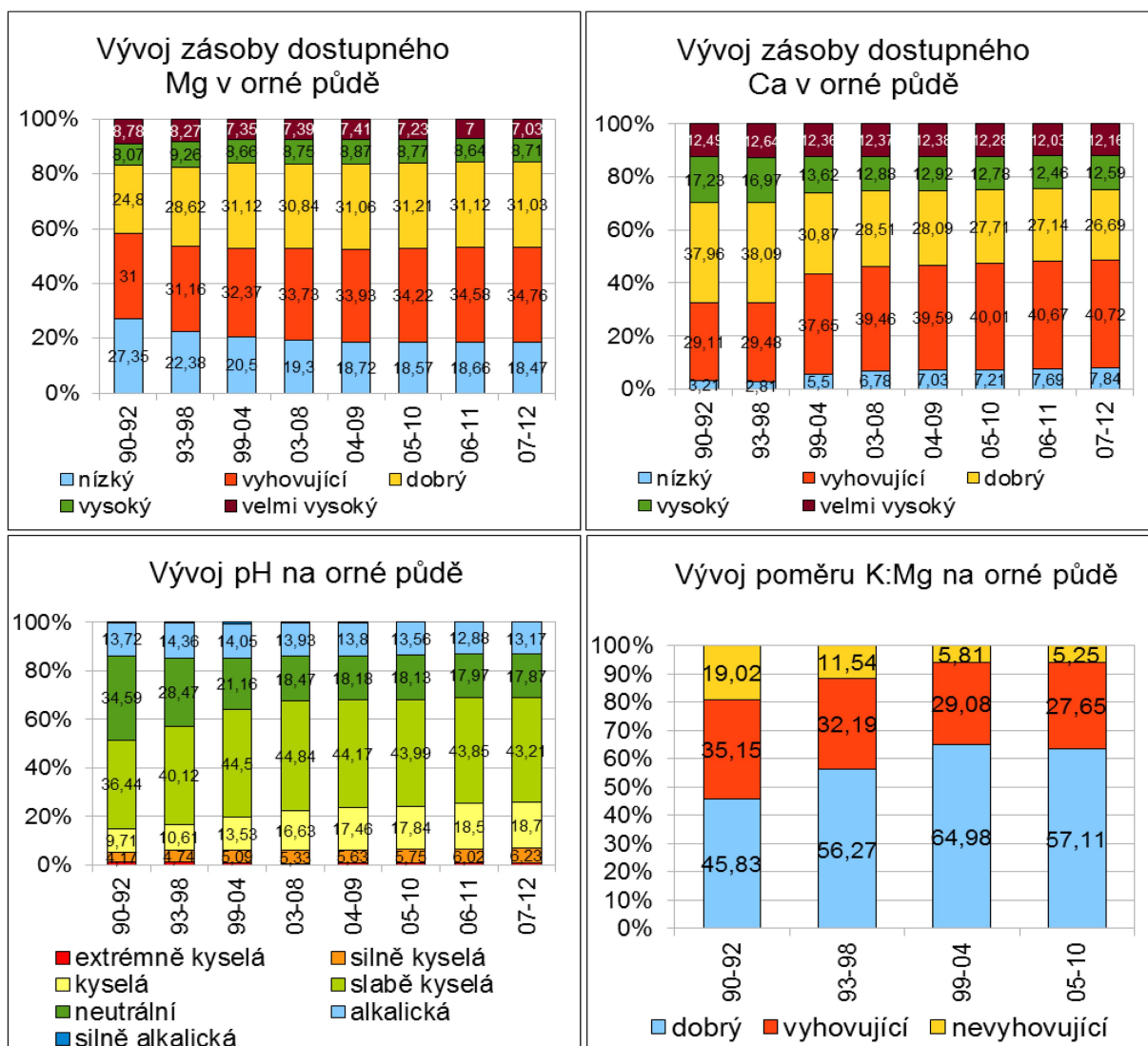
Obrázek 17: Změny dodávky živin do půdy v letech 1990–2011



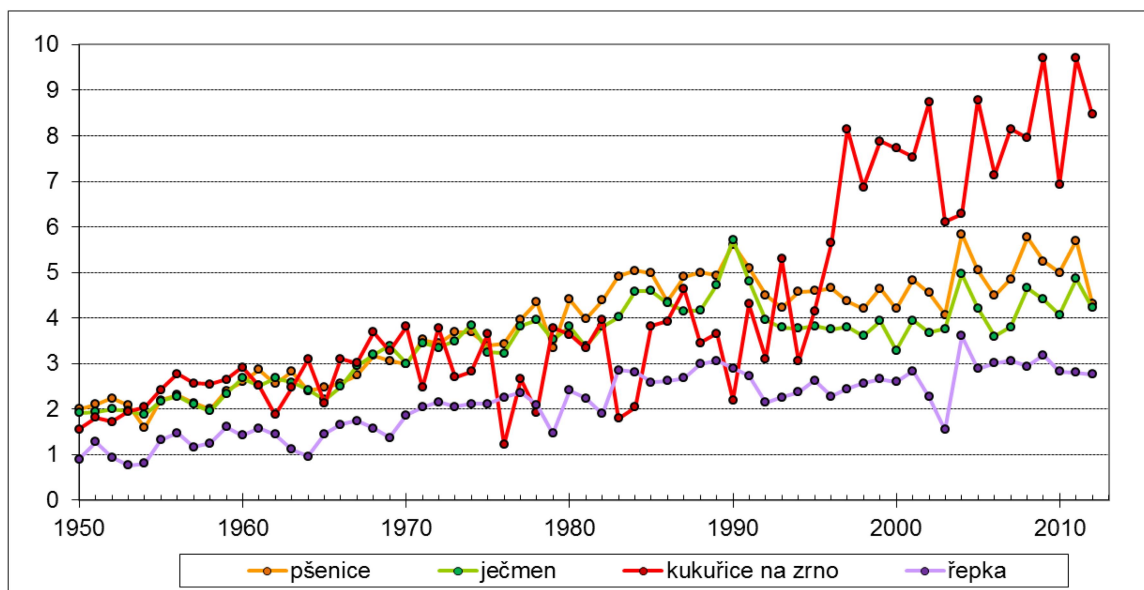
Obrázek 18: Vývoj zastoupení kategorií zásobenosti orné půdy v ČR fosforem v letech 1961–2012 dle agrochemického zkušeni půd



Obrázek 19: Vývoj zastoupení kategorií zásobenosti orné půdy v ČR draslíkem v letech 1961–2012 dle agrochemického zkoušení půd



Obrázek 20: Změny charakteristik úrodnosti orné půdy v ČR v období 1990–2012



Obrázek 21: Vývoj výnosů vybraných polních plodin na území ČR v období 1950–2013

### 6.2.2 Bilance organické hmoty

Zachování a případně zvyšování obsahu organické hmoty v půdě (vzhledem k jejímu relativně nízkému obsahu ve většině zemědělských půd) je pro udržení dlouhodobé půdní úrodnosti a tedy pro setrvalost hospodaření velmi důležité. Obsah a kvalita organické hmoty v půdě ovlivňují a podílí se na chemických, fyzikálních i biologických vlastnostech půdy.

Bilance organické hmoty je rozdílem jejích vstupů do půdy a jejího úbytku v půdě. Vstupy organické hmoty představují posklizňové zbytky pěstovaných plodin (kořeny, strniště) a organická hnojiva živočišného i rostlinného původu (hnůj, kejda, zapravené vedlejší produkty plodin, zelené hnojení), případně další organické hmoty zapravované do půdy (kompost, kaly, digestát z bioplynových stanic atd.). Na úbytku surové organické hmoty se podílí procesy její přeměny v půdě (mineralizace a humifikace), případně eroze. V našich půdně-klimatických podmínkách se v průměru přeměňuje 3,5–4,5 t sušiny organické hmoty za rok. Pokud má být bilance vyrovnaná, musí být ročně do půdy, ve formě výše vyjmenovaných vstupů, dodáno alespoň toto množství.

Popsaný způsob bilance organické hmoty je však do značné míry odhadem, protože přeměna organické hmoty v půdě je ovlivňována mnoha faktory:

- kvalita a množství organického materiálu,
- přístup vzduchu (půdní druh, intenzita zpracování půdy),
- teplota a vlhkost půdy (mikrobiální aktivita),
- půdní reakce,
- obsah dusíkatých látek.

Také zjišťování vstupů organické hmoty, zejména rostlinného původu není bezproblémové. Hmoty posklizňových zbytků je odhadována na základě dlouhodobých sledování a při výpočtech jsou používány tabulkové hodnoty pro jednotlivé plodiny. Obdobná je situace při zaorávce zeleného hnojení. Množství vyprodukované a následně zapravené hmoty závisí na:

- dostupnosti půdní vláhy a srážkách v daném ročníku,
- délce vegetační doby (termínu založení plodiny na zelené hnojení a nástupu nízkých teplot a přízemního mrazu, které ukončují vývoj porostu, případně termínu zapravení porostu do půdy).

Množství zapravovaného vedlejšího produktu plodin se odhaduje na základě sklizňových indexů pro jednotlivé plodiny či dokonce odrůdy. Sklizňový index udává podíl hlavního produktu na celkové nadzemní biomase a lze tedy s jeho využitím na základě znalosti výnosu hlavního produktu vypočítat množství vedlejšího produktu.

#### **6.2.2.1 Metody bilance organické hmoty**

Protože mezi sebou nelze přímo porovnávat absolutní množství různých typů organické hmoty (např. slámy a řepného chrástu, nebo hnoje), zejména z důvodu různému obsahu vody, ale také kvůli jejich různé kvalitě, je potřeba zvolit vhodné jednotky, na které budou jednotlivé uvažované materiály přepočítány.

Často používanou přepočítávací jednotkou je sušina nebo množství oxidovatelného uhlíku ( $C_{ox}$ ). Další metody využívají jednotek jako HE (HumusEinheiten – humusové jednotky) nebo t ROS (tuny Reproduktionsfähige orgaische Substanz – obnovitelných organických látek), které jsou definovány obsahem uhlíku a dusíku v materiálu.

Různé metody bilancování organické hmoty se v zásadě liší ve způsobu, jakým odhadují úbytek organické hmoty v půdě. Jednou možností je uvažovat průměrnou hodnotu přeměny organické hmoty za rok ve výši 3,5–4,5 t sušiny za rok, jak bylo uváděno výše. Další metody (např. německý postup dle VDLUFA) berou do úvahy působení jednotlivých pěstovaných plodin na přírůstek nebo úbytek množství organické hmoty v půdě na základě výsledků dlouhodobých pokusů.

#### **6.2.2.2 Kvalita organické hmoty**

Zásadní pro funkci organické hmoty v půdě je její kvalita, nikoli pouze množství. Lze uvést dva základní měřitelné ukazatele kvality humusu (přeměněných organických látek v půdě).

- Poměr C:N
  - kvalitní humus: 9–10:1
  - nekvalitní humus: 20–60:1
- Poměr huminových kyselin a fulvokyselin (HK:FK)
  - kvalitní humus >2:1
  - nekvalitní humus <0,5:1

Kvalita humusu do značné míry závisí na kvalitě a poměru jednotlivých druhů organické hmoty zapravených do půdy a na půdních vlastnostech, zejména pH. Z tohoto hlediska nepříznivě působí zúžení skladby pěstovaných plodin, ke kterému došlo po roce 1990. Z tab. 3 je zřejmé, že i když je v průměru zapravováno do půdy více organické hmoty její složení se změnilo v neprospěch tvorby kvalitního humusu, neboť se zvýšil podíl organické hmoty se širokým poměrem C:N.

Tabulka 3: Vývoj struktury organické hmoty dodávané v ČR do půdy (Smutný)

Zdroje organické hmoty	1991		2001		2011	
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
posklizňové zbytky	2,5	52	2,5	47	2,4	43
"sláma"	1,0	20	2,1	40	2,5	44
hnůj	1,4	28	0,7	13	0,7	12
<b>Celkem</b>	<b>4,9</b>	<b>100</b>	<b>5,3</b>	<b>100</b>	<b>5,6</b>	<b>100</b>

### 6.2.3 Hodnocení produktivity rostlinné výroby podniku

Produktivita zemědělského systému je významným ukazatelem úrovně hospodaření. Lze hodnotit výnosy každé plodiny samostatně, ale pokud chceme hodnotit rostlinnou produkci jako celek, je potřeba zvolit vhodný nástroj, který umožní porovnat, respektive sumarizovat výnosy produktů různého charakteru, např. zrna obilnin s hlízami brambor, bulvami cukrové řepy nebo se zelenou hmotou pro výrobu siláže. Za tím účelem jsou využívány obilní jednotky (OJ) nebo různé energetické jednotky, které pomocí přepočtových koeficientů pro produkty různého charakteru umožní porovnatelné vyjádření výnosů.

#### 6.2.3.1 Výrobnost vyjádřená v obilních jednotkách

Obilní jednotky (OJ) vyjadřují užitečnou energii produkce, energetický potenciál produktu při krmení hospodářských zvířat v poměru k energetickému potenciálu krmného ječmene. Obilní jednotka je ekvivalentem 100 kg zrna ječmene. Výnosy jednotlivých plodin lze



s využitím koeficientů přepočítat na obilní jednotky a následně vypočítat standardizovanou hektarovou výrobnost systému rostlinné produkce daného podniku.

### **6.2.3.2 Bilance energie**

Bilance energie primárně slouží k posouzení efektivnosti využití vkládané energie. Dá se ale použít také pro vyjádření produktivity systému, ať už ve formě přepočtu produkce různých plodin na energetické jednotky (GJ/ha), nebo s využitím komplexnějších ukazatelů, které zohledňují také spotřebu energie, jako jsou zisk energie (rozdíl výstupů a vstupů), nebo efektivita využití energie (podíl výstupů a vstupů) vztažené buď na jednotku plochy, nebo jednotku produkce určité plodiny. Při výpočtu zisku nebo efektivy energie velmi záleží na použité metodě, protože existují velké rozdíly ve vymezení hranic systému (do spotřeby energie jsou zahrnovány různé vstupy, od spotřebovaných paliv, přes energii spotřebovanou na produkci pesticidů a hnojiv, po energii spotřebovanou na výrobu strojů atd.) a v hodnotách koeficientů používaných na výpočet energetických vstupů (např. na výrobu minerálních hnojiv). Nelze tedy mezi sebou porovnávat výsledky různých metod.

### **6.2.4 Hodnocení systému ochrany rostlin**

Ochrana rostlin by měla efektivně omezit negativní působení škodlivých organismů (škůdců, původců nemocí a plevelů). Lze toho docílit komplexem opatření od vhodné struktury a střídání plodin, přes systém kultivace půdy a další preventivní opatření až po přímou aplikaci přípravků na ochranu rostlin.

U indikátorů pro tuto oblast lze pozorovat snad největší rozmanitost ze všech popisovaných oblastí. Velmi často se hodnocení omezuje pouze na přímou ochranu rostlin, tedy používání pesticidů. Používají se ukazatele od nejjednodušších (typu průměrného aplikovaného množství účinných látek na hektar za rok) po složité modely (zahrnující také dobu persistence v prostředí, toxicitu účinných látek pro jednotlivé složky prostředí a skupiny živočichů). Méně často bývá zahrnuta také složka hodnotící celý systém ochrany rostlin, včetně nepřímých metod vyjmenovaných v úvodu kapitoly. Existují také indikátory hodnotící pouze toto hledisko (např. podíl chemicky neošetřených ploch apod.).

#### **6.2.4.1 Zatížení pesticidy**

Intenzita využití pesticidů je velmi jednoduchý indikátor a poskytuje jen základní hrubou představu o systému ochrany rostlin v podniku. Představuje průměrnou roční spotřebu pesticidních přípravků na hektar orné půdy. Vzhledem k tomu, že výsledná hodnota

neposkytuje informace o charakteru používaných pesticidů a jejich účinných látek, nelze na jejím základě provádět objektivní závěry o zatížení prostředí pesticidy.

### 6.2.5 Pokryvnost půdy

Pokryvnost půdy vyjadřuje podíl výměry půdy s vegetačním pokryvem ve zvoleném časovém období. Půda pokrytá vegetací je lépe chráněna před přímým slunečním zářením, erozním působením srážek a větru než půda bez vegetace. Je redukován neproduktivní výpar, půda je méně zaplevelována, prodlužuje se příznivé období tzv. stínového garé. Z hlediska krajiny pak pozemky s porostem plodiny poskytují úkryt, případně potravu pro živočichy a nejsou pro faunu v krajině mrtvou neprostupnou plochou.

**Index pokryvnosti půdy** vyjadřuje 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).

**Pokryvnost půdy na podzim** vyjadřuje podíl půdy pokryté porosty plodin v říjnu. Předpokládá se jejich setrvání na pozemcích a protierozní působení v průběhu zimy.

### 6.2.6 Ekologická infrastruktura

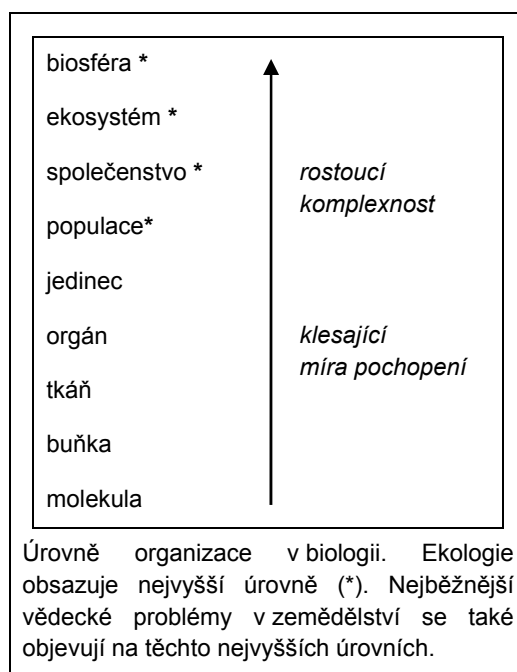
Ekologická infrastruktura je část půdy farmy, na níž není prováděna zemědělská produkce (zahrnuje ochranné pásy, živé ploty, remízky, meze, krajinné koridory pro divokou flóru a faunu). Umožňuje zvyšovat diverzitu rostlinných druhů a obecně heterogenitu a stabilitu agrosystému. Požadované jsou rostlinné druhy vhodné pro rekreaci člověka nebo jako potrava a úkryt živočichů. Při posuzování ekologické infrastruktury se stanovuje:

- procentický podíl prvků ekologické infrastruktury na celkové obhospodařované výměře,
- rozdíl mezi požadovaným a aktuálním stavem,
- rozdíl mezi požadovaným a aktuálním stavem jak prostorově v jednotlivých částech areálu farmy, tak časově v nejdůležitějších obdobích roku pro rekreaci lidí a pro podporu migrace živočichů.

Ekologické infrastruktury obhospodařovaného území je v posledních letech přikládán stále větší význam. Svědčí o tom např. zařazení údržby krajinných prvků do pravidel Cross Compliance (DZES 7) a do tzv. EFAs ploch (Ecologically Focused Areas) v rámci Greeningu.

### 6.3 Optimalizace agrosystému na úrovni podniku

Podle WEINERA (2003) lze zemědělství chápat, jako formu **ekologického inženýrství zaměřenou na manipulace s populacemi, společenstvy a ekosystémy pro plnění lidských zájmů**, neboť nejčastější a nejdůležitější problémy zemědělství se týkají těchto úrovní organizace v biologii a ekologii. Zemědělství je hierarchický systém, ve kterém má každá organizační úroveň vazby na úroveň pod i nad sebou. To platí i pro jednotlivé zemědělské podniky (Obr. 22). Při objasňování procesů a jevů v agrosystémech je třeba je správně vztahovat k jednotlivým organizačním úrovním a zároveň brát v úvahu provázanost mezi úrovněmi. Posuzování hospodaření zemědělského podniku tak vyžaduje širší (komplexnější) pohled zohledňování vazeb mezi všemi jeho součástmi. Nedílnou součástí musí být zahrnutí ekonomických a sociálních problémů do posuzování. Jejich řešení je potřebné z hlediska praktické životaschopnosti agrosystému a jeho společenské akceptovatelnosti prováděného způsobu hospodaření.



Obrázek 22: Úrovně organizace v biologii s vyznačením úrovní (\*), kterými se zabývá ekologie a zemědělství

Optimalizačního procesu sestává z posloupnosti pěti kroků (VEREIJKEN, 1999):

1. Stanovení hierarchie cílů,
2. Výběr indikátorů a metod,
3. Uspořádání teoretického prototypu a metod,
4. Vytvoření návrhu prototypu, jeho testování a zlepšování,
5. Rozšiřování (zavádění) výsledků do praxe.

1. Základem pro vytvoření **hierarchie cílů** jsou konkrétní přírodní, sociální a ekonomické podmínky regionu a typu podniku. Pořadí jejich důležitosti se totiž v závislosti na těchto faktorech může měnit. Hierarchii cílů není možné chápat jako vizi, ale vytvářet ji na základě společných setkání a diskusí se zemědělci a zástupci státní správy. Může tak být jednoduchým a efektivním nástrojem pro dosažení konsenzu mezi zpracovateli projektů a prvovýrobci, případně dalšími zúčastněnými (zástupci spotřebitelů, ochránci přírody). Výchozím pomocným materiálem může být tab. 4 obecných a specifických sociálních hodnot a zájmů v zemědělství (VEREIJKEN, 1999).

Tabulka 4: Obecné a specifické sociální hodnoty a zájmy v zemědělství (VEREIJKEN, 1999)

Obecný cíl	Specifický cíl	Obecný cíl	Specifický cíl
1. Produkce potravin	Množství Kvalita Stabilita Trvalá udržitelnost Dostupnost	4. Prostředí	Půda Voda Ovzduší
		5. Příroda / Krajina	Flóra Fauna Krajina
2. Zaměstnanost	Na úrovni farmy Na úrovni regionu Na úrovni státu	6. Zdraví / Pohoda	Hospodářská zvířata Venkovské obyvatelstvo Městské obyvatelstvo

V podmínkách ČR lze vycházet z následujících priorit:

pro produkční oblasti:

1. Vytváření zisku
2. Životní prostředí
3. Kvalita produkce
4. Příroda a krajina

pro LFA oblasti:

1. Příroda a krajina
2. Životní prostředí
3. Pohoda a zdraví

2. Aby bylo možné posoudit, zda a do jaké míry jsou stanovené cíle naplňovány, je potřebné **vybrat vhodné indikátory** a pomocí nich cíle kvantifikovat. Příklady výběru indikátorů pro kvantifikaci hlavních cílů jsou uvedeny v tab. 5. V tab. 6 je na vybraných indikátorech provedeno posouzení jejich vhodnosti použití podle organizační úrovně agrosystému, časové odezvy na prováděné změny, optimální úrovně požadované hodnoty,

způsobu využití a podkladů potřebných pro jejich stanovení. 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, což je podstatné.

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.

Tabulka 5: Vybrané indikátory a hlavní cíle, které jimi lze kvantifikovat

<b>Indikátor</b>	<b>Zahrnuté hlavní cíle (č. kód viz předcházející tab.)</b>
Bilance N, P, K; Dostupné rezervy N, P, K; Bilance OH	1, 3, 4, 5
Obsah N v podzemní a drenážní vodě	5, 6
pH půdy	1, 3, 5
Zatížení pesticidy, Index spotřeby pesticidů	1, 3, 4, 5, 6
Účinnost energie	3, 4
Index pokrývnosti půdy	4, 5, 6
Diverzita rostlinných druhů, Ekologická infrastruktura	4, 5, 6
Index kvality produkce	1, 2, 3, 6
Čistý zisk	2, 3, 6

Tabulka 6: Vhodnost použití vybraných indikátorů setrvalosti

Způsob třídění	Úroveň	Indikátor			
		bilance N	bilance P a K	bilance humusu	bilance energie
Úroveň agroekosystému	podnik	++	++	++	++
	plodina	++	++	++	++
	pozemek	++	++	++	+
	část pozemku	++	++	++	-
Časové efekty	bez rozlišení	krátkodobé	dlouhodobé	dlouhodobé	krátkodobé
Kritérium optima	bez rozlišení	vyrovnaná bilance (lze tolerovat rozmezí)	vyrovnaná bilance	vyrovnaná bilance (lze tolerovat rozmezí)	minimum spotřeby energie; maximum zisku energie
Způsob využití	zemědělec	plodina, pozemek	plodina, pozemek	plodina, pozemek	plodina
	stát	podnik, pozemek	podnik, pozemek	podnik, pozemek	podnik
Potřeba dat pro výpočet	bez rozlišení	výnosy; imise N, výsevek, symbiotická fixace, hnojení organickými a minerálními hnojivy	výnosy; výsevek, hnojení organickými a minerálními hnojivy	výnosy; hnojení organickými hnojivy, slámou, zeleným hnojením a dusíkem	výnosy; zpracování půdy, setí, ochrana a výživa rostlin, agrotech. zásahy během vegetace, sklizeň a odvoz

++ velmi vhodné    + vhodné    - nevhodné

Pro optimalizaci je dále potřebné pro vybrané cíle určit **metody**, které ovlivňují související indikátory. Ve většině případů metody ale neovlivňují jen jeden indikátor a tím jen jeden cíl, ale jejich působení je komplexní. Toho je potřeba využít, pokud je působení vícestranně pozitivní, a zároveň s tím počítat, pokud daná metoda umožňuje zlepšení jen jednoho nebo dvou cílů a ostatní poškozuje. Zároveň je třeba brát v úvahu, že metody nelze využívat samostatně nezávisle na ostatních a v libovolném pořádku, neboť se vzájemně podporují a působí v součinnosti. Centrální roli hraje multifunkční osevní postup, který vytváří předpoklady pro snížení spotřeby agrochemikálií, udržení a zvyšování úrodnosti půdy i pro zlepšení kvality produkce. Příklady vazeb mezi vybranými metodami a cíli, které jimi mohou být ovlivňovány jsou uvedeny v tab. 7.

Tabulka 7: Vazby mezi vybranými metodami a cíli, které jimi lze ovlivňovat

<b>Metoda</b>	<b>Zahrnuté cíle</b>
Multifunkční osevní postup	Produkce potravin (1), Půda (4.1), Příjmy na úrovni farmy (3.1)
Integrovaná výživa	Produkce potravin (1), Půda (4.1), Voda (4.2)
Minimalizace zpracování půdy	Půda (4.1), Produkce potravin (1)
Biologická fixace dusíku	Produkce potravin (1), Prostředí (4)
Zabezpečení ekologické infrastruktury	Příroda a krajina (5)
Optimální zpracování půdy	Půda (4.1), Příjmy na úrovni farmy (3.1)
Optimalizace struktury farmy	Příjmy na úrovni farmy (3.1)

3. **Vztahy mezi indikátory a metodami** jsou individuální vlastností jednotlivých typů struktury rostlinné produkce (prototypů), vychází z rozboru cílů, použitých indikátorů a metod. Pro konkrétní typ zemědělského podniku se stanoví, které indikátory ovlivňuje každá jednotlivá metoda jako hlavní činitel, a které jako činitel podpůrný. Vznikne tak síť vazeb mezi metodami a indikátory – teoretický prototyp farmy.

4. Po vyhodnocení aktuálního stavu hospodaření zemědělského podniku s využitím vybraných indikátorů jsou na základě znalosti vztahů mezi indikátory a metodami, které je ovlivňují, navrženy modifikace používaných metod tak, aby byly lépe plněny stanovené cíle.

Nový stav systému je opět testován pomocí indikátorů a na základě výsledků, které charakterizují úroveň dosažení požadovaných hodnot indikátorů, jsou navrhována další optimalizační opatření. Testování probíhá tak dlouho, dokud nejsou dosaženy cíle

kvantifikované v souboru indikátorů, respektive požadované hodnoty indikátorů použitých ke kvantifikaci cílů. Přitom průběžně probíhá revize předchozích kroků spočívající v odpovědích na následující otázky:

- Zahrnuje stanovená hierarchie cílů aktuální problémy?
- Byly cíle transformovány do vhodného souboru indikátorů? Byly vhodně klasifikovány? Byl stanoven vhodný soubor metod?
- Není třeba teoretický prototyp znovu navrhnout?
- Jsou navržená optimalizační opatření efektivní, připravena k využití, akceptovatelná a proveditelná?

5. Výsledkem procesu optimalizace hospodaření je množství zkušeností, případně nové informace a technologie. Zejména pokud optimalizace probíhá v rámci výzkumných projektů, je dalším krokem procesu **rozšiřování výsledků do zemědělské praxe**. Jestliže byly informace a technologie vytvořeny členy pilotní skupiny zemědělců nebo osobami v úzkém kontaktu s ní, lze mluvit o rozšiřování odspodu nahoru. Jestliže však byly nové informace a technologie vytvořeny pracovníky výzkumu bez vazby na konkrétní farmy a rozšiřovány v rámci poradenství nebo prostřednictvím politických rozhodnutí, hovoříme o rozšiřování odshora dolů.

Interaktivní vytváření prototypů může také vést ke zformování skupiny schopných a motivovaných pilotních farem, která z technologického i sociálního hlediska napomáhá rozvoji hospodaření v daném regionu. Tyto farmy mohou být využity jako demonstrační a mohou být zahrnuty do školení a vedení farmářů, kteří si přejí provést změny.

Popsaná metodologie má šanci být úspěšná z následujících důvodů:

- Zachycuje všechny složky trvalé udržitelnosti zemědělských systémů – biologicko-ekologickou, ekonomickou a sociální (BARNETT, PAYNE, STEINER, 1995).
- Je dostatečně flexibilní. Modifikací a kvantifikací cílů a parametrů umožňuje respektovat podmínky v daném regionu (lokálně).
- Obsahuje všechny kroky poznávacího procesu (analýzu, diagnózu a syntézu) i procesu realizace výsledků v praxi (projektování, testování a zlepšování zemědělských systémů).
- Zavedený systém indikátorů a metod umožňuje integraci a využití nových poznatků základních a speciálních disciplín při optimalizaci zemědělských systémů. Např. uhlíková bilance rozpracovaná KUDRNOU (1985) může být využita jako metoda

pro řešení bilance organické hmoty a optimalizace struktury zemědělského podniku a koeficienty využívané v této metodě mohou sloužit k parametrizaci cílů.

- Celý pracovní postup je dobře propracován a umožňuje názornou komunikaci výzkumných pracovníků s farmáři a manažery zemědělských podniků.
- Vzhledem k větší velikosti zemědělských podniků v České republice je optimalizace systémů rostlinné produkce ještě aktuálnějším problémem než ve většině zemí Evropské unie.



## 7 PROJEKTOVÁNÍ SYSTÉMŮ ROSTLINNÉ PRODUKCE NA ÚROVNI ZEMĚDĚLSKÉHO PODNIKU

### 7.1 Analýza podmínek

Při plánování rostlinné produkce je potřebné provést komplexní analýzu podmínek podnikání z hlediska potenciálu prostředí ale i trhu, ekonomických ukazatelů a sociálních souvislostí.

Pro správnou volbu pěstovaných plodin a odrůd je třeba znát půdní a klimatické podmínky stanoviště, ale také nové trendy v rostlinné produkci po ekonomické stránce (nejpoužívanější a nové technologie ve zpracování půdy, zakládání porostů, aplikaci hnojiv a pesticidů jak z hlediska používané mechanizace a nářadí, tak z hlediska používaných materiálů). Neustále probíhá vývoj v oblasti hnojiv, pesticidů a registrovaných odrůd. Mění se i způsoby a metody řízení rostlinné výroby. Jednou z rozhodujících pro konečné rozhodnutí je informace o nabídce a poptávce a o cenách jednotlivých produktů na trhu a jejich vývoji.

#### 7.1.1 Rajonizace produkčního území ČR, produkční podmínky

Území ČR je velmi rozmanité, co do klimatických podmínek, zastoupení půdních typů a druhů i podmínek reliéfu. Z toho pak plynou velmi rozdílné stanovištní podmínky napříč našim územím. Vhodné rozmístění (rajonizace) zemědělské výroby, plodin a odrůd v rostlinné výrobě, ale také související živočišné výroby, s ohledem na tyto podmínky v konkrétních regionech je proto velmi důležité pro optimální využití půdního fondu.

K základní charakteristice stanovištních podmínek pro rajonizaci rostlinné produkce lze využít rozdělení území ČR do **výrobních oblastí**. Každá výrobní oblast je charakterizována reliéfem, nadmořskou výškou, dlouhodobým průměrem srážek a teploty, genetickým půdním typem a půdním druhem. Na základě těchto charakteristik půdně klimatických podmínek je doporučeno výrobní zaměření rostlinné produkce. Aktuálně některé oficiální publikace používají rozdělení na čtyři výrobní oblasti a jedenáct podtypů:

- výrobní oblast kukuřičná (s označením K), typ kukuřično-řepařsko-obilnářský, která se člení na podtyp K1, K2 a K3,
- výrobní oblast řepařská (s označením Ř), typ řepařsko-obilnářský, která se člení na podtyp Ř1, Ř2, Ř3,
- výrobní oblast bramborářská (s označením B), typ bramborářsko-obilnářský, která se člení na podtyp B1 a B2,
- výrobní oblast bramborářsko-ovesná (B3)

- výrobní oblast horská (s označením H), typ pícninářský s rozhodujícím zaměřením na chov skotu, se člení na podtyp H1 a H2.

Tento rajonizační systém však zatím nebyl dotáhnut do platného právního stavu (stav v roce 2014) a oficiálně pořád platí rozdělení do výrobních oblastí z roku 1996:

- Výrobní oblast kukuřičná, typ kukuřično-řepařsko-obilnářský – zahrnuje 5 podoblastí (K1-K5)
- Výrobní oblast řepařská, typ řepařsko-obilnářský – zahrnuje 5 podoblastí (Ř1-Ř5)
- Výrobní oblast obilnářská, typ obilnářsko-krmivářský – zahrnuje 4 podoblasti (O1-O4)
- Výrobní oblast bramborářská, typ bramborářsko-obilnářský – zahrnuje 4 podoblasti (B1-B4)
- Výrobní oblast pícninářská, typ pícninářský s rozhodujícím uplatněním chovu skotu – zahrnuje 3 podoblasti (P1-P3)

Relativně podrobné informace o půdních a klimatických podmínkách stanoviště na úrovni jednotlivých pozemků lze v ČR získat z hodnot **BPEJ** (bonitované půdně-ekologické jednotky). BPEJ zemědělských pozemků jsou uvedeny ve speciálních mapách, nebo v katastru nemovitostí. Zemědělský půdní fond ČR byl v letech 1974–1980 detailně mapován a bonitován a od roku 1994 probíhá aktualizace BPEJ.

BPEJ je pětimístný číselný kód, jehož jednotlivé části vyjadřují hlavní půdní a klimatické podmínky, které mají vliv na produkční schopnost zemědělské půdy a její ekonomické ohodnocení. V kódu jsou obsaženy následující informace:

- klimatický region - 1. číslice,
- hlavní půdní jednotka - 2. a 3. číslice,
- sklonitost a expozice - 4. číslice,
- skeletovitost a hloubka půdy - 5. číslice.

**Klimatický region** zahrnuje území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro růst zemědělských plodin. Pro účely bonitace bylo vymezeno 10 klimatických regionů (čísllice 0–9). Klimatické regiony 0–5 jsou převážně suššího a teplejšího klimatu, klimatické regiony 6–9 mají spíše vlhčí a chladnější klimatické podmínky. Klimatické regiony jsou charakterizovány:

- průměrnou roční teplotou a průměrnou teplotou ve vegetačním období (IV.–IX.),
- sumou průměrných denních teplot rovných nebo vyšších než 10 °C,
- průměrným ročním úhrnem srážek a srážek ve vegetačním období (IV.–IX.),

- pravděpodobností výskytu suchých vegetačních období v % (IV.–IX.),
- vláhovou jistotou, atd.

**Hlavní půdní jednotka** (HPJ) je účelové seskupení půdních forem, příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány morfogenetickým půdním typem (podle platného českého Taxonomického klasifikačního systému dle Němečka a kol., 2001), subtypem, půdotvorným substrátem a zrnitostí. U některých hlavních půdních jednotek jsou uvedeny také výrazná svažítost, hloubka půdního profilu, skeletovitost a stupeň hydromorfismu. V současnosti je vyčleněno celkem 78 hlavních půdních jednotek, které se dále spojují do 13 skupin půd, charakteristických podobnými vlastnostmi.

Nejrozšířenějším půdním typem jsou kambizemě (24 % plochy zemědělské půdy), nejúrodnějšími půdami jsou černozemě, které ovšem představují jen 11,5 % plochy ZPF ČR.

Na základě znalosti hlavní půdní jednotky lze dále odvodit půdní druh (zrnitost půdy), půdotvorný substrát a průměrný obsah humusu.

**Sklonitost a expozice** jsou v BPEJ kódovány společně jednou číslicí, která charakterizuje konkrétní kombinaci těchto dvou vlastností terénu. Tvar a konfigurace terénu ovlivňuje, nebo přímo podmiňuje mnoho významných činitelů. Svažítost je udávána ve stupních. Ovlivňuje množství vláhy v půdě a je hlavním erozním faktorem. Se svažítostí vzrůstá odtok a zmenšuje se ovlhčení půdy. Expozice vyjadřuje orientaci terénu vůči světovým stranám. Má také významný vliv na podmínky stanoviště. Jiné jsou podmínky na svahu orientovaném na sever, který je chladnější, jiné na stejném svahu orientovaném na jih.

**Skeletovitost a hloubka půdy** jsou společně kódovány poslední číslicí BPEJ. Jedná se o velmi blízké charakteristiky, které zásadně ovlivňují hospodaření na půdě a její funkci.

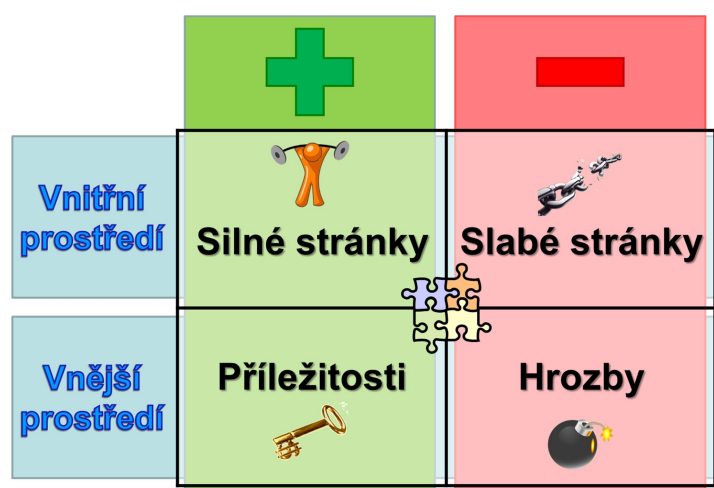
Skeletovitost charakterizuje obsah půdních částic větších než 2 mm. Zahrnuje hodnocení šterkovitosti (částice 4–30 mm) a kamenitosti (částice 30–300 mm). Přítomnost skeletu v půdě významně ovlivňuje další půdní vlastnosti a charakteristiky, zejména objemovou hmotnost, vodní kapacitu, infiltraci, náchylnost k erozi, teplotu půdy a tím ovlivňuje také hydrologické chování půdy stejně tak jako degradaci půd a její produktivitu.

Hloubka půdy je dána mocností půdního profilu od povrchu po souvislé skalní podloží, souvislou výrazně skeletovitou vrstvou nebo po hladinu podzemní vody. Touto hloubkou je vymezen prostor pro kořenění většiny rostlin, akumulaci vody, vzduchu, živin a tepla. Hloubka půdy je tedy důležitým ukazatelem produkční schopnosti půdy a jejích dalších funkcí.

### 7.1.2 SWOT analýza

SWOT analýza je komplexní metoda kvalitativního vyhodnocení veškerých relevantních stránek fungování firmy (popřípadě problémů, řešení projektů atd.) a její současné pozice. Je silným nástrojem pro celkovou analýzu vnitřních i vnějších činitelů a v podstatě zahrnuje postupy technik strategické analýzy. Jádrem metody spočívá v klasifikaci a ohodnocení jednotlivých faktorů, které jsou rozděleny do 4 základních skupin (Obr. 23): faktory vyjadřující SILNÉ nebo SLABÉ vnitřní stránky firmy a faktory vyjadřující PŘÍLEŽITOSTI a NEBEZPEČÍ jako vlastnosti vnějšího prostředí. Z anglických pojmenování těchto čtyř skupin vychází i název metody:

- Strengths (přednosti = silné stránky)
- Weaknesses (nedostatky = slabé stránky)
- Opportunities (příležitosti)
- Threats (hrozby = nebezpečí)



Obrázek 23: Schématické znázornění SWOT analýzy

SWOT analýza vychází z předpokladu, že firma dosáhne strategického úspěchu maximalizací předností a příležitostí a minimalizací nedostatků a hrozeb. Poskytuje logický rámec pro hodnocení současné a budoucí pozice firmy. Z tohoto hodnocení lze usoudit na strategické alternativy, které by mohly být v dané situaci ty nejvhodnější. SWOT analýza může být prováděna periodicky, aby informovala o tom, které interní nebo externí oblasti nabyly nebo naopak ztratily na významu vzhledem k činnostem firmy. Vede ke zlepšené výkonnosti firmy.

V běžné marketingové praxi se SWOT analýza tvoří ze souboru potřebných externích i interních analýz firmy. Při omezených zdrojích jak z prostředí firmy, tak finančních,

potřebných pro tvorbu těchto analýz, lze použít analýzu empirických údajů získaných z následujících zdrojů:

1. Individuální náměty z dotazníkové akce na zaměstnance firmy.
2. Kolektivní panelová diskuse – zaměstnanců firmy s hodnocením významnosti jednotlivých námětů.
3. Doporučené okruhy k hodnocení SWOT analýz z literatury.

V SW analýze je třeba zejména zhodnotit:

- finanční sílu a zdraví firmy,
- míru její diverzifikace či naopak specializace,
- vlastnickou strukturu a její stabilitu,
- pozici v jednotlivých částech trhu,
- strukturu a stabilitu zadavatelů zakázek či zákazníků,
- míru flexibility,
- schopnost pronikat do nových segmentů trhu,
- technickou a technologickou úroveň,
- složitost a účelnost organizační struktury,
- goodwill (pověst) podniku,
- úroveň strategie rozvoje firmy,
- pozici firmy na trhu a v jeho jednotlivých částech (oborově i územně),
- způsob získávání potenciálních investorů, účinnost akviziční činnosti,
- plynulost a komplexnost předrealizačních činností,
- propojení činnosti s dalšími články produkčního řetězce (celková šíře činností zajišťovaných podnikem),
- celkovou výrobní kapacitu firmy (poměr vlastních prací a externích subdodávek),
- časový průběh,
- úroveň subdodavatelských činností
- technologickou úroveň činností
- strojně mechanizační vybavení, know-how
- způsob a průběh financování hospodaření a hospodářské výsledky
- personální strukturu firmy, odbornost a dovednost zaměstnanců

V OT analýze se sleduje zejména:

- vztah investorů k firmě a jejich reakce na akviziční činnost,
- pozice vůči konkurenci,
- image a goodwill (pověst) firmy směrem k investorům a širšímu okolí,
- dynamika a struktura investic ve vztahu k ekonomickému vývoji národního hospodářství,
- situace trhu, potenciál pro růst firmy,
- nasycenost trhu a jeho nestálost,
- možnosti diverzifikace,
- noví potenciální zákazníci (odběratelé),
- možnosti vstoupit na nové trhy,
- vznikající nová poptávka,
- zemědělská politika a dotační příležitosti,
- chybějící technologie,
- kvalita stanoviště, půdní podmínky,
- stabilita/nestálost podmínek prostředí, častější klimatické výkyvy,

Je třeba identifikovat „Ohrožení“ firmy, snažit se o jejich analýzu, identifikaci skutečných možných dopadů na fungování firmy a jejich eliminaci. Dlouhodobě přehlížet nebo podceňovat a neřešit tato ohrožení je totéž, jako být v nečinnosti při poškozování základů domu vlivem nežádoucích, ale ovlivnitelných vlivů.

Rovněž je potřeba soustředit se na eliminaci „Slabých stránek“. Nedopustit, aby se přeměnily v „Ohrožení“ a začaly tak poškozovat „základy domu“. Naopak důsledným řešením identifikovaných „Slabých stránek“ může firma získat výhody a přeměnit je ve své „Silné stránky“.

„Silné stránky“ firma musí kultivovat, ošetřovat, chránit si je, maximalizovat a rozšiřovat. Tvoří totiž ono „jádro“, díky kterému firma funguje.

Eliminuje-li firma svá Ohrožení, koncepčně řeší Slabé stránky a kultivuje Silné stránky, potom může efektivně realizovat Příležitosti (Obr. 24). Jakýkoli opačný postup je riskantní a nebezpečný. Je velkou chybou snažit se o realizaci identifikovaných Příležitostí bez eliminace Ohrožení a Slabých stránek.

	S - silné stránky	W - slabé stránky
O - příležitosti	Strategie <b>SO</b> využít silné stránky na získání výhody	Strategie <b>WO</b> překonat slabiny využitím příležitostí
T - hrozby	Strategie <b>ST</b> využít silné stránky na čelení hrozbám	Strategie <b>WT</b> minimalizovat náklady a čelit hrozbám

Obrázek 24: Schématické znázornění možných strategií rozvoje firmy na základě výsledků SWOT analýzy

### 7.1.3 Omezení pro zemědělskou produkci

V návaznosti na dříve uváděné informace lze zdůraznit faktory, které významně omezují možnosti rostlinné produkce na konkrétním stanovišti. Při plánování rostlinné produkce v konkrétních podmínkách je potřeba zjistit přítomnost těchto faktorů a zohlednit je.

Může jít o některé **podmínky prostředí**, jako je svažitost terénu, skeletovitost půdy, vysoká hladina podzemní vody, vyšší nadmořská výška.

Na pozemcích s velkou sklonitostí existuje vyšší riziko vodní eroze. Proto by na nich měly být využívány pěstební technologie s protierozním efektem. Jde zejména o volbu plodiny, systému zpracování půdy a technologie setí. Dále je vhodné zajistit co nejdéle trvající vegetační pokryv půdy využitím meziplodin, případně další organizační, agrotechnická, vegetační a technická protierozní opatření. Ochrana zemědělské půdy proti erozi je také jedním z cílů zemědělské politiky. Proto je na svažitých pozemcích, jako podmínka vyplacení dotací, požadováno dodržování určitých opatření daných v rámci Cross Compliance (v pravidlech GAEC resp. DZES). Vymezení erozní ohroženosti pozemků pro tyto účely je vyznačeno v evidenci půdy LPIS.

Vysoká skeletovitost půdy zvyšuje opotřebování používaného nářadí a jeho poruchovost a omezuje růst některých plodin nebo kvalitu jejich produktů. Pozemky lze do jisté míry odkamenit. Většinou je ale nutné snížení intenzity vstupů, případně změna kultury na travní porost.

Na některých lokalitách jsou **prioritní jiné než produkční cíle**, např. ochrana vodních zdrojů, přírody nebo některého rostlinného či živočišného druhu. Zde je pak hospodaření omezeno legislativně. Na základě zákona o vodách (zákon 254/2001 Sb. v aktuálním znění) jsou vyhlášovány ochranná pásma vodních zdrojů (§ 30) a oblasti zranitelné dusičnany (§ 33). V ochranných pásmech vodních zdrojů (OPVZ) je omezeno použití hnojiv a pesticidů a je kladen zvýšený důraz na ochranu proti erozi. Způsob hospodaření je specifikován při

vyhlášení OPVZ. Konkrétní oblasti zranitelné dusičnany jsou vymezovány nařízením vlády, které také stanovuje, na základě evropských směrnic, zásady hospodaření v těchto územích. V zásadě se jedná o vymezení zásad hnojení ve vztahu k termínu aplikace a svažitosti pozemku, případně k aktuálnímu stavu půdy. Podle zákona o ochraně přírody a krajiny (zákon 114/1992 Sb. v aktuálním znění) jsou definovány různé formy chráněných krajinných území. Pravidla hospodaření v chráněných krajinných oblastech (CHKO), přírodních rezervacích a národních přírodních rezervacích rámcově definuje legislativa. Pravidla hospodaření v národních parcích (NP) a podrobná pravidla pro CHKO a ostatní jsou definována při jejich vyhlášení. Tato území bývají v některých případech také součástí sítě chráněných území Natura 2000. Hospodařící subjekty naleznou vyznačení všech těchto oblastí v evidenci půdy LPIS.

## **7.2 Návrh struktury produkce**

Struktura rostlinné produkce vychází z:

- charakteristiky produkčních podmínek,
- potřeb živočišné produkce,
- potřeb dalších výrob (bioplynové stanice, peletkárny apod.),
- požadavků trhu / cen produktů na trhu.

Z produkčních podmínek vychází výběr plodin a odrůd, při němž je navíc zohledňováno plánované uplatnění produkce (potravinářské nebo krmné využití apod.).

Pro potřeby živočišné produkce je potřebné počítat, v závislosti na způsobu ustájení zvířat, s adekvátním množstvím steliv – slámy obilnin, v první řadě pšenice. Rostlinná produkce musí také zajistit dostatečné množství objemných, případně i jadrných krmiv odpovídající celkové potřebě vlastní živočišné produkce dle počtu a stáří chovaných zvířat jednotlivých druhů.

## **7.3 Systém rostlinné výroby a jeho součásti**

Pěstitel může produkční procesy v rostlinné produkci kontrolovat jen částečně. Nelze ovlivnit klimatické podmínky a průběh počasí (intenzitu a délku slunečního záření, srážky), reliéf terénu, nadmořskou výšku, půdní typ. Je nutné hospodařit s ohledem na tyto faktory a optimálně využívat nástroje (produkční faktory), které jsou k dispozici a jimiž lze ovlivnit vývoj a zdraví porostů (viz kapitola 5. Optimalizace systému na úrovni populace), strukturu a organizaci výroby. Jedná se o výběr plodin a odrůd vhodných do daných podmínek, dodržování zásad střídání plodin, výživu a ochranu porostů, operace zpracování půdy atd.



Nejlepší produkční i ekonomické efekty jsou dosahovány při vzájemné součinnosti těchto produkčních faktorů v rámci vhodného osevního sledu plodin a jejich pěstebních technologií.

### 7.3.1 Osevní postup

Osevní postup je pravidelné střídání plodin v prostoru (na pozemcích) a v čase (v jednotlivých letech) podle nároků plodin a záměrů produkce. Plodiny osevního postupu se střídají za sebou pravidelně na jednotlivých polích (honech) a současně v letech (pravidelná rotace plodin na pozemcích). Osevní postup tak tvoří základ („kostru“) systému rostlinné produkce, na který navazují ostatní pěstitelská opatření.

Pevný osevní postup přesně dodržuje pořadí plodin a dobu rotace. V případě, že jsou dodržovány zásady střídání skupin plodin, ale v některých letech nebo na některých honech se mění konkrétní zařazená plodina podle potřeby, zejména v závislosti na poptávce, mluvíme o systému volného střídání plodin nebo sledu plodin na jednotlivých honech.

Pro zajištění setrvalosti agrosystému by měla být do osevních sledů zařazována jetelovina jednou za 6–9 let, hnojení organickými hnojivy (chlévkovým hnojem, kompostem, kvalitní kejdou, zeleným hnojením) jednou za 3–5 let. Historickým základem ideálního osevního postupu je norfolkský osevní postup, v němž se střídá jetelovina, ozim, okopanina organicky hnojená a jařina.

Osevní postup tvoří organizační základnu rostlinné produkce podniku. Má zajistit optimální využití půdního fondu a požadovanou úroveň produkce včetně požadavků živočišné výroby. Z hlediska ekonomicko-organizačního je úkolem osevního postupu umožnit hladký, plynulý a včasný průběh veškerých polních prací s využitím strojového parku, aniž by docházelo k vytváření větších pracovních špiček. Osevní postup tím současně ovlivňuje celkovou produktivitu práce.

#### **Střídání plodin**

Střídání plodin vychází z jejich různých nároků na různé zdroje, různého působení na půdní prostředí a různé fytopatologické zátěže. Nezanedbatelným hlediskem je časová organizace polních prací. Požadavky na střídání plodin z hlediska biologického, pěstitelského a organizačně-ekonomického jsou podrobně popsány ve studijních materiálech k předmětu Obecná produkce rostlinná (KOSTELANSKÝ a kol., 2000).

#### **Stavba osevního postupu**

Základ osevního postupu tvoří zlepšující, tzv. **nosné plodiny** se zúrodňujícím účinkem (jeteloviny, organicky hnojené plodiny a ostatní širokolisté zlepšující plodiny). Na nosné

plodiny navazují plodiny využívající jejich dobrou předplodinovou hodnotu. Vytvářejí se tak 2–4leté sledy, tzv. **články osevního postupu**.

Příklady dvojhonných článků:

cukrovka – ječmen jarní, cukrovka – pšenice jarní, jetel luční – pšenice ozimá, hrách – pšenice ozimá, řepka ozimá – pšenice ozimá, brambory – ječmen jarní, ječmen ozimý – řepka ozimá.

Příklady tříhonných článků:

vojtěška – vojtěška – pšenice ozimá, kukuřice – ječmen jarní – ozimá směska, hrách – pšenice ozimá – oves, brambory – pšenice ozimá – jarní směska.

Příklad čtyřhonných článků:

okopanina – kukuřice silážní – pšenice ozimá – ječmen jarní, brambory – luskovina – pšenice ozimá – ječmen jarní.

### **Délka rotace a počet honů**

Při určování délky osevního postupu je třeba brát v úvahu zejména:

- Půdní podmínky – na úrodnějších půdách se uplatňují delší osevní postupy, na méně úrodných kratší, neboť je zde žádoucí častější zařazení zlepšujících plodin.
- Zastoupení jednotlivých plodin – mělo by být využíváno co nejvíce jednoduchých honů.
- Výměru méně snášenlivých plodin a jejich dostatečný odstup.
- Technicko-organizační podmínky – vhodné plošné rozmístění plodin na jednotlivých honech.

Podle délky lze rozlišit osevní postupy na krátké (do 6 honů), středně dlouhé (7–10 honů) a dlouhé (více než 10 honů).

#### **7.3.1.1 Osevní postupy pro podmínky bez živočišné produkce**

V současnosti jsou v ČR poměrně běžné podniky pouze s rostlinnou produkcí, bez víceletých pícnin ve struktuře plodin a bez možnosti využít chlévský hnůj. Specializace na rostlinnou produkci může představovat významný problém zejména na méně úrodných půdách vyšších oblastí. V nižších polohách a úrodných oblastech je specializace na rostlinnou produkci méně problematická. Je nutné absenci statkových hnojiv řešit jinými způsoby, například zaorávkou slámy obilnin, luskovin a olejnin, chrástu cukrovky a intenzivním zeleným hnojením. Široký poměr C:N u slámy (až 76:1) je třeba při jejím zapravení do půdy vyrovnávat dusíkatými hnojivy na hodnotu 30–20:1. Požadavky maximalizace zisku mají zejména u menších farem za následek vyšší zastoupení některých plodin a vysokou úroveň

ochrany rostlin. Struktura pěstovaných plodin by měla umožňovat alespoň dodržování zásad střídání plodin. Nelze podceňovat historicky potvrzený význam jetelovin z hlediska fixace vzdušného dusíku a melioračního účinku hlubokokořenících plodin. Rostlinná produkce bez vazeb na produkci živočišnou je udržitelná pouze za předpokladu zajištění vyvážené bilance živin a organické hmoty v půdě.

### **7.3.1.2 Modifikace projektu bez pevného osevního postupu**

Využívání pevného osevního postupu umožňuje přesné plánování rostlinné produkce. Pokud pravidelný osevní postup uplatňován není, je potřebné pracovat s každým pozemkem samostatně. Na základě historických informací o pěstovaných plodinách, aplikovaných dávkách hnojiv a pesticidů volit vhodné plodiny a jejich pěstební technologie v následujících letech. I když není využíván pravidelný pevný osevní postup, je nutné dodržovat zásady střídání plodin, což mimo jiné šetří prostředky na ochranu rostlin a snižuje výnosové ztráty.

### **7.3.2 Výživa a hnojení rostlin**

Výživa plodin není jen otázkou minerálního hnojení, ale je zajišťována komplexem opatření v rámci osevního postupu, respektive sledu plodin na pozemku. Základem je správně sestavený multifunkční osevní postup nebo alespoň vhodně sestavený sled plodin na daném pozemku. Dostatečně by měly být zastoupeny leguminózy, fixující vzdušný dusík a pravidelně plodiny hnojené statkovými hnojivy. Vhodnými sledy plodin zajistit využití nárazových přebytků živin ze statkových hnojiv a uvolňovaných při mineralizaci v kritických obdobích roku. Sledy plodin by také měly zajistit různorodé čerpání živin z půdy, nikoli jejich jednostranné využívání.

Mineralizaci organické hmoty, uvolňování živin a tím jejich zpřístupnění rostlinám lze podpořit zvýšenou intenzitou kypření půdy, její provzdušnění podporuje mineralizační procesy. Vhodným načasováním pěstebních operací lze tyto procesy do jisté míry regulovat. Naopak nezpracovaná, ulehlá půda se na jaře pomaleji prohřívá a pomaleji nastupuje aktivita mikroorganismů, které mineralizaci zajišťují. Počáteční jarní vývoj plodiny na takovém pozemku je proto pomalejší.

Podle plánu hnojení by nejdříve měla být aplikována organická a statková hnojiva, zejména chlévský hnůj, k plodinám okopaninového charakteru, ale lze je v nižších dávkách využívat téměř ke všem plodinám, pokud okopaniny nejsou ve struktuře plodin zastoupeny. Doporučené dávky statkových hnojiv jsou uvedeny v tab. 8.

Vzhledem k nízkému obsahu sušiny v kejdě a močůvce je nejvhodnější tato hnojiva aplikovat společně se zapravením slámy nebo zeleného hnojení do půdy. U tekutých statkových hnojiv je také potřeba brát v úvahu omezenou skladovací kapacitu jímek. Z toho vyplývá nutnost zabezpečit jejich pravidelné vyvážení v průběhu roku a naplánovat vhodné termíny pro jejich aplikaci vzhledem k růstu a vývoji a délce vegetační doby porostů pěstovaných plodin.

U statkových hnojiv živočišného původu je velmi důležitý termín a podmínky aplikace a prodleva v zapravení do půdy, od kterých se odvíjí ztráty dusíku (Tab. 9).

Tabulka 8: Doporučené dávky statkových hnojiv (t/ha) k jednotlivým plodinám

Plodina	Doporučená dávka (t/ha)		
	hnůj	kejda	močůvka
Brambory	30-40	30-60	30-60
Cukrovka	35-45	30-60	30-60
Krmná řepa	40-60	40-70	50-80
Kukuřice	25-35	30-60	40-90
Olejniny	25-30	20-40	30-30
Jednoleté pícniny	25-35	20-40	20-40
Ozimé a jarní směsky, meziplodiny	25-30	20-40	20-40
Obilniny na zeleno a na zrno	20	20-40	20-30
Jetelotravní směsky		30-50	20-40
Dočasný travní porost		50-70	60-90
Trvalý travní porost		40-60	30-70

Tabulka 9: Vliv doby a podmínek zaorání hnoje na ztráty dusíku (%), (ČVANČARA, 1962)

Doba zapravení hnoje po rozmetání	Počasí po zaorání hnoje							
	A		B		A		B	
	Čerstvý slamnatý hnůj chudý na dusík		Dobře ošetřený hnůj bohatý na dusík		Kompostovaný hnůj bohatý na dusík			
Okamžitě	0	0	0	0	0	0	0	
Po 2 hodinách	5	3	20	5	0	0	0	
Po 6 hodinách	10	5	45	8	1	0	0	
Po 3 dnech	15	12	90	30	3	1	1	

Počasí: A – suché, teplé, větrno, B – chladné, vlhké, bezvětří

Součástí plánu hnojení organickými hnojivy je i využití vedlejších produktů rostlin a posklizňových zbytků (slámy, chrástu atd.). Odběr živin plodinou je počítán na celou její produkci. Část těchto živin se při ponechání vedlejšího produktu na pozemku a jeho zapravení do půdy, do koloběhu vrací a jsou k dispozici pro následující plodiny. U organických hnojiv rostlinného původu se širokým poměrem C:N (zejména sláma obilnin i kukuřice) je žádoucí tento poměr upravit současnou aplikací kapalných statkových hnojiv nebo dusíkatých minerálních hnojiv v množství 8–10 kg N na 1 t slámy. Jsou tak zajištěny podmínky pro rozklad této hmoty v půdě a minimalizováno riziko konkurence o dusík mezi mikroorganismy rozkládajícími organickou hmotu a plodinou. Prakticky lze říci, že dusík obsažený ve slámě lze započítat do plánu hnojení pro následující plodinu pouze při provedení korekce C:N. Dusík aplikovaný za účelem korekce C:N v posklizňových zbytcích se potom nezapočítává do plánu hnojení pro následující plodinu.

Zelené hnojení se započítává do plánu hnojení pouze v případě bobovitých a dusíku. Ve vztahu k ostatním živinám (kromě dusíku u bobovitých) je zelené hnojení neutrální. Živiny spotřebované porosty na zelené hnojení se do půdy zase vrací, není tedy nutné je zahrnovat do výpočtů.

U statkových hnojiv je třeba počítat s postupným uvolňováním živin vázaných v organických formách, a to v průběhu dvou let. Část živin tedy započítáváme pro plodinu, ke které bylo hnojivo aplikováno, a část až pro plodinu následující v dalším roce. V případě, že není uplatňován pevný osevní postup, je potřebné znát historii pozemků alespoň jeden rok dozadu a zohlednit statková hnojiva aplikovaná k předplodině.

Potřeba živin nepokrytá organickými hnojivy je zajišťována hnojivy minerálními. Ta jsou vybírána s ohledem na plodinu a termín aplikace (základní hnojení před setím, přihnojení během vegetace). Při výběru minerálních hnojiv (zvláště dusíkatých) je třeba zvažovat jejich cenu.

Součástí systému výživy rostlin je také úprava půdní reakce vápněním, neboť pH půdy ovlivňuje přijatelnost živin rostlinami a efektivitu jejich využití.

Ztrátám živin je třeba předcházet vhodnými opatřeními zamezujícími erozi půdy, při které je kromě půdních částic odplavována také část živin a organická hmota.

Neefektivní využívání aplikovaných hnojiv a ztráty živin snižují rentabilitu vložených finančních prostředků.

### 7.3.3 Ochrana rostlin

Racionální ochrana rostlin maximálně využívá možnosti preventivních opatření proti rozvoji chorob, škůdců a plevelů. Jako prevence by měl sloužit celý pěstitelský systém, od vhodně sestaveného osevního postupu respektive sledu plodin na pozemku, přes zpracování půdy, hospodaření s posklizňovými zbytky a péči o biologickou aktivitu půdy po volbu odrůd a načasování založení porostu a jednotlivých pěstitelských opatření. Vhodným nástrojem pro racionalizaci použití přípravků na ochranu rostlin je sledování průběhu povětrnostních podmínek (zejména teploty a vlhkosti vzduchu) jako indikátoru nástupu infekčního tlaku v polních kulturách a monitoring výskytu škodlivých organismů v porostech, případně sledování informací o postupu rozšíření jednotlivých škůdců poskytovaných ÚKZÚZ jako nástroje pro určení potřebnosti a vhodného termínu aplikace pesticidních přípravků.

### 7.3.4 Pěstební technologie

Pěstební technologie plodiny je soubor pěstebních opatření od zpracování půdy, založení porostu, hnojení, ochrany rostlin až do sklizně (viz kapitola 5.1.4). Při navrhování pěstebních technologií jednotlivých plodin je vhodné začít první operací po sklizni předplodiny a zakončit sklizní dané plodiny. Konkrétní operace v rámci pěstební technologie volit s ohledem na půdní podmínky (způsob a hloubka zpracování půdy), klimatické poměry (intenzita zpracování půdy), intenzitu hospodaření a jeho omezení nebo ohrožení na daném pozemku (vysoká svažítost, skeletovitost, půdní druh, zamokření atd.) ale i průběh povětrnosti v konkrétním ročníku. U zásahů vázaných na konkrétní fázi vývoje porostu je potřebné tuto souvislost znát (opatření ochrany rostlin, přihnojení dusíkem v průběhu vegetace).

Součástí pěstební technologie je také kvantifikace její pracovní náročnosti (potřeby času na provedení jednotlivých pracovních operací) a potřebných nákladů. Náklady vznikají jednak spotřebou pohonných hmot a opotřebením strojů, jednak využíváním lidské práce, kterou je potřebné zaplatit. Dalšími složkami nákladů jsou osivo, hnojiva, spotřebované přípravky na ochranu rostlin, další materiál, ale i cena za pronájem půdy, případně pojištění produkce (v případě významných tržních plodin).

Pěstební technologie nemusí být nutně stejná pro všechny pozemky oseté stejnou plodinou. Záleží na předplodině a předchozím hnojení pozemku. Tyto faktory mohou způsobit rozdíly ve zpracování půdy a v aplikovaných množstvích hnojiv, pokud je hnojení prováděno na základě bilančního plánu hnojení.

## **7.4 Hodnocení navrženého systému**

Dalším krokem projektování systémů rostlinné výroby je vyhodnocení navrženého, případně v praxi používaného modelu (viz kapitola 6.3 Optimalizace agrosystému na úrovni podniku). Součástí hodnocení jsou environmentální, respektive agronomické ukazatele, které hodnotí vyváženost a funkčnost systému, a ekonomické ukazatele, které hodnotí ekonomickou životaschopnost a efektivitu systému. Hodnocení je doplněno také o základní ukazatele sociálního charakteru.

Podkladem jsou převážně údaje zapsané v pěstebních technologiích.

Pro každý z hodnocených indikátorů je vypočítán výsledek následně porovnán s referenční hodnotou, která umožní posoudit, zda je výsledek v souladu s cíli udržitelného hospodaření, nebo naopak představuje slabé místo a indikuje problém, který by měl být do budoucna řešen.

### **7.4.1 Fyzikální a biologické ukazatele**

#### **7.4.1.1 Výrobnost rostlinné produkce**

Výrobnost rostlinné produkce farmy lze vyhodnotit pomocí přepočtu výnosu sklizených produktů jednotlivých plodin na obilní jednotky (viz kapitola 6.2.3.1). Hodnota charakterizující celou rostlinnou produkci se pak vypočítá jako vážený průměr výrobnosti jednotlivých plodin, přičemž jako váha slouží výměra, na které je ta která plodina pěstována.

Jako srovnávací (referenční) hodnota slouží průměrný výnos pšenice v regionu, nebo ve vlastním podniku, vyjádřený v obilních jednotkách. V případě ukazatele výrobnosti rostlinné produkce tedy není stanovena optimální nebo limitní hodnota, ale výsledek je porovnáván s hodnotou dosahovanou běžně v podobných podmínkách.

#### **7.4.1.2 Roční bilance organické hmoty**

Pro stanovení bilance organické hmoty lze využít metodiku dle VDLUFA (2004). Tento postup zohledňuje působení plodin na zásobu organické hmoty v půdě a přírůstek organické hmoty vlivem organického hnojení. Metoda využívá tabulkové hodnoty změny obsahu organické hmoty (oxidovatelného uhlíku –  $C_{ox}$ ) v půdě při pěstování různých plodin a při aplikaci jednotlivých organických hnojiv, stanovené na základě výsledků dlouhodobých polních pokusů. Samotné pěstování většiny plodin (bez jakéhokoli organického hnojení, jen se započtením posklizňových zbytků) působí na obsah organické hmoty v půdě negativně. Pouze u jetelovin se počítá s příznivým působením (zvýšením množství organické hmoty v půdě). Protože intenzita mineralizace organické hmoty je závislá také na půdních

vlastnostech, zpracování půdy, minerálním hnojením a výnosu plodiny, není v tabulce uvedena pevná hodnota, ale určité rozmezí (interval) hodnot. Na půdách dobře zásobených organickou hmotou a optimálně hnojených minerálními hnojivy není úbytek organické hmoty tak velký, hodnota vyjadřující větší ztrátu organické hmoty platí pro půdy vyčerpané, ve špatném stavu.

Bilance organické hmoty je součtem působení plodiny a organického hnojení. Pro celou rostlinnou výrobu se bilance vypočítá metodou váženého průměru z bilancí jednotlivých plodin, respektive na jednotlivých honech. Jako váhy se použijí výměry jednotlivých honů.

Bilance organické hmoty je vyrovnaná, pokud je úbytek plně nahrazován vstupy. Optimálním výsledkem jsou tedy, při ponechání jisté tolerance, vypočítané hodnoty v rozmezí  $-75$  až  $100 \text{ kg C}_{\text{ox}} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

### 7.4.1.3 Roční bilance živin

Z možných přístupů k bilanci živin (viz kapitola 6.2.1), je pro hodnocení systému konkrétní farmy vhodné vybrat povrchovou bilanci na úrovni jednotlivých pozemků (resp. honů osevniho postupu – pěstebních technologií) a výsledek agregovat na úroveň celé rostlinné produkce využitím metody váženého průměru.

Bilance fosforu, draslíku i hořčíku vychází z porovnání vstupů a výstupů těchto živin na pozemku.

**Výstupy** lze vypočítat jako výši výnosu pěstované plodiny v  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$  vynásobenou odběrem živin na vytvoření 1 t produkce. V úvahu se bere celková produkce (hlavní i vedlejší produkt, bez ohledu na to, jaká část této produkce je sklizena a odvezena z pole).

**Vstupy** zahrnují zejména živiny v aplikovaných organických a minerálních hnojivech. Vychází se z úrovně hnojení skutečně provedené v rámci pěstebních technologií jednotlivých plodin. Do organického hnojení se započítává zapravení vedlejších produktů plodin a aplikace všech druhů statkových organických hnojiv. Zelené hnojení lze započítat pouze v případě dusíku dodaného bobovitými meziplodinami. Z pohledu ostatních živin se zelené hnojení jeví neutrálně (kolik živin z půdy rostliny odeberou, tolik zase do půdy vrátí).

Dále lze bilance živin doplnit o úhradu části potřeb plodiny ze zdrojů v půdě. K tomu je v případě P a K potřebné znát výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP) na daných pozemcích. Pokud je obsah fosforu respektive draslíku v půdě vysoký, nebo velmi vysoký, můžeme teoreticky počítat s plnou úhradou potřeb plodiny z půdní zásoby příslušné živiny a bilance potom bude kladná, odpovídající množství živiny dodané v hnojivech. V případě N vycházíme z půdních podmínek pozemku, kdy na nejurodnějších stanovištích



(HPJ 01–03, 06, 07, 09–12, 56–64 a odvozené 65–76 v klimatických regionech 0–5) lze počítat s cca 30 kg N.ha<sup>-1</sup> dostupných pro plodiny z půdy (KLÍR a kol., 2008).

U dusíku lze dále jako vstupy zahrnout zejména množství N fixované bobovitými plodinami, případně dodané v osivu a imisemi z ovzduší. Množství těchto vstupů lze dohledat v tabulkách (KŘEN a kol., 2011) a v případě množství dusíku deponované z ovzduší je vhodné využít údaje z ročenky Znečištění ovzduší na území České republiky publikované online Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMU).

Referenční hodnoty jsou v případě bilance živin dány na základě nejrozumnějších poznatků publikovaných v literatuře jako optimální rozmezí hodnot. U dusíku je toto rozmezí uváděno 0–50 kg N.ha<sup>-1</sup>, u fosforu -5–5 kg. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup> a u draslíku -20–20 kg K<sub>2</sub>O.ha<sup>-1</sup>.

#### 7.4.1.4 Zatížení pesticidy

Výpočet zatížení prostředí pesticidy používanými v rostlinné produkci podniku vychází ze zjednodušeného přístupu vycházejícího z množství aplikovaných účinných látek pesticidů v rámci pěstebních technologií jednotlivých plodin (viz kapitola 6.2.4). Jednotlivé plodiny jsou různě náročné na chemickou ochranu a výsledná hodnota za rostlinnou produkci představuje vážený průměr zátěže (vyjádřené množstvím aplikovaných účinných látek) vytvářené v rámci pěstování jednotlivých plodin. Váhou ve výpočtu je opět výměra připadající na příslušnou pěstební technologii. Protože jde o celkové posouzení systému, zahrnujeme do výpočtu celou plochu orné půdy, tedy i plodiny, které chemicky ošetřované nejsou.

Pro vyhodnocení indikátoru je ale potřeba postupovat trochu odlišně, protože stanovit referenční hodnotu je v tomto případě poměrně obtížné. Spotřebu účinných látek pesticidů v podniku je možné porovnat se statistikami spotřeby účinných látek za ČR. Dostupné statistiky jsou ale vedeny pouze pro základní plodiny. Ze statistik tedy vybíráme ty, které jsou v podniku pěstovány, a zároveň z pěstovaných plodin můžeme se statistikou porovnat ty, pro které existuje. V posledních letech jsou navíc dostupné pouze údaje o celkové spotřebě účinných látek, nikoli o spotřebě na hektar. Aktuální údaje z webu ÚKZÚZ je tedy potřebné přepočítat s využitím statistiky o sklizňových plochách plodin vedených ČSÚ.

Pro každou v podniku pěstovanou plodinu, pro kterou to lze, je tedy potřebné najít data ve statistikách a vypočítat pro ni spotřebu účinných látek na hektar. Dále se vypočítá spotřeba účinných látek na hektar odpovídající struktuře plodin v podniku podle jejich procentického zastoupení. S takto vypočítanou referenční hodnotou potom lze porovnat hodnotu zatížení pesticidy vypočítanou pro vyprojektovaný systém. Nejde tedy o optimální hodnotu, ale o

hodnotu představující průměrný stav v ČR. Nelze tedy říci, jestli je rostlinná produkce z hlediska zatížení prostředí pesticidy šetrná, nebo ne, lze pouze říci, zda je využívání přípravků na ochranu rostlin nad nebo pod průměrem ČR.

#### **7.4.1.5 Pokryvnost půdy vegetací**

V rámci pokryvnosti půdy vegetací se hodnotí dva ukazatele, index pokryvnosti půdy, hodnotící časové období celého roku, a pokryvnost půdy na podzim, vyjadřující část výměry pokrytou vegetací v podzimním období koncem října (viz kapitola 6.2.5).

Hodnotou **indexu pokryvnosti půdy**, 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 plodin na jednotlivých pozemcích, na základě kterých se vypočítá délka pokryvu půdy jednotlivými porosty a vyjádří se v poměru k celkové výměře v průběhu celého roku. Výsledek je vyjádřen indexem v rozsahu hodnot 0 (žádná vegetace) až 1 (plné pokrytí celé výměry po celý rok). Na základě poznatků publikovaných v literatuře se uvádí, že index pokryvnosti půdy by měl být nejméně 0,6.

**Pokryvnost půdy na podzim** vyjadřuje procento výměry půdy pokryté porosty plodin v říjnu. Předpokládá se jejich setrvání na pozemcích a protierozní působení v průběhu zimy. Tento ukazatel by měl dosahovat hodnotu nejméně 50 %.

#### **7.4.1.6 Ekologická infrastruktura**

Podíl ekologické infrastruktury (viz kapitola 6.2.6) na výměře farmy lze odečíst z map s využitím technologií GIS (geografické informační systémy), nebo lze provést kvalifikovaný odhad.

Za cílovou optimální hodnotu lze považovat 5 % z výměry podniku.

### **7.4.2 Ekonomické ukazatele**

Na základě údajů o nákladech na jednotlivé pěstební technologie a o tržbách za produkci odpovídající dané pěstební technologii je možné vypočítat základní ekonomické ukazatele.

#### **7.4.2.1 Příspěvek na úhradu**

Příspěvek na úhradu je rozdílem tržeb za produkci a přímých (variabilních) nákladů. Jde tedy o příspěvek na úhradu fixních nákladů a zisku. Tento ukazatel umožňuje lépe vyjádřit ekonomický výsledek samotné pěstební technologie než zisk, protože nezahrnuje fixní

(režijní) náklady, které v podniku vznikají na jeho provoz a chod jako takový nezávisle na optimalizaci konkrétní pěstební technologie.

#### **7.4.2.2 Zisk**

Zisk je rozdílem tržeb za produkci a celkových nákladů. Vyjadřuje tedy ekonomický výsledek rostlinné výroby po zahrnutí všech vstupů a výstupů.

#### **7.4.2.3 Rentabilita**

Rentabilita vyjadřuje, jaký zisk je vytvářen na jednu korunu nákladů (rentabilita nákladová) nebo tržeb (rentabilita tržeb). Je vyjádřena v procentech a vypočítá se jako poměr zisku k nákladům, respektive k tržbám.

Tři výše popsané ukazatele lze porovnat s výsledky podniků v podobných podmínkách. Nejsou tedy stanoveny optimální nebo limitní hodnoty, ale provádí se porovnání s výsledky dosahovanými ve stejné výrobní oblasti. Šetření v rámci této problematiky provádí Ústav zemědělské ekonomiky a informací (ÚZEI) pro jednotlivé plodiny. Je potřeba nalézt v publikovaném šetření plodiny, které pěstuje posuzovaný podnik, dohledat nebo dopočítat potřebné ukazatele a následně vypočítat jejich hodnotu pro stejnou strukturu (procentické zastoupení) plodin, jako v posuzovaném podniku. S těmito hodnotami potom porovnáваме výsledky podniku.

#### **7.4.2.4 Produktivnost**

Pro získání přehledu o jednotlivých plodinách z ekonomického hlediska se provádí výpočet podílu jednotlivých plodin (resp. pěstebních technologií) na celkových nákladech, tržbách a ekonomickém výsledku (zisku nebo ztrátě) rostlinné produkce. Na základě něj je potom možné říct, která plodina je nejnákladovější, stojí podnik nejvíce peněz, která tvoří nejvíce příjmů a která vytváří nejvyšší zisk. Takto získané informace je možné v závěru celkového hodnocení projektu použít pro vyhodnocení ekvitability.

#### **7.4.2.5 Dotace**

Nedílnou součástí ekonomiky zemědělského podniku jsou v dnešní době dotace. Ty tvoří nezanedbatelnou část příjmů farmy. Kromě plošné podpory je možné čerpat z četných titulů, o které lze v rámci zemědělské politiky, případně v dalších resortech, žádat. Součástí projektu je tedy i souhrnná tabulka čerpaných dotačních prostředků. Protože se zaměříme na rostlinnou

produkcí, je potřeba i v rámci dotací započítat pouze ty tituly, které se k polní produkci vztahují. Následně je vypočítána výše podílu dotací na celkovém zisku podniku.

### 7.4.3 Sociální ukazatele

Kvantifikace sociálních efektů systému rostlinné výroby je poměrně obtížný úkol. Můžeme využít alespoň nejzákladnější ukazatele.

**Počet pracovníků v rostlinné výrobě** a jejich přepočítání na jednotku plochy napovídá základní informaci o příspěvku podniku k zaměstnanosti v regionu. Prakticky ale nelze nalézt referenční hodnotu.

**Průměrné využití pracovního fondu** v procentech říká, jakou část své pracovní doby zaměstnanci v rostlinné výrobě tráví vykonáváním vlastních pěstebních technologií přímo prací na poli. Přiměřené hodnoty tohoto ukazatele se pohybují okolo 50 %.

**Průměrná mzda** v rostlinné výrobě pak vyjadřuje, jak jsou pracovníci v daném podniku ohodnoceni. Údaj lze porovnat s regionální statistikou ceny práce uveřejňovanou Ministerstvem práce a sociálních věcí.

### 7.4.4 Celkové zhodnocení rostlinné produkce

Abychom byli schopni na základě hodnocení provedeného pomocí jednotlivých základních indikátorů popisovaných výše zhodnotit celkově stav rostlinné produkce vyprojektovaného systému, je účelné všechny výsledky shrnout v sumárním přehledu, případně vyjádřit graficky. Cílem je znázornění výsledků přehlednou formou, což umožní identifikovat slabá místa navrhovaného systému. Takto identifikované problémy je cílem řešit vhodnou modifikací používaných metod v rostlinné produkci (viz kapitola 6.3).

## 8 SEZNAM LITERATURY

- BARNETT, V., PAYNE, R. W., STEINER, R., 1995: *Agricultural sustainability: economic, environmental, and statistical considerations*. Wiley, Chichester. 278 s.
- EISA, 2010: *European integrated farming framework, A European definition and characterisation of integrated farming (IF) as guideline for sustainable development of agriculture* [online]. Revidovaná verze, srpen 2010 [cit. 2011-04-23]. Dostupné na: <<http://www.sustainable-agriculture.org/stuff/EISA-Framework-english-040810.pdf>>.
- GLIESSMAN S. R., 2007: *Agroecology, The Ecology of Sustainable Food Systems*. 2. vyd. CRC Press, New York, 384 s. ISBN 0-8493-2845-4.
- CHRISTEN O., O'HALLORAN-WIETHOLZ Z., 2002: *Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft*, Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn, 54 s. ISBN 3-926898-17-8
- COOPER T., HART K., BALDOCK D., 2009: *The provision of public goods through agriculture in the European Union* [online], Report for DG agriculture and rural development. Institute for European Environmental Policy, London, 396 s. [cit. 2011-04-05]. Dostupné na: <[http://www.ieep.eu/assets/457/final\\_pg\\_report.pdf](http://www.ieep.eu/assets/457/final_pg_report.pdf)>.
- ČVANČARA, F., 1962: *Zemědělská výroba v číslech, díl první*. SZN Praha, 1170 s.
- IOBC WPRS, 2004: *Integrated Production: Principles and Technical Guidelines*, 3rd edition 2004. *IOBC WPRS Bulletin* [online], 27 (2), 50 s. ISBN 92-9067-163-5. [cit. 2011-04-23]. Dostupné na: <[http://www.iobc-wprs.org/ip\\_ipm/01\\_IOBC\\_Principles\\_and\\_Tech\\_Guidelines\\_2004.pdf](http://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/01_IOBC_Principles_and_Tech_Guidelines_2004.pdf)>.
- KLÍR, J. A KOL., 2008: *Rámcová metodika výživy rostlin a hnojení. Metodika pro praxi*. VURV, Praha. 48 s. ISBN 978-80-87011-61-4
- KOLEKTIV, 1987: *Naučný slovník zemědělský. Díl II T-U*. SZN Praha, 1987, s. 66.
- KOLEKTIV, 1994: *Slovník spisovné češtiny pro školu a veřejnost*. ACADEMIA Praha.
- KOSTELANSKÝ F. a kol., 2000: *Obecná produkce rostlinná*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 212 s. ISBN 80-7157-245-4.
- KŘEN, J. a kol., 2003: *Metodická podpora výuky předmětu „Systémy rostlinné výroby“*. *Indikátory a metody pro komplexní hodnocení systémů rostlinné produkce*. Brno. 47 s.
- KŘEN, J., MARADA, P., VALTÝNIOVÁ, S., LIPAVSKÝ, J., MÍŠA, P., SMUTNÝ, V., 2011: *Metodika hodnocení trvalé udržitelnosti systémů rostlinné produkce pro podmínky ČR*. Brno: Mendelova univerzita. 48 s. ISBN 978-80-7375-588-1.
- KUDRNA, K., 1985: *Zemědělské soustavy*. Druhé doplněné vydání. SZN Praha. 720 s.
- MÍCHAL, I., 1994: *Ekologická stabilita*. 2. Rozšířené vydání. Veronica Brno. 276 s. ISBN 80-85368-22-6

- OECD, 2001a: *Multifunctionality: Towards an Analytical Framework*. OECD, Paris, 160 s. ISBN 92-64-18625-5.
- PRETTY J., 2002: *Agri-culture, Reconnecting People, Land and Nature*. Earthscan, London, 281 s. ISBN 1-85383-925-6.
- RABBINGE, R., 1986: *The bridge function of crop ecology*. Netherlands Journal of Agricultural Science 34 (1986). s. 239 - 251. ISSN 0028-2928
- ŠKODA V. a kol., 1998: *Obecná produkce rostlinná*. ČZU v Praze. 190 s. ISBN 80-213-0450-2.
- TISDELL C. A., 2005: *Economics of environmental conservation*. 288 s. ISBN 978-1-84376-614-8
- VDLUFA 2004: *Humusbilanzierung - Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland*. Hrsg.: Verband Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, 12 p.
- VEREIJKEN P., 1997: A methodological way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. In: VAN ITTERSUM M. K., VAN DE GEIJN S. C. (eds), *Perspectives for Agronomy, Adopting Ecological Principles and Managing Resource Use. Special issue of European Journal of Agronomy*, 7: 235–250.
- VEREIJKEN P., 1999: *Manual for prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms*. Wageningen.
- WEINER J., 2003: Ecology – the science of agriculture in the 21st century. *Journal of Agricultural Science*, 141: 371–377.
- ZERA, 2007: *Bilance živin v ekologicky hospodařícím podniku*. 43 s. ISBN 80–903548–4–X

<b>Autor</b>	prof. Ing. Jan Křen, CSc. Ing. Soňa Dušková Ph.D.
<b>Název titulu</b>	SYSTÉMY ROSTLINNÉ VÝROBY
<b>Vydavatel</b>	Mendelova univerzita v Brně Zemědělská 1, 613 00 Brno
<b>Vydání</b>	První, 2015
<b>Náklad</b>	200 ks
<b>Počet stran</b>	86
<b>Tisk</b>	ASTRON studio CZ, a.s.; Veselská 699, 199 00 Praha 9 Neprošlo jazykovou úpravou.
<b>ISBN</b>	978-80-7509-203-8

Tato publikace je spolufinancována z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.

Byla vydána za podpory projektu OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0302 Inovace studijních programů AF a ZF MENDELU směřující k vytvoření mezioborové integrace.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ