

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**PROVOZNĚ EKONOMICKÁ FAKULTA**

**Hlavní souvislosti procesu adopce agrolesnických  
systémů v peruánské Amazonii**

disertační práce

Autor: Ing. Jana Kalabisová  
Školitel: Prof. Ing. Miroslav Svatoš CSc.  
Katedra ekonomiky, Česká zemědělská univerzita

Praha 2010

Tímto bych chtěla poděkovat Prof. Ing. Miroslavu Svatošovi, CSc. a dále Ing. Bohdanu Lojkovi. Ph.D. a Ing. Milanu Houškovi Ph.D. za ochotu, s jakou mi pomáhali při vypracování mé dizertační práce a za odborné vedení, informace a cenné rady, které mi poskytli.

Chtěla bych také poděkovat celé své rodině a příteli za trpělivost a podporu, které se mi od nich dostávalo v průběhu zpracovávání dizertační práce.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>AMAZONIE.....</b>	<b>7</b>
2.1	ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY AMAZONIE .....	7
2.1.1	<i>Geografie a populace .....</i>	7
2.1.2	<i>Klima a úhrny srážek.....</i>	8
2.1.3	<i>Původní zemědělské systémy.....</i>	9
2.2	PERUÁNSKÁ AMAZONIE .....	9
2.2.1	<i>Obyvatelstvo a půdní systémy.....</i>	9
2.2.2	<i>Odlesňování a strategická opatření.....</i>	11
<b>3</b>	<b>AGROLESNICKÉ SYSTÉMY .....</b>	<b>12</b>
3.1	DEFINICE AGROLESNICKÝCH SYSTÉMŮ.....	12
3.2	DĚLENÍ AGROLESNICKÝCH SYSTÉMŮ .....	14
3.2.1	<i>Klasifikace dle Naira.....</i>	14
3.2.2	<i>Klasifikace dle Sinclaira.....</i>	16
3.2.3	<i>Kategorie agrolesnických systémů dle Raai.....</i>	20
3.3	AGROLESNICKÉ SYSTÉMY A POSTUPY V AMAZONSKÉ PÁNVI.....	22
3.4	VYUŽÍVÁNÍ PŮDY A EFEKTY NA PŮDU V AGROLESNICKÝCH SYSTÉMECH.....	24
3.4.1	<i>Využívání půdy v agrolesnických systémech.....</i>	24
3.4.2	<i>Efekty na půdu .....</i>	25
3.5	VÝZKUM AGROLESNICKÝCH SYSTÉMŮ .....	29
3.5.1	<i>Prvotní výzkum .....</i>	30
3.5.2	<i>Současný výzkum .....</i>	31
3.5.3	<i>Budoucnost .....</i>	32
3.5.4	<i>Metody hodnocení agrolesnických systémů.....</i>	34
<b>4</b>	<b>ADOPCE AGROLESNICKÝCH SYSTÉMŮ.....</b>	<b>37</b>
4.1	HLAVNÍ ZJIŠTĚNÍ VYPLÝVAJÍCÍ Z ADOPCE AGROLESNICKÝCH SYSTÉMŮ .....	38
4.1.1	<i>Studie Commese a Burta z oblasti Amazonie .....</i>	38
4.1.2	<i>Studie Fishera a Vasseura z Panamy .....</i>	39
4.1.3	<i>Studie Pattanayaka mezi drobnými farmáři .....</i>	41
4.2	KLÍČOVÉ PRVKY AGROLESNICTVÍ PŘÍSPÍVAJÍCÍ KE SNÍŽENÍ CHUDOBY .....	46
4.2.1	<i>Hodnocení rizik při rozhodovacím procesu.....</i>	46
4.2.2	<i>Přijatá opatření .....</i>	47
<b>5</b>	<b>LINEÁRNÍ PROGRAMOVÁNÍ .....</b>	<b>50</b>
5.1	KLASIFIKACE MODELŮ LINEÁRNÍHO PROGRAMOVÁNÍ .....	51
5.2	MODEL LINEÁRNÍHO PROGRAMOVÁNÍ.....	52
5.2.1	<i>Matematický popis modelu .....</i>	53
5.2.2	<i>Řešení modelu lineárního programování .....</i>	53
5.3	MODELOVÁNÍ ZEMĚDĚLSKÉ VÝROBY POMOCÍ MATEMATICKÝCH MODELŮ.....	55
5.3.1	<i>Bilanční podmínky.....</i>	56
5.4	DYNAMIZOVANÉ MODEL Y .....	59
5.4.1	<i>Dynamické modely.....</i>	59
5.4.2	<i>Dynamizované lineární modely zemědělské výroby.....</i>	60
5.5	HODNOCENÍ AGROLESNICKÝCH SYSTÉMŮ POMOCÍ METODY LINEÁRNÍHO PROGRAMOVÁNÍ.....	62
5.5.1	<i>Hodnocení adopce zlepšených úhorů v Zimbabwe.....</i>	62

5.5.2	<i>Hodnocení faktorů ovlivňujících přijetí zlepšených úhorů v Africe.....</i>	65
<b>6</b>	<b>REGION UCAYALI .....</b>	<b>68</b>
6.1	ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA REGIONU .....	68
6.2	EKONOMICKÉ ÚDAJE .....	70
6.3	LESNICTVÍ V REGIONU .....	72
6.3.1	<i>Zalesněné plochy .....</i>	72
6.3.2	<i>Podmínky k výzkumu.....</i>	74
<b>7</b>	<b>CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE .....</b>	<b>75</b>
<b>8</b>	<b>METODIKA DISERTAČNÍ PRÁCE .....</b>	<b>77</b>
8.1.1	<i>Předpoklady analýzy na úrovni drobných farmářů .....</i>	79
8.2	POPIS VÝZKUMNÉ OBLASTI.....	81
8.3	ZDROJOVÁ DATA .....	84
8.3.1	<i>Terénní šetření.....</i>	85
8.3.2	<i>Data z demonstračních parcel.....</i>	86
<b>9</b>	<b>METODICKÝ POSTUP KONSTRUKCE DYNAMIZOVANÉHO MODELU LINEÁRNÍHO PROGRAMOVÁNÍ.....</b>	<b>87</b>
9.1	POPIS AGROLESNICKÉHO SYSTÉMU.....	87
9.2	FORMULACE EKONOMICKÉHO MODELU .....	92
9.2.1	<i>Spotřeba práce.....</i>	92
9.2.2	<i>Omezení disponibilní plochou .....</i>	95
9.2.3	<i>Tržby, náklady a zisky.....</i>	96
9.2.4	<i>Peněžní toky.....</i>	98
9.2.5	<i>Diskontace zisku a úspory .....</i>	100
9.2.6	<i>Popis činitelů.....</i>	101
9.3	FORMULACE MATEMATICKÉHO MODELU .....	104
9.3.1	<i>Cíle dvacetiletého modelu lineárního programování.....</i>	104
9.3.2	<i>Popis procesů .....</i>	104
9.3.3	<i>Popis činitelů.....</i>	107
9.3.4	<i>Popis vzájemného vztahu mezi činiteli – předpoklady modelu.....</i>	110
<b>10</b>	<b>VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELU.....</b>	<b>111</b>
10.1	ŘEŠENÍ ZÁKLADNÍHO MATEMATICKÉHO MODELU .....	111
10.1.1	<i>Rozlohy zemědělských parcel .....</i>	111
10.1.2	<i>Spotřeba práce.....</i>	113
10.1.3	<i>Výše úspor.....</i>	114
10.1.4	<i>Autospotřeba manioku.....</i>	115
10.2	VARIANTY MATEMATICKÉHO MODELU .....	116
10.2.1	<i>Varianta 1.....</i>	116
10.2.2	<i>Varianta 2.....</i>	120
10.2.3	<i>Varianta 3.....</i>	123
10.2.4	<i>Varianta 4.....</i>	126
<b>11</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>128</b>
11.1.1	<i>Dílčí závěry.....</i>	128
11.1.2	<i>Diskuze ke zvolenému postupu řešení.....</i>	130
<b>12</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>134</b>

- i. SEZNAM TABULEK A GRAFŮ**
- ii. SEZNAM ZKRATEK**
- iii. SEZNAM LATINSKÝCH SLOV**
- iv. SEZNAM LITERATURY**
- v. SEZNAM PŘÍLOH**

# 1 ÚVOD

Vysoké přírůstky obyvatelstva, zvláště v rozvojových zemích, vytváří neustálý tlak na zvýšení kapacity zemědělských systémů a produkci potravin. Pokračující extenzifikace v oblasti zemědělství ale naráží na přírodní a ekonomické limity. Dle Boserupa (1965) se tlak způsobený rostoucí populací projevil přesunem z extenzivnějších na intenzivnější systémy, což znamená ze systému střídavého zemědělství na usedlejší způsoby.

Tradiční žďárová zemědělství s prodlouženými úhorovými periodami již nejsou přijatelnou variantou v mnoha tropických oblastech, vzhledem k nepřiměřenému růstu populace, který vytváří větší poptávku po půdních a lesních zdrojích (Fujisaka a White, 1998, s. 45). Zemědělské systémy, které imitují strukturu a procesy přírodní lesní vegetace, jako jsou agrolesnické systémy, mají vysoký potenciál zvýšit produktivitu zemědělských systémů a zabezpečit tak dostatečnou produkci plodin.

Agrolesnické systémy mohou být vhodnou volbou využívání půdy respektující udržitelnou produkci na zemědělské půdě. V těchto systémech dochází ke vzájemným interakcím mezi stromy, půdou a plodinami a vzniká tak mnoho pozitivních efektů, dle převládajících agro-environmentálních podmínek. Agrolesnictví může zlepšit celkovou produktivitu zvýšeným výstupem produktů lesnictví a pracovní efektivity, zlepšením výnosů plodin a snížením vstupů na obdělávání půdy. Někdy ale dochází také k záporným efektům, které se projevují převážně v kratším časovém úseku a jsou tak vnímány ve větším měřítku, než je tomu u těch pozitivních.

Je obecně známo, že postupy, které mohou být označeny jako agrolesnictví, jsou běžné u mnohých původních kmenů Amazonie i běžných farmářů (Padoch a de Jong, 1995, s. 226-237). Tradiční systémy pomáhají zajistit obživu a finanční příjem při zachování půdních, vodních a lesních zdrojů. Z těchto důvodů jsou agrolesnické systémy podporovány jako alternativní model rurálního rozvoje (Coomes a Burt, 1997, s. 27-44).

Udržitelnost je v těchto systémech zajišťována zachováním produkčního potenciálu základny přírodních zdrojů, zvláště pomocí zlepšujících efektů víceletých dřevin na půdu. Je

ovšem velice důležité, aby agrolesnické technologie, které jsou zaváděny do nových oblastí, také odpovídaly lokálním farmářským praktikám.

Podle výsledků výzkumu, ve kterém farmáři poskytli zpětnou vazbu ohledně zavádění agrolesnických technologií, bylo zjištěno, že užítky plynoucí z udržitelnosti systémů nejsou vždy farmáři reflektovány. Zvláště chudší farmáři často vnímají udržitelnost jako sekundární hledisko a proto mohou být zdráhavější při osvojování agrolesnických technik (Loker a kol., 1997, s. 405).

Zájem o zavádění agrolesnických systémů upozornil na důležitost začleňování socioekonomických faktorů do tradičního biofyzikálního výzkumu (Alavalapati a Mercer, 2004, s. 1). Socioekonomickým výzkumem<sup>1</sup> vedeným Thangatou a Alavalapatim (2003, s. 68) bylo zjištěno, že mladší farmáři jsou otevřenější k přijetí agrolesnictví, což potvrdil také dřívější výzkum v této oblasti (Alavalapati a kol., 1995; Boahene a kol., 1999). Bylo také zjištěno, že farmáři s většími rodinami jsou nakloněnější k přijetí agrolesnických systémů ve srovnání s farmáři s malými rodinami. Pro chudé farmářské domácnosti, které si při svém hospodaření nemohou dovolit vstupy ve formě hnojiv, je agrolesnictví považováno za nejlepší alternativu.

V peruánské Amazonii a samotném regionu Ucayali bylo vedeno mnoho výzkumů (Lojka, 2005; Lojka a kol., 2008; Padoch a de Jong, 1995; Fujisaka a White, 1998; Smith a kol., 1999; Křivánková a kol., 2007; Rochon a kol., 2007; Fujisaka a kol., 1999; Fujisaka a kol., 2000; Szott, 1987; Weber, 1997), které byly zaměřeny na udržitelné produkční systémy. Při analyzování přijatelnosti agrolesnických systémů v této oblasti by měla být věnovaná pozornost také místním podmínkám a trendům. Vzhledem k omezenému množství půdy a vzdálenosti od hlavních trhů by měly navrhované agrolesnické systémy v regionu Ucayali přispět k intenzifikaci a diverzifikaci zemědělské produkce, která by zahrnovala také víceleté dřeviny a stromy.

Studie potvrzují, že tradiční žďárová zemědělství snižují diverzitu lesních plodin a zvyšují výskyt plevelů, které vedou farmáře k mýcení dalších částí lesa. Snížená úroveň biodiverzity

---

<sup>1</sup> Socioekonomický výzkum je v tomto případě založen na zkoumání rozdílů mezi těmi, kdo se rozhodli agrolesnické systémy adoptovat a těmi, kteří je odmítli, a to na základě svého věku, pohlaví a dalších socioekonomických proměnných.

v okolí Pucallpy<sup>2</sup> je způsobená úbytkem původního primárního pralesa, expanzí pastvin a tlakem na kácení stromů kvůli pěstování kokainovníku<sup>3</sup>.

Většina farmářů, kteří používají úhorové zemědělství, přišla do regionu Ucayali mezi roky 1990 až 1995. Kočovné pastevectví v této oblasti se projevuje vysokým podílem zemědělské půdy pod úhorem nebo sekundárním lesem. Je proto potřeba pracovat s místními drobnými farmáři na inovativních způsobech hospodaření, jako jsou agrolesnické systémy.

Vzhledem k uvedeným faktům se stalo šíření agrolesnictví hlavním tématem oficiálního rozvojového projektu Ministerstva zemědělství České republiky, který je v regionu Ucayali uskutečňován Institutem tropů a subtropů České zemědělské univerzity od roku 2003. Jedním z hlavních cílů tohoto projektu je rozvoj agrolesnických systémů a technologií na zlepšení půdní kvality zemědělských parcel a návrhů udržitelných produkčních systémů v zemědělských domácnostech.

Pro lepší implementaci agrolesnických systémů v oblasti je proto vhodné sledovat rozhodování především u drobných farmářů, kteří jsou nejbližší implementaci těchto systémů v praxi. Vzhledem k tomu, že agrolesnictví ještě nebylo v oblasti plně implementováno, je vhodné využít metodu *ex-ante* hodnocení, které umožňuje ohodnotit potencionální přijetí ještě před tím, než je technologie šířena v plné míře.

Výsledky dizertační práce by měly napomoci lépe zmapovat ekonomiku farmářských domácností v souvislosti s agrolesnickým produkčním cyklem a napomoci k implementaci agrolesnických systémů v oblasti, které následně povedou k větší udržitelnosti celého produkčního systému v regionu Ucayali.

---

<sup>2</sup> Pucallpa je hlavní město regionu Ucayali

<sup>3</sup> Kokainovník pravý (*Erythroxylon coca*)



## 2 AMAZONIE

Následující kapitola přiblíží základní charakteristiky amazonské oblasti a problémy, kterým čelí. První část pojedná o obecných charakteristikách Amazonie, jako je geografie, populace a půda. Druhá část se zaměří na peruánskou Amazonii.

### 2.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY AMAZONIE

#### 2.1.1 Geografie a populace

Region Amazonie je srdcem vlhkých tropických oblastí Jižní Ameriky a je obklopen Bolívií, Brazílií, Columbií, Ekvádorem, Francouzskou Guayanou, Guyanou, Peru, Surinamem a Venezuelou. Amazonské povodí se rozkládá na ploše 6 831 314 km<sup>2</sup>, což odpovídá 47% celkové plochy uvedených zemí. Amazonská pánev zabírá 60% z celkové rozlohy Peru, 55% Brazílie, 48% Ekvádoru, 35% Kolumbie, 33% Bolívie, 19% Guyany, 6% Venezuely a 5% Surinamu.

Potřeba zajistit potravu pro místní obyvatelstvo, absorbovat přírůstek obyvatelstva, položit ekonomický základ pro regionální rozvoj, získat další produkci s cílem snížit národní deficit a integrovat a obydlet národní teritorium, vedle Brazílie, Kolumbie, Peru a Bolívie k tomu, aby aktivně podporovalo migraci do amazonského regionu. Tento proces není nový, ale zintenzivnil se během posledních dvaceti pěti let. I přesto zůstává amazonská oblast převážně nedotčená, protože se migrace a kolonizace odehrává převážně podél hlavních toků, cest a větších měst.

Data, která se týkají populace, nejsou moc přesná, ale ukazují velice nízkou hustotu obyvatelstva (Tabulka č. 1). Populace je koncentrovaná v malých městech v úpatí And, ve vysoko položené džungli a v malých až středně velikých městech (Iquitos v Peru, Manaus a Belén v Brazílii). Hustota obyvatelstva na pobřeží a v pohoří And je 10 až 40-krát vyšší, než v amazonském regionu.

Tabulka č. 1: Hustota obyvatelstva ve vybraných zemích Amazonie

Země	Pobřeží [osoby/km <sup>2</sup> ]	Hory [osoby/km <sup>2</sup> ]	Amazonie [osoby/km <sup>2</sup> ]	Celkem [osoby/km <sup>2</sup> ]
Kolumbie	56.6	46.2	2.0	24.5
Ekvádor	56.4	54.2	1.3	29.9
Peru	75.4	17.9	2.9	14.6

Zdroj: Sustainable agricultural systems in the humid tropics of South America, 1990

Celková populace Amazonské pánve je okolo 15 milionů a počty obyvatelstva se mezi jednotlivými zeměmi významně liší. Z uvedených zemí žije v amazonském regionu nejvíce obyvatel v Peru (11.9%) (Tabulka č. 2).

Tabulka č. 2: Obyvatelstvo ve vybraných zemích Amazonie

Země	Celkem	Pobřeží [%]	Hory [%]	Amazonie [%]
Kolumbie	27 456 026	38.6	59.0	2.4
Ekvádor	8 060 712	49.8	48.0	2.2
Peru	28 734 543	51.5	36.6	11.9

Zdroj: Sustainable agricultural systems in the humid tropics of South America, 1990

### 2.1.2 Klima a úhrny srážek

Obecně je známo, že je klima amazonského deštného pralesa horké a vlhké po celý rok, ale v jednotlivých oblastech existují značné rozdíly v teplotě i srážkách. Noční teploty v podhůří And nebo ve vyšších polohách džungle klesají k 15°C až 16°C a denní teploty mohou dosáhnout 28°C až 30°C, což vyhovuje mnoha pěstovaným plodinám.

Na druhou stranu mohou vykazovat některá rovinatá místa v Amazonii velice malé rozdíly mezi denní a noční teplotou s měsíčním průměrem 30°C. To může vyhovovat určitým druhům plodin, ale naopak je to překážkou pro ostatní druhy. Roční průměrné teploty se obvykle pohybují v rozmezí 20°C až 22°C pro vysoko položenou džungli a 28°C pro nízko položenou džungli.

Dešťové srážky nedosahují stejné intenzity ve všech částech deštného pralesa. V některých oblastech může úroveň srážek dosahovat nízkých hodnot – 800 mm za rok a v jiných vysokých hodnot – až 5 000 mm za rok, většina oblastí ale dosahuje ročních dešťových srážek 1 500 až 3 500 mm. Většina dešťových srážek spadne během devíti měsíců a zbylé tři měsíce vykazují méně než 100 mm za měsíc (období sucha). Takovéto rozložení dešťových srážek není limitujícím faktorem pro víceleté plodiny, ale naopak omezuje pěstování jednoletých plodin.

### *2.1.3 Původní zemědělské systémy*

Půdy v Amazonii jsou kyselé, mají nízké hodnoty živin, a tedy také malou úrodnost. Existují ale velké rozdíly na regionální a lokální úrovni. Nejlepší druhy půd, z pohledu zásoby živin, se nachází v podhůří And a kolem řek, kde se tvoří nivní půdy.

Původním zemědělským systémem v Amazonii je systém střídavého hospodaření. Většinou jsou plodiny pěstovány s rýží nebo kukuřicí v kombinaci s maniokem nebo banánovníky, ale mohou zahrnovat i další druhy plodin. Pokud je střídavé hospodaření praktikováno v blízkosti větších měst, celý systém ovlivňují také socioekonomické aspekty a jsou pěstovány agrolesnické plodiny, které se dají prodat na místních trzích (Villachica a kol., 1990).

## **2.2 PERUÁNSKÁ AMAZONIE**

Jak uvádí White a kol. (2005a), téměř 60% celkového národního území Peru tvoří Amazonie. I když je tato část relativně velká, amazonská část Peru je výrazně jiná a izolovaná od zbytku země. Chladnější pohoří a sušší pobřežní regiony na západě jsou velkým kontrastem od horkého a vlhkého tropického pralesa. Po mnoho let ztěžovalo pohoří And přístup do nižších poloh Amazonské oblasti, ale nové cesty a zrekonstruovaná letiště urychlily změny v krajině.

### *2.2.1 Obyvatelstvo a půdní systémy*

V amazonské části žije relativně malá část obyvatelstva, ale i přesto způsobuje tato část populace, která praktikuje extenzivní ekonomické aktivity využívající půdu, relativně silné vlivy na biodiverzitu a životní prostředí. Úhorové zemědělství, těžba dřeva, chov dobytka

a komerční rybaření mají významný dopad na zásobu přírodních zdrojů. Nejviditelnější z těchto dopadů je odlesňování. Z údajů FAO z roku 2005 vyplývá, že ze 68.5 milionů ha zalesněné plochy bylo přibližně 7.34 milionů ha odlesněno.

Produktivita využívání přírodních zdrojů Amazonie není dlouhodobá. Těžba dřeva i zemědělské aktivity jsou limitovány regenerativní schopností. Po tom, co je les přetvořen na zemědělskou půdu, se snižuje úroveň půdních živin kvůli vysokým dešťovým srážkám, invazivním druhům plevelů a pěstování zemědělských plodin.

Postupy úhorového zemědělství jsou používány k obnově půdní produktivity a jsou udržitelné pouze tehdy, když má úhorová perioda dostatečně dlouhou dobu. Obvykle je potřeba 15 až 30 let, než se obnoví původní vlastnosti půdy. Ale s tím, jak hustota populace roste a velikost farem se zvětšuje, jsou drobní farmáři přinuceni zkrátit úhorové cykly a tím snížit schopnosti půdy se znova obnovit (Boserup, 1965; Smith a kol. 1999; cit. v White a kol. 2005a).

Pro farmáře je typické, že dávají přednost rozšíření svojí zemědělské produkce před investováním do zlepšených půdních vlastností a používáním hnojiv. Na jeden hektar půdy v peruánské Amazonii je třeba 50 kg hnojiv a lze je obdělat ve dvou pracovních dnech.

I když již existuje mnoho technologií, které by mohly zmírnit environmentální dopady zemědělských praktik a umožnit intenzivnější a udržitelnější zemědělské postupy, je třeba vyvinout takové, které se zabývají také finanční proveditelností a které počítají s tím, že farmář používá omezené množství disponibilních zdrojů (půda, práce, kapitál) (White a kol., 2001; cit. ve White a kol., 2005a).

Drobní farmáři také čelí marketingovým výzvám. Tržní ceny jsou tradičně nízké a často se mění. Málo vyvinutá místní a regionální síť infrastruktury izoluje amazonský region od zbytku země a zvyšuje tržní ceny. Aby mohlo být s místními produkty obchodováno na mezinárodních trzích, je nutné je dopravit po řekách nebo přes jedny z nejvyšších hor světa. Tyto podmínky demotivují farmáře, protože snižují jejich šanci na úspěch v globální konkurenci.

### 2.2.2 Odlesňování a strategická opatření

Růst populace a změny ve využití půdy v peruánské Amazonii vedou často k sociálním tlakům. I když mohou být tyto oblasti málo rozvinuté, neznamená to, že jsou neobydlené. Těžba dřeva a osidlování někdy ohrožují půdu místních skupin, které v oblasti dlouhodobě žijí. S rostoucími požadavky na drážbu půdy dochází ke sporům a celkovému sociálnímu tlaku. Ale prvními, kdo získají z pralesa dřevo vysoké kvality, jsou ve většině případů těžaři. Někdy je k těžbě potřeba formální povolení, často je ale dřevo těženo ilegálně i za použití forem nátlaku.

Snahy na zlepšení těchto trendů jsou v procesu. Peruánská vláda a nevládní organizace se snaží vyjasnit zákonná práva původních amazonských obyvatel a pořádají fóra na urovnání sporů. Vláda a kontrola nad přírodními zdroji v peruánské Amazonii není vždy transparentní a spravedlivá. Odlehlost Amazonie ve spojení s centralizovaným způsobem rozhodování hlavního města Limy komplikují rozvoj transparentních vládních politik a jejich odpovídající implementaci.

Vzhledem k tomu, že Peru v současné době prochází procesem decentralizace vládních zodpovědností, naplánované změny nejde provést vždy hladce, protože se mnoho rozdílných zájmových skupin snaží daná rozhodnutí ovlivnit. Například alokace fondů je v působnosti více vládních sektorů jako zemědělství, lesnictví, vzdělávání, zdravotnictví a doprava. Ale to, jak ovlivní změny ve vládních prioritách dlouhodobou zásobu lesních zdrojů, životní úroveň farmářů a původních obyvatel a ekonomický blahobyt celého regionu, je zatím neznámé (White a kol., 2005a).

### 3 AGROLESNICKÉ SYSTÉMY

Definice agrolesnických systémů existuje celá řada, tato kapitola uvede některé z nich, včetně těch nejpoužívanějších. Mnoho autorů se také pokusilo o jejich dělení, záleží přitom, dle jakého kritéria je toto dělení provedeno. Tato kapitola také pojedná o klasifikacích, které popisují způsob zapojení stromů do hospodaření na farmách. Na závěr jsou shrnuty kladné a záporné efekty těchto systémů na půdu a celý systém hospodaření.

#### 3.1 DEFINICE AGROLESNICKÝCH SYSTÉMŮ

Zvýšený růst světové populace vyvolal tlak na nalezení alternativ k běžným produkčním systémům. Udržitelné zemědělské metody byly vyvíjeny jako odpověď tohoto tlaku a staly se primárním zájmem pro mnoho vědeckých výzkumníků. Agrolesnictví je udržitelný systém, který je dostatečně flexibilní i různorodý (Lehmkuhler a kol., 1999, s. 267).

Agrolesnické systémy jsou antropogenního charakteru a slouží především potřebám lidí, a to ať už zahrnují prvek stromů, které jsou začleněny do zemědělského systému nebo zemědělského prvku začleněného do lesnického systému (Ashton a Montagnini, 1999).

Agrolesnickým systémům již bylo věnováno mnoho pozornosti ze strany politiků i dalších činitelů pro jejich schopnost významně přispět k ekonomickému růstu, snížení chudoby a environmentální udržitelnosti. V mnoha oblastech rozvojového světa, kde agrolesnické systémy prokázaly svůj agronomický potenciál, však ještě nebyly příliš osvojeny (Vosti a kol., 1998, s. 195).

Přes mnoho pokusů o nalezení definice agrolesnictví, se stala nejrozšířenější ta z poloviny osmdesátých let od *The International Centre for Research in Agroforestry* (ICRAF): agrolesnictví je souhrnný název pro systémy a technologie řízení využití půdy, ve kterých jsou víceleté dřeviny (stromy, křoviny, palmy, bambus apod.) záměrně pěstovány společně se zemědělskými plodinami a/nebo zvířaty, a to v různých prostorových a časových uspořádáních (Dawkins, 1997). V agrolesnictví jsou mezi různými složkami oba druhy vzájemného působení – ekologické i ekonomické.

Agrolesnické systémy začleňují stromy do zemědělských nebo farmářských aktivit a to z mnoha důvodů. Ty mohou zahrnovat produkci dřeva, potravin nebo ovoce, ale také nepřímé vlivy jakými jsou zvýšený obsah půdních živin, mikroklimatické změny, ochrana půdy nebo zlepšení celkového vzhledu krajiny (Cabanettes a kol., 1999, s. 169).

Leakey (1997, s. 5) definuje agrolesnictví jako dynamický ekologicky orientovaný systém řízení přírodních zdrojů, který pomocí integrace pěstování stromů na zemědělských půdách a pastvinách rozšiřuje a zajišťuje produkci pro sociální, ekonomický a environmentální užitek.

Lehmkuhler a kol. (1999) řadí agrolesnické systémy do pěti skupin: ochranné lesní pásy, pobřežní pásy lesů, lesnické hospodaření, pěstování plodin mezi stromořadím (tzv. *alley cropping*) a lesnické pastevecké systémy (tzv. *silvopastoral system*).

Všechny tyto rozdílné pohledy na definici agrolesnických systémů mohou být rozděleny do dvou hlavních skupin, které rozlišují agrolesnictví na jedné straně jako přístup k využití půdy a na druhé straně jako soubor integrovaných půdních postupů (Sinclair a kol., 1999c, s. 15). Definice ICRAF odpovídá úrovni integrovaných půdních postupů a z tohoto důvodu je zaveden zastřešující koncept, rozdělený do dvouetapové definice:

První etapa vnímá agrolesnictví jako interdisciplinární přístup, který kombinuje víceleté dřeviny, léčivé byliny, zvířata a lidi a jejich vzájemnou interakci v systému hospodaření a lesnictví. Tato etapa se zaměřuje na ekosystém, který bere v potaz stabilitu, udržitelnost a rovnováhu celého systému využití půdy a to navíc v souvislosti s produktivitou. Ekologické a ekonomické aspekty jsou v této etapě také uvažovány.

Ve druhé etapě představuje soubor půdních postupů promyšlenou kombinaci stromů (včetně křovin, palem a bambusů) a zemědělských plodin a/nebo zvířat a to na stejném dílu půdy a během stejného časového úseku, při kterém vzniká významné ekologické a ekonomické působení mezi stromy a zemědělskými složkami (Sinclair, 1999b, s. 167).

## 3.2 DĚLENÍ AGROLESNICKÝCH SYSTÉMŮ

Hlavním cílem obecné klasifikace agrolesnictví je identifikovat rozdílné typy agrolesnických systémů, které existují a spojit ty, které jsou si podobné. Bylo provedeno více pokusů o klasifikaci agrolesnických systémů. Běžnými kritérii používanými pro jejich klasifikaci jsou: struktura (uspořádání prvků v prostoru), čas (uspořádání prvků v čase) a funkce (Ohlsson, 1999).

### 3.2.1 *Klasifikace dle Naira*

Nejzřejmější a nejjednodušší kritérium pro klasifikaci agrolesnických systémů představuje prostorové a časové uspořádání prvků, důležitost a role jednotlivých prvků, účel produkce nebo výstupů ze systému a sociální a ekonomické vlastnosti. Všechny tyto vlastnosti odpovídají struktuře systému, funkci (výstupu), socioekonomickému charakteru nebo ekologickému (environmentálnímu) dopadu. Tyto charakteristiky také odpovídají hlavnímu účelu klasifikačního schématu. Agrolesnické systémy proto mohou být kategorizovány dle následujícího souboru kritérií:

- Strukturální základ – vztahuje se na složení prvků, které zahrnují prostorové uspořádání dřevin, vertikální rozvrstvení všech prvků a časové uspořádání různých prvků,
- Funkční základ – vztahuje se na hlavní funkci nebo roli systému, která je obvykle zajištěna dřevinnými prvky (např. větrolamy, ochranné lesní pásy, ochrana půdy),
- Socioekonomický základ – vztahuje se na úroveň manažerských vstupů (nízké/vysoké vstupy), intenzitu nebo škálu manažerských a obchodních cílů (komerční, přechodné, existenční),
- Ekologický základ – vztahuje se na environmentální podmínky a ekologickou účelnost systémů, které jsou založeny na předpokladu, že určité druhy systémů jsou vhodnější pro některé ekologické podmínky, to znamená, že existují rozdílné druhy agrolesnických systémů pro suché, polosuché oblasti, tropické vrchoviny a nížiny apod.



Zatímco strukturální a funkční základy se obvykle pojí s biologickou povahou dřevinných prvků v systému, socioekonomické a ekologické základy se pojí s organizací systémů podle převládajících místních podmínek (socioekonomických nebo ekologických) (Lojka a Preininger, 2006, s. 18). Komplexnosti tohoto rozdělení odpovídá klasifikace dle Naira (1993), která je zobrazena v Tabulce č. 3.

Tabulka č. 3: Hlavní přístupy ke klasifikaci agrolesnických systémů a postupů

Kategorizace systémů založená na jejich struktuře a funkcích		Seskupení systémů (dle jejich rozšíření a řízení)		
Struktura (povaha komponentů, zvláště stromů)		Funkce (role a/nebo výstup prvků, zvláště stromů)	Agro-ekologická environmentální adaptabilita	Socio-ekonomická a manažerská úroveň
Povaha komponentů	Uspořádání komponentů			
<i>Agrisilviculture</i> (zemědělské plodiny a stromy včetně křovin/stromů a stromů)	<i>V prostoru</i> (prostorové) Hustě smíšené (domácí zahrady)	<i>Produkční funkce</i> Potraviny  Krmivo	<i>Systémy v/na</i>  Nížinaté humidní tropy	<i>Založená na úrovni technologických vstupů</i> Nízká úroveň (mezní)
	<i>Řídce smíšené</i> (např. většina systémů pastvin se stromy)	Palivové dříví  Další produkty (kromě dřeva)	Vysokohorské humidní tropy (nad 1 200 m. n. m.)	Střední úroveň  Vysoká úroveň
<i>Silvopastoral</i> (pastviny/zeměděl- ská zvířata a stromy)	Pásky stromů (vzdálenost na více než jeden strom)	Další produkty  <i>Ochranná funkce</i> Větrolam	Nížinaté subhumidní tropy (např. zóna savan v Africe)	<i>Založená na poměru nákladů/zisků</i> Komerční
<i>Agrosilvopastoral</i> (zemědělské plodiny, pastviny/zeměděl- ská zvířata a stromy)	Hraniční (stromy na okrajích parcel/polí)	Ochranný lesní pás  Ochrana půdy  Zachování vlhkosti	Vysokohorské subhumidní tropy (tropické vrchoviny, např. v Keni, Etiopii)	Střední (přechodná)  Existenční (zajištění živobytí)
Další (pěstování víceúčelových stromů, včelařství nebo akvakultura s pěstováním stromů atd.)	<i>V čase</i> (časové) Současné Průvodní Překrývající Sekvenční (oddělené) Přerušené	Zlepšení půdních vlastností  Stínění (pro zemědělské plodiny, zvířata, člověka)		

Zdroj: An Introduction to Agroforestry (1993)

### 3.2.2 Klasifikace dle Sinclaira

Sinclair (1999b, s. 174) navrhuje ve výsledcích svého výzkumu, který se věnoval obecné klasifikaci agrolesnických systémů, dvoufázovou klasifikaci, podle které rozdělil agrolesnické postupy na základě zapojení jednotlivých prvků v systému a převládajícího využití půdy – primární klasifikace (Tabulka č. 4) a na základě uspořádání, hustoty a různorodosti prvků systému – sekundární klasifikace (Tabulka č. 5).

Sinclair zachovává primární klasifikaci dle Naira z roku 1985, která je založena na zapojených prvcích v systému. Sinclair přitom rozlišuje mezi systémem, kde je půda hospodářsky obdělávána v kombinaci s pěstováním zemědělských dřevin a systémem, který začleňuje chov zvířat v kombinaci s pěstováním dřevin, které mohou být navíc následně využity jako pastva pro hospodářský dobytek (Tabulka č. 4).

K aktivitám pěstování plodin a chovu hospodářských zvířat navíc ale přidává dvě další kategorie a to pro kombinaci stromů (včetně lesů a zalesněných krajín) a lidí zapojených v systému. Využití stromů lidmi, jako pravidelně prováděné aktivity, je pro Sinclaira legitimní forma agrolesnictví.

Druhým kritériem použitým v primární klasifikaci je převládající využití půdy, v rámci kterého je zemědělská aktivita vykonávána. Mohou přitom nastat dva případy, které jsou pro využití půdy ze strany farmářů velice významné. V tom prvním je zemědělská půda a les zpravidla přímo ve vlastnictví nějaké autority nebo firmy, farmáři mají k půdě výhradní práva a hlavním výstupem lesního hospodaření je založení lesa.

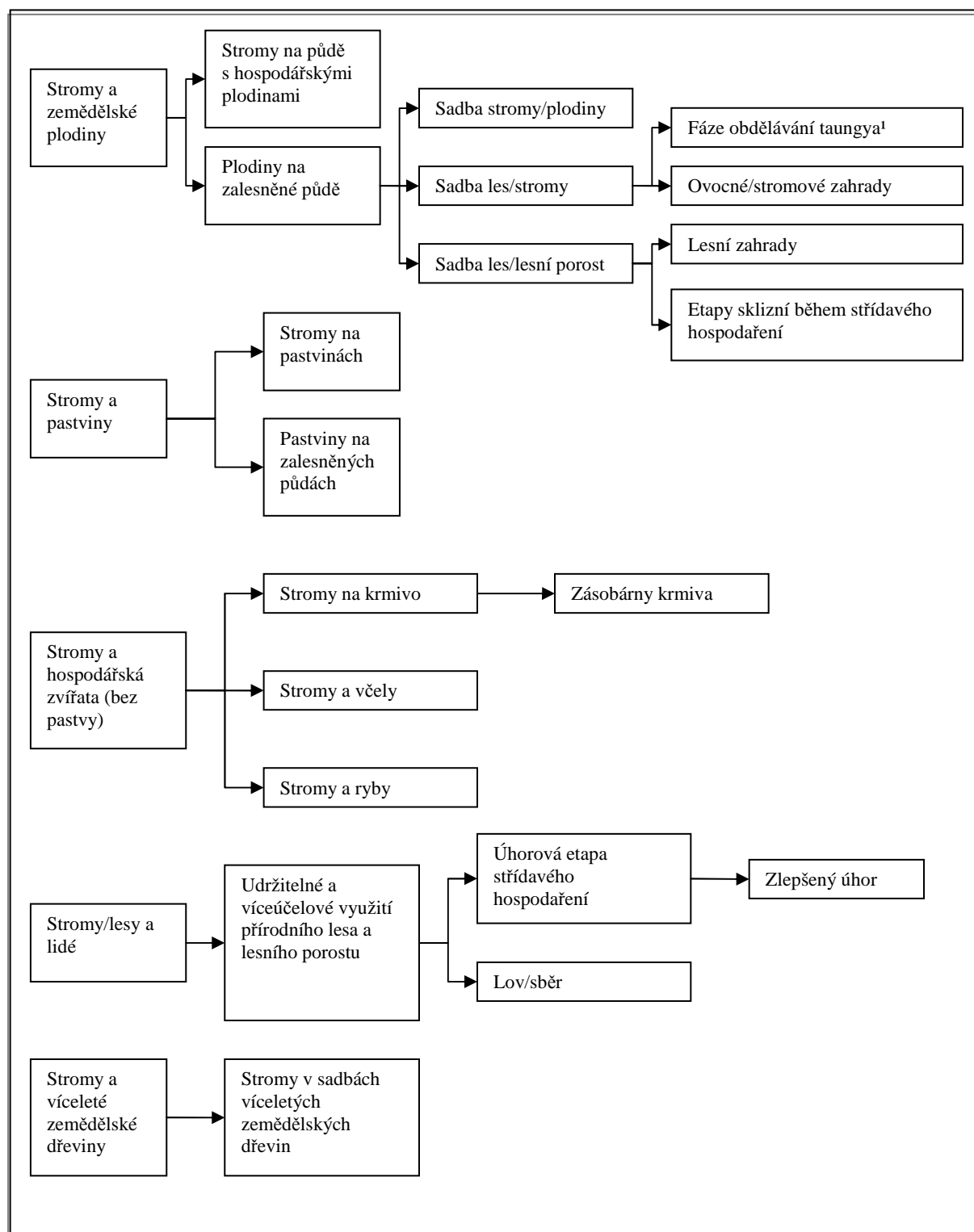
Ve druhém případě nemusejí mít nebo nemají farmáři držbu půdy a stromů zajištěnu a hlavním cílem využití půdy je zabezpečení potravy a příjmu ze zemědělských plodin pro celou domácnost farmáře.

Třetí typ kritéria se zaměřuje na použití prvků na půdě, na které je zemědělská aktivita vykonávána a rozlišuje mezi jednotlivými typy lesního porostu (přírodní vegetace, uměle vysazený les, pěstování stromů). Toto je důležité kritérium pro sdružování jednotlivých

zemědělských aktivit s podobnou výchozí ekologií rostlin i lesa, jako například využívání prvků přírodní vegetace při provádění agrolesnických praktik, a obzvláště v posledním době roste toto hledisko na významu.

V Tabulce č. 4 je agrolesnictví rozděleno do několika skupin hlavních typů na základě obou kritérií – ekologických i manažerských. Tyto obecné typy agrolesnických postupů jsou aplikovatelné napříč agrolesnickými oblastmi a jak již dříve poukázal Nair (1985), není vhodné do tohoto obecného schématu zařadit kritéria bioklimatická. Je ovšem velice jednoduché alokovat jednotlivé typy agrolesnických postupů v rámci bioklimatických regionů a můžeme například identifikovat zásadní rozdíly stejně jako podobnosti mezi agrolesnickými systémy ve Velké Británii a na Srí Lance.

Tabulka č. 4: Primární klasifikace agrolesnických postupů



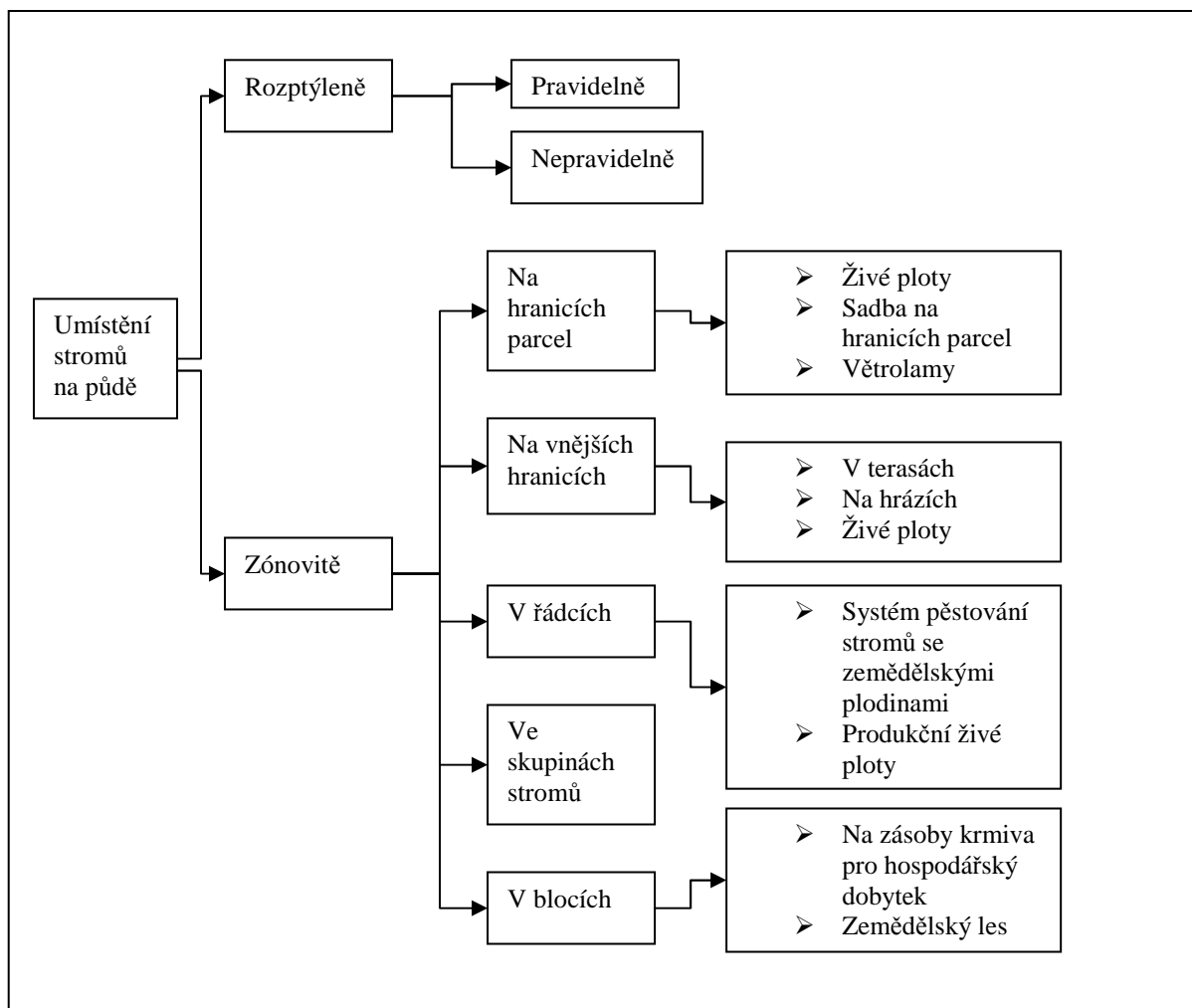
Pozn. č. 1: V tomto systému (tzv. *Taungya system*) jsou farmářům svěřeny parcely v degradovaných lesních rezervacích za účelem pěstování plodin a dřevin (Agyeman a kol., 2003, s. 40).

Zdroj: The Global Database of Agroforestry 1999b, s. 175

Po tom, co byly identifikovány hlavní typy agrolesnických postupů, je sekundární klasifikace dle Sinclaira založena podle uspořádání víceletých dřevin a stromů, které mohou být rozptýleny na všech zemědělských parcelách – tzn. s úzkou vazbou mezi stromy a zemědělskými plodinami. Stromy mohou být také rozmístěny v určitém druhu uspořádání v rámci zemědělské krajiny tak, že je uskupení jednotlivých stromů a plodin na jednotku území snížena. Popis daného rozdělení je v Tabulce č. 5.

V daném typu uspořádání stromů v rámci zemědělského hospodaření je tedy možné dospět k minimálnímu popisu agrolesnických postupů založených na hustotě a rozmanitosti druhů.

Tabulka č. 5: Sekundární klasifikace agrolesnických postupů



Zdroj: The Global Database of Agroforestry, 1999b, s. 176

### 3.2.3 Kategorie agrolesnických systémů dle Rao

Rao a kolektiv autorů (1998) rozdělují agrolesnické systémy na paralelní a sekvenční.

#### 1. Paralelní systémy se dělí na dva:

- systém stromů nebo živých plotů mezi obdělávanými parcelami (v anglickém jazyce označovaný jako tzv. *hedgerow intercropping* nebo v případě tropického agrolesnictví také označován jako tzv. *alley cropping*) – jedná se o systém, který zahrnuje pěstování plodin mezi řádky pravidelně prořezávaných dřevin.

Tento systém však nelze zaměňovat se systémem, kdy jsou plodiny pěstovány v prostorově náhodně uspořádaných řadách stromořadí neprořezávaných stromů – jde o systém, který je stále více označován jako agrolesnický systém živých plotů mezi obdělávanými parcelami v mírném pásmu.

- pěstební systém zemědělských plodin a stromů, parky (v anglickém jazyce označovaný jako tzv. *trees in cropland systeme, parkland*) – do této kategorie jsou zařazeny tři různé systémy a to:
  - i. Systém stromů rozptýlených po pozemku,
  - ii. Setba na hranicích parcel/pozemků,
  - iii. Pěstování jednoletých plodin mezi náhodně uspořádanými řádky stromů.

Vzájemné působení mezi stromy a plodinami roste s růstem hustoty stromů/plodin na pozemku a to z nízké hustoty na pozemcích s náhodně roztroušenými stromy po vysokou hustotu v pěstebním systému plodin se stromy.

#### 2. Sekvenční systémy – zlepšené úhory (tzv. *improved fallow*)

Ve zlepšených úhorech jsou na rozdíl od přírodních úhorů vybrané druhy stromů (léčivé byliny) pěstovány nebo udržovány pomocí systému řízení. Autoři rozlišují dvě kategorie pěstování stromů v úhorových systémech:

- Úhorové systémy s krátkou rotací – využívají rychle rostoucí druhy luštěninových stromů nebo dřevin. Jejich cílem je především obnova půdní úrodnosti a zajištění produkce potravin.
- Úhorové systémy se středně dlouhou až dlouhou rotací – využívají celou řadu pěstovaných plodin. Hlavním účelem těchto systémů je zlepšení degradovaných půd a zužitkování suroviny ze stromů.

Sázené úhory jsou vylepšenými přírodními úhory, ve kterých jsou jednotlivé rotace zkráceny pomocí výběru druhů stromů, jejich rozmístěním, hustotou a způsobem prořezávání. V systému rotace, kde po úhorové fázi se stromy následuje pěstování plodin, mohou být rozlišeny tři různé fáze:

1. Fáze obnovy (nebo úhoru) – stromy v úhoru akumulují zásoby živin v biomase daného stanoviště pomocí přírodního procesu, obnovují ztrátu živin (absorpce z hlubších vrstev půdy), snižují množství plevelů a patogenů a zlepšují další půdní parametry.
2. Fáze přenosu živin (ukončování fáze úhoru) – zásoba živin ve vegetaci je přidána do půdy pomocí ukončení fáze úhoru.
3. Fáze poklesu úrovně živin – živiny jsou vyčerpány sklizní plodin, množství plevelů a chorob může růst a půdní podmínky se zhoršují.

Stromy mohou být odstraňovány pro následující fázi, kdy se pěstují plodiny, dvěma technikami – pokácením a vypálením porostu nebo vykácením porostu a jeho využitím jako kompostu. Obě dvě techniky mají rozdílné efekty na půdní chemické, fyzikální a biologické procesy.

Nejnámějšími a nerozšířenějšími druhy agrolesnických systémů v rozvinutých zemích mírného pásma jsou systémy živých plotů a větrolamy (Herzog, 1998, s. 61). Dalším systémem, který je stále rozšířen v západní, střední i východní Evropě je tzv. *streuo* – jedná se systém, ve kterém se pěstují vysoké druhy stromů a různé typy ovoce, které jsou rozmístěny po pastvinách a loukách ve spíše nepravidelné skladbě (Lucke a kol. 1992, s. 10). Nejbohatší škála agrolesnických systémů se nachází v Číně a je to jediný region mírného pásma, který implementuje systém domácích zahrad – což je převážně tropický agrolesnický systém (Gordon a Newman, 1997).

### 3.3 AGROLESNICKÉ SYSTÉMY A POSTUPY V AMAZONSKÉ PÁNVI

Dle Lojky (2005, str. 41) existuje velká diverzita agrolesnických systémů v Amazonské pánvi, ale většina z těchto systémů patří k těm tradičním. Adopce zlepšených agrolesnických systémů je stále velice nízká. Oblast Amazonie, která je charakteristická horkým a vlhkým klimatem po většinu roku a stále zelenou vegetací, je jedním z nejdůležitějších ekologických regionů ve smyslu diverzity agrolesnických systémů.

Je obecně známo, že postupy, které mohou být označeny jako agrolesnictví, jsou běžné u mnohých původních kmenů Amazonie i běžných farmářů (Padoch a de Jong, 1995). Nicméně agrolesnické postupy mezi amazonskými domorodými kmeny vykazují rozdílné charakteristiky a zajišťují celou škálu rozdílných produktů a služeb. Vzhledem ke klimatickým podmínkám, které přispívají k rychlému růstu celé řady rostlinných druhů, je možno rozlišit různé typy agrolesnických praktik v oblastech s vysokou hustotou populace, zvláště kolem center s vyšší populací. Pro tyto regiony jsou typické různé druhy domácích zahrad, kombinace pěstovaných zemědělských plodin a tzv. *multistrata*<sup>4</sup> systémů.

V oblastech s nižší hustotou populace je převládajícím agrolesnickým postupem systém střídavého hospodaření, ale také další druhy systémů, jako pěstování stromů na pastvinách, zlepšené úhory a mnoho účelné lesní porosty (Nair 1993). Běžné agrolesnické systémy by se tedy daly shrnout takto:

- systém střídavého hospodaření,
- zlepšené úhory,
- *taungya* (více viz Tabulka č. 4),
- domácí zahrady, lesní zahrady a další *multistrata* systémy,
- kombinace pěstovaných zemědělských plodin.

---

<sup>4</sup> Stromové zahrady *multistrata* – jde o územně smíšené agrisilvikulturní systémy, které jsou využívány v oblastech s úrodnou půdou, dobrou dostupností práce a vysokými populačními tlaky. Tento systém zahrnuje dřevinné prvky různých forem a lokalit růstu; bylinné prvky v tomto systému obvykle zahrnuté nebývají nebo patří k druhům, které jsou tolerantní vůči stínění. Tvoří je mnohodruhová, několikavrstevná hustá rostlinná společenství, které nemají organizované pěstební uspořádání (Lojka a Preininger, 2006, s. 24).



V Amazonské pánvi existují dvě půdní formy (zaplavované oblasti, náhorní plošiny), ze kterých vyplývají velice rozdílné způsoby využívání půdy. Hlavní omezení pro pravidelně zaplavované oblasti v blízkosti řek představuje riziko zaplavování půd a limitující omezení doby, která je potřeba pro obdělání půdy (de Jong 1995). Hlavní omezení pro vysočiny, které nejsou ohrožovány záplavami, pak představuje velice nízká úrodnost půd. Sezónně zaplavované půdy vhodné pro zemědělství pokrývají omezenou plochu a farmáři si konkurují při hospodaření na těchto půdách nebo jsou nuceni praktikovat zemědělství na výše položených neúrodných půdách.

Kácení deštného lesa v Amazonské pánvi v míře, která převyšuje přírodní nebo řízenou regeneraci je častým problémem. To způsobuje zkrácení úhorových fází v systémech střídavého hospodaření a urychluje erozi půd. Z těchto důvodů je proto pro budoucnost strategií využívání půd v této oblasti potřeba rozvinout potenciál vhodných agrolesnických systémů, které dokážou bojovat s těmito problémy.

Agrolesnické systémy v peruánské Amazonii byly studovány de Jongem (1995) ve dvou typických vesnicích u řeky Ucayali. Nejrozšířenější typ – lesní zahrady, byl velice variabilní a byl charakteristický převládající stromovou vegetací. Pěstovanými dřevinnými druhy byly převážně původní ovocné stromy (*Bactris gasipes*, *Inga edulis*, *Mauritia felxuosa*, *Pourouma cecropiifolia*, *Pouteria caimito*, *Poraqueiba sericea*) nebo dřeviny (*Cedrela odorata*, *Calycophyllum spruceanum*).

Pracovní činnost v tomto typu agrolesnického systému je uskutečňována nepravidelně a po dobu krátkých časových úseků. Hlavními činnostmi je pletí a sklizeň a úrovně produkce a pracovních investic jsou nízké. Většina sklizené produkce je primárně určena pro spotřebu domácnosti farmáře. Jen malá část produkce je obchodována na trhu. Tento typ agrolesnických systémů je spojen pouze s malým rizikem, protože je možno investovat jen velice omezeně a lze přijít jen o malou část zisku.

Původní komunity obyvatel mají dlouhou zkušenost především s původním žďárovým zemědělstvím v kombinaci s domácími zahradami. Farmáři pěstují vybrané stromy v druhotné vegetaci úhorové fáze, obvykle se jedná o původní druhy ovocných stromů nebo dřevin. Nově se jedná také o pěstování zemědělských plodin (obzvláště kakaovník a kávovník) společně s ovocnými stromy/dřevinami (např. *Inga Edulis*), které poskytují potřebný stín (TCA, 1997).

### 3.4 VYUŽÍVÁNÍ PŮDY V AGROLESNICKÝCH SYSTÉMECH

Hospodaření v agrolesnických systémech je spojeno s různými druhy přímých i nepřímých efektů na půdu. Jejich vliv a intenzita se navíc mění dle různých klimatických pásem. Tato kapitola uvádí také hlavní rozdíl mezi sekvenčním a paralelním systémem, ve kterém hraje důležitou roli konkurence mezi stromy a pěstovanými plodinami.

#### *3.4.1 Využívání půdy v agrolesnických systémech*

Z uvedených definic agrolesnictví vyplývá, že existují celkem čtyři úrovně uspořádání, které klasifikují, jakým způsobem jsou stromy zapojeny do hospodaření na farmách:

1. jako jeden celek v rámci celého systému,
2. dle způsobů využití půdy (závisí na typu půd s rozdílným potenciálem využití),
3. dle komplexnosti postupů (skupiny složek – stromy, zvířata nebo plodiny, které jsou řízeny společně),
4. dle souborů postupů v místě a čase (rotace, kde po jedné skupině složek následuje další) (Sinclair, 1999, s. 169).

Faktory, které obvykle ovlivňují způsoby využívání půdy, zahrnují:

1. vzdálenost od obydlených oblastí nebo další infrastruktury,
2. půdní typ (nadmořská výška, sklon, poloha, přístup k zavlažování, úrodnost),
3. převládající využití půdy – lesní půdy mohou mít zcela rozdílný potenciál využití než půdy, ze kterých byly stromy odstraněny,
4. vlastnictví půdy – obdělávání půdy se může značně lišit v případě, kdy jsou farmáři jejími majiteli a mají k ní vlastnická práva od případů, kdy mají půdu pouze najatou nebo nejsou jejími majiteli,
5. dočasné soubory postupů – rotace stromů s delšími cykly je základním rysem agrolesnictví,
6. prostorové skupiny postupů – je také užitečné identifikovat prostorové vztahy mezi některými postupy, a to v případech, kdy je funkčnost jednoho postupu prostorově ovlivněna jiným postupem,

7. hospodářská zvířata – hospodářská zvířata se mohou objevovat v různých systémech hospodaření a podílet se na transferu zdrojů mezi různými kategoriemi půdního využití (Sinclair, 1999, s. 174)

### 3.4.2 *Efekty na půdu*

Agrolesnické postupy nabývaly na významu především v těch oblastech, kde mají půdy limitované množství živin a to vzhledem k tomu, že mohou zachytit více živin nebo jich využít užitečněji než jednoleté pěstební systémy (Szott a Melendez, 1999, s. 126).

Rao a kol. (1998, s. 4) se zabývali biofyzikálními interakcemi, ke kterým dochází v tropickém agrolesnickém systému. Vzájemné interakce definovali jako efekty jednoho komponentu systému, který přináší změnu druhého komponentu a/nebo celého systému (Nair, 1993). Studie vzájemných vztahů v agrolesnictví vyžaduje zkoumání celého komplexu procesů, které jsou shrnuty v Tabulce č. 6:

Tabulka č. 6: Hlavní procesy interakcí mezi stromy, půdou a plodinami v agrolesnických systémech

Povaha interakce	Proces
<b>Půdní úrodnost – chemická interakce</b>	
Uhlík	Zvýšení organické půdní hmoty humusem, kořenovou výměnou a začleněním větví z prořezávání stromů a zbytků plodin
Dusík	Zvýšení objemu půdního dusíku: <ul style="list-style-type: none"> <li>- fixací dusíku</li> <li>- zachycení půdního dusíku uloženého hluboko v půdě</li> <li>- snížení jeho vylučování</li> </ul>
Fosfor	Transformace málo dostupných forem anorganického fosforu do forem, které mohou rostliny lehce vstřebávat
Kationy (Ca, Mg, K)	Přemístění v půdním profilu
Hliník	Organické kyseliny vázající hliník Lokalizace hliníkových detoxikací
<b>Půdní úrodnost – fyzikální</b>	Zlepšení půdních agregátů, pórovitosti a pojivosti
	Snížení hustoty půdní hrudkovitosti
	Rozbití ztuhlých půdních vrstev
<b>Půdní úrodnost – biologická</b>	Vytvoření půdní mikrofauny a mikrobiálních společenstev
	Redukce/zvýšení půdních škůdců a chorob
<b>Konkurence</b>	Dělení o zdroje růstu mezi stromy a plodinami: světlo, voda a živiny

<b>Mikroklima</b>	Stínění: snížení teploty půdy a vzduchu
	Ochrana před větrem
	Zadržování dešťových srážek a jejich distribuce
<b>Ochrana</b>	Snížení půdní eroze
	Snížení vyluhování živin
<b>Biologický aspekt: plevel</b>	Snížení celkového zaplevelení půdy
	Změny v druzích plevelů
	Vyhynutí roční zásoby semen plevelů
<b>Choroby a škůdci</b>	Snížení/zvýšení parazitů/populace škůdců
<b>Alelopatie<sup>5</sup></b>	Růst rostlin, které ovlivňují chemické látky v půdním prostředí

Zdroj: Biophysical interactions in tropical agroforestry system, 1998, s. 5

Všechny procesy uvedené v Tabulce č. 6 je ovšem možné zjednodušit, pokud vztahy zkatégorizujeme dle nejdůležitějších faktorů (Akyeampong a kol., 1995, cit. v Rao a kol. 1998, s. 5), které jsou tyto:

1. Půdní úrodnost (U), která zahrnuje:
  - a. půdní chemické působení,
  - b. půdní fyzikální působení,
  - c. půdní biologické působení.
2. Konkurence (K), která zahrnuje:
  - a. zásoby půdní vody,
  - b. půdní živiny,
  - c. sluneční záření.
3. Mikroklima (M).
4. Choroby a škůdci (CH), kam patří:
  - a. plevele,
  - b. hmyz,
  - c. choroby.

<sup>5</sup> Alelopatie – jedná se o nepříznivý vliv jedné rostliny na druhou způsobený produkty látkové výměny (Řeháková a kol., 2008, s. 119), který vyvrcholuje tím, že jeden rostlinný druh vytěsňuje ze svého území jiný druh.

5. Ochrana půdy (O).
6. Alelopatie (A).

V obecné rovině je možné interakce (I) na výnosy plodin ve dvou hlavních skupinách agrolesnických plodin rozdělit na následující dvě:

1. Paralelní systémy, kde:  $I = U + K + M + CH + O + A$
2. Sekvenční systémy, kde  $I = U + M + CH + O + A$

kde:

U – zahrnuje půdní chemické působení, půdní fyzikální působení a půdní biologické působení,

K – zahrnuje zásoby půdní vody, půdní živiny a sluneční záření,

CH – zahrnuje plevely, hmyz a choroby.

Důležitý rozdíl mezi oběma skupinami systémů je absence konkurence (K) v sekvenčních systémech, kde je vzájemné působení mezi plodinami a stromy nepřímé, na rozdíl od paralelních systémů, kde je přímé. Konkurence o půdní živiny, která se odehrává mezi jednotlivými druhy stromů a mezi stromy a plevely během úhorové fáze nebude mít žádný vliv na plodiny pěstované následně na stejném díle půdy.

Na malých farmách mohou rozdíly mezi paralelními a sekvenčními systémy ztratit svůj význam, protože prostorové vazby a hraniční efekty mezi parcelami se odehrávají v jemnějších strukturách (Rao a kol., 1998, s. 7).

Z Tabulky č. 7 je možné vyčíst čistě efekty na výnosy plodin, které vznikají za přítomnosti vzájemného působení mezi stromy, půdou a plodinami. Efekty jsou uvedeny pro agrolesnický systém využívající stromy, které jsou pěstovány mezi obdělávanými parcelami a to v rozdílných klimatech (za předpokladu mírně úrodných půd).

Tabulka č. 7: Efekty na výnosy plodin

Proces	Polosuchý	Polovlhký	Vlhký
Dostupnost živin	Pozitivní (M → V)	Pozitivní (V)	Pozitivní (V)
Půdní změny - chemické	Pozitivní (M)	Pozitivní (M)	Pozitivní (V)
Půdní změny - fyzikální	Pozitivní (M → V)	Pozitivní (M → V)	Pozitivní (M → V)
Půdní změny - biologické	Neutrální	Pozitivní (M → V)	Pozitivní (V)
Ochrana půdy	Pozitivní (M → V)	Pozitivní (V)	Pozitivní (V)
Dostupnost vody	Negativní (V)	Neutrální/negativní (M)	Neutrální
Stínění	Neutrální	Negativní (M)	Negativní (V)
Mikroklimatické změny	Pozitivní (M)/neutrální	Neutrální	Neutrální
Redukce plevelů	Pozitivní (M)	Pozitivní (V)	Pozitivní (V)
Výnosy plodin	Negativní (M → V)	Pozitivní (M → V)	Pozitivní (M → V)

Pozn.: M – malé změny, V – veliké změny

Zdroj: Biophysical interactions in tropical agroforestry system, 1998, s. 7

Buresh a Tian (1998) uvádějí, že stromy mohou potencionálně zlepšit vlastnosti půdy vlivem četných procesů, jako jsou zvýšení půdní organické hmoty, biologická fixace dusíku, příjem živin, které jsou pod úrovní kořenové absorpce rostlin, zvýšení infiltrace a zásob vody, snížení kyselosti půdy a zlepšení biologické půdní aktivity (Young, 1997). Tyto procesy jsou obecně více zkoumány a vyhodnoceny pro paralelní agrolesnické systémy, než pro sekvenční systémy jako úhorové systémy se stromy (Buresh a Tian, 1998, s. 52).

Nicméně, jak uvádí Anthofer a kol. (1998, s. 1), pozitivní efekty agrolesnických systémů se vztahují především k vlhkým tropickým podmínkám, kde jsou ve vysokých průměrných teplotách s trvalým přísunem srážek optimální podmínky pro rychlý rozklad (Budelman, 1998; cit. v Anthofer a kol., 1998, s. 1). Hromadění stromové biomasy a nutričních látek je obecně méně deklarováno v suchých, polosuchých a horských oblastech, ale dostupná data jsou omezená.

Na druhou stranu, s rostoucí hustotou stromů, jejich velikostí a schopností zachytit zdroje, se může projevit silná konkurence pro světlo, vodu a živiny a může dojít ke snížení výnosů plodin. To jistě není úmysl farmáře a tento efekt může vzniknout špatným výběrem plodin a řízením (García-Barrios a Ong, 2004, s. 222).

### 3.5 VÝZKUM AGROLESNICKÝCH SYSTÉMŮ

V této kapitole bude popsán vývoj agrolesnického výzkumu, od prvotního výzkumu, přes výzkumné cíle současného výzkumu až po budoucí orientace tropického agrolesnického výzkumu. Ve druhé části bude uveden přehled metod hodnocení agrolesnických systémů.

Organizovaný agrolesnický výzkum v tropických a subtropických oblastech začal v polovině 80. let založením ICRAF (International Council for Research in Agroforestry<sup>6</sup>). Výzkum započal indukčním a empirickým přístupem, po kterém následoval deduktivní a experimentální přístup, který zahrnuje testování hypotéz a předpovědi budoucího vývoje. Z agrolesnického výzkumu se tak postupem času stala rigorózní vědecká aktivita.

Výzkum se zaměřil na úrodnost půdy a na další biofyzikální jevy, méně už na antropologické a sociologické aspekty, a nejméně se věnoval hodnocení nákladů a zisků, škůdcům a nemocím a produktům získávaným z lesa (kromě dřeva). Také obecnější témata jako kvalita vody a zachování biodiverzity byly zanedbány, protože se výzkum primárně zaměřoval na terénní studie a studie na úrovni farmy (Nair, 1998, s. 224).

K rozvoji agrolesnických systémů dochází v polovině sedmdesátých let a to v souvislosti s těmito faktory:

- Existence agrolesnictví jako konceptu (již ne postupu),
- Důraz na komerční hledisko a monokulturní způsob pěstování v zemědělském a lesnickém rozvoji (zelená revoluce<sup>7</sup> a plantážní lesnictví),
- Vážné problémy způsobené hladem a podvýživou,

---

<sup>6</sup> Hlavním cílem ICRAF je vést agrolesnický výzkum v oblasti snižování odlesňování tropického lesa, půdní degradace a venkovské chudoby pomocí vhodných agrolesnických systémů. Jeho cílem je iniciovat a asistovat ve vytváření a rozšiřování vhodných agrolesnických technologií pro farmáře, kteří nemají dostatek zdrojů a pro další aktéry, kteří využívají půdu.

<sup>7</sup> Zelená revoluce je vývojová etapa zemědělství v rozvojových zemích od 50. let 20. století, kdy bylo usilováno o cílevědomé zvyšování výnosů zemědělských plodin (Kuboš, 2008, s. 21). Zahrnuje soubor metod používaných v zemědělství, které zahrnují zavedení mechanizace, používání umělých hnojiv a používání nově vyšlechtěných výnosnějších a odolnějších odrůd zemědělských plodin (kukuřice, pšenice, rýže).

Zelená revoluce byla v globálním měřítku úspěšná, v jednotlivých regionech však přinesla různé výsledky. Téměř nedotčeny zůstaly oblasti subsaharské Afriky a hornaté oblasti Latinské Ameriky a Asie. Největšího úspěchu naopak bylo dosaženo v nejlidnatějších zemích světa – Indii a Číně (Jeníček a Krepl, 2002, s. 520).

- Vědecký rozvoj v celé řadě disciplín,
- Seriózní přehodnocení rozvojových alternativ.

### 3.5.1 Prvotní výzkum

První agrolesnický výzkum se vztahuje na období od poloviny 80. let do roku 1991, kdy byl ICRAF – hlavní agrolesnické výzkumné centrum – formálně přetransformován z Mezinárodní rady pro agrolesnický výzkum na Mezinárodní centrum pro agrolesnický výzkum, s čímž souvisela také změna jeho hlavního zaměření a strategie.

Prvotní iniciativy byly založeny na datech a předpokladech z dřívějšího výzkumu v blízkých oblastech jako agronomie, lesnictví, věda zabývající se půdou, ekologie, ekonomie a antropologie a byly podpořeny informacemi z úspěšných a realizovaných agrolesnických projektů (Nair, 1991; cit. v Nair, 1998, s. 225).

Dle Naira (1998) by se závěry výzkumu z tohoto období daly shrnout jako rozvoj:

1. agrolesnických konceptů a principů – tzn. položení základu pro budoucí oblasti výzkumu,
2. databází – například databáze agrolesnických systémů (Nair, 1989), stromů pěstovaných pro více účelů (von Carlowitz a kol., 1991), stromů fixujících dusík (MacDicken, 1994) a rozvoj výzkumných metodologií obecného charakteru – (Raintree, 1987) a (Avery a kol., 1990),
3. metodologií,
4. modelových technologií a jejich následného hodnocení – největší pozornost byla věnovaná tzv. *alley cropping*, což je pěstování stromů společně se zemědělskými plodinami (Kang a kol., 1990) na úkor jiných slibných technologií jako víceletých systémů poskytujících stín pěstovaným plodinám (Tejwani, 1994; Beer a kol., 1997), agrolesnictví na ochranu půdy (Young, 1989, 1997), pěstování stromů poskytujících krmivo pro hospodářská zvířata, sekvenční systémy s úhorovým vylepšením (ICRAF, 1997) a produkční systém poskytující palivové dříví.



### 3.5.2 Současný výzkum

Od roku 1991, kdy se z ICRAF stalo výzkumné centrum, začal stoupat význam empirického a agrolesnického výzkumu a ve většině případů deskriptivní informace z předešlých let uvolnily cestu teoretickým základům agrolesnictví.

Výzkumnými cíli současného výzkumu jsou:

- Agrolesnická věda:
  - hypotézy,
  - testování,
- Rozvoj technologií.

Oblasti výzkumu:

- Vysoká priorita:
  - zlepšení půdních podmínek a úrodnosti,
  - biofyzikální interakce,
  - návrhy systémů.
- Střední priorita:
  - sociální a antropologické aspekty,
  - stromy pěstované pro více účelů,
  - aspekty chovu zvířat.
- Nízká priorita
  - ekonomické hodnocení,
  - škůdci a choroby,
  - lesní produkce zaměřená na jiné produkty než ze dřeva,
  - obecnější témata:
    - kvalita vody,
    - zachování biodiverzity (Nair, 1998, s. 231).

### 3.5.3 Budoucnost

Směrnice charty ICRAF z roku 1977 stanovuje, že by měl agrolesnický výzkum vést ke snížení hladu a chudoby, zmírnění degradace životního prostředí, zvýšení objemu palivového dříví a zajištění krmiva pro zvířata.

Pokud je cílem agrolesnického výzkumu vyřešit problémy spojené s managementem půdy, pak by měly být snahy zaměřeny na vytvoření vhodných technologií. Vzhledem k tomu, že technologie nemohou být vytvořeny bez využití vědy, vědecké pochopení principů, které mohou být aplikovány, je tedy prvním krokem v procesu tvorby technologií. Rozumné vyvážení mezi základní vědou a aplikovaně orientovanou technologií by se mělo stát strategií pro agrolesnický výzkum v budoucnosti.

Dle Naira (1998) se bude tropický agrolesnický výzkum v budoucnu orientovat na:

➤ Oblast řízení, a to v oblastech:

- konkurence,
- komplexnosti,

pro:

- ziskovost,
- udržitelnost.

➤ Tvorbu technologií založených na vědeckých principech.

➤ Se speciálním důrazem na:

1. původní druhy stromů – domestikace a využití původních druhů stromů by se měly stát hlavním zaměřením agrolesnického výzkumu ve 21. století. Domestikace těchto druhů stromů by mohla napomoci k větším výnosům, zajistit vyšší kvalitu produktů, zvýšit komerční potenciál a především přispět k potravinové bezpečnosti místních obyvatel.
2. na „agro“ část agrolesnictví – slovo agrolesnictví je složeno ze dvou slov: „agro“ a „lesnictví“. V mnoha diskuzích, rozvojových a výzkumných iniciativách, je agrolesnictví vnímáno více jako část lesnictví než zemědělství. Ve skutečnosti ale nemá agrolesnictví ani aspekt zemědělství ani lesnictví. Agrolesnictví má (nebo by mít mělo) svoji vlastní identitu. Existuje široká

škála dalších témat souvisejících s výběrem plodin a řízením v agrolesnických systémech. Agrolesnictví by mělo ve 21. století zahrnout agronomické, stejně jako lesnické složky.

3. hodnocení dopadů – hlavním problémem, se kterým se potýká agrolesnický výzkum, je nedostatek komplexních, ověřených a široce aplikovatelných metodologií, které by realisticky zhodnotily zisky a dopady agrolesnických postupů. Tradiční agrolesnické systémy se vyvinuly za specifických místních podmínek, aby vyhověly základním požadavkům kladeným ze strany svých uživatelů.

Při agrolesnickém výzkumu je ale třeba, aby byly cíle specifikovány předem a výsledky byly následně kvantifikovatelné dle předem stanovených kritérií a porovnány se stanovenými cíli. Tak by mohly být agronomická a lesnická produktivita, zlepšení půdních podmínek, ochrana půdy, ekonomické výnosy i sociální benefity v agrolesnických systémech měřeny podle jednotlivých norem a postupů pro každý z parametrů.

Agrolesnické systémy mají mnoho cílů, produktů a služeb a úspěch celého systému není souzen pouze podle hodnot jednoho z faktorů, ale v kombinaci všech. Proto hodnocení, které se zaměřuje pouze na jeden nebo několik málo faktorů, které ovlivňují agrolesnické systémy bude částečné a neadekvátní.

Agrolesnické systémy jsou navíc ovlivňovány intervalovou povahou zisků. Potřebujeme měřítko, které by kombinovalo hodnoty všech produktů a služeb v různých časových periodách. Je nezbytné, aby se hlavní prioritou agrolesnického výzkumu ve 21. století stal rozvoj vhodných metodologií, které zahrnují ekonomické, sociální i environmentální náklady a zisky agrolesnictví.

4. metodické prostředí – rozvoj vhodných agrolesnických technologií tvoří jeden, možná dokonce první krok v prosazování agrolesnictví. Velice důležitá je rovněž podpora ze strany veřejných politik a institucí v oblasti implementace agrolesnických programů. Analýza zkušeností ze zemí Latinské Ameriky ukázala, že rychlá expanze a rozvoj zemědělství a lesnictví nastaly v momentě,

kdy byly zavedeny podpůrné veřejné programy pomocí vhodných subvencí, národních investic a adekvátního rozsahu programů (Southgate, 1992).

Práva na užívání půdy, přes vybírání daní a další formy specifických poplatků, zajišťujících (nebo zamítajících) přístup k chráněným lesům a regulujících import nebo export zemědělských komodit, jsou všechno příklady státních politik a intervencí, které ovlivňují životy občanů (Blair, 1991), stejně jako rozvoj celého zemědělského sektoru. Vhodné politické prostředí, které podporuje rozvoj menších farmářů, je základní podmínkou úspěchu agrolesnictví.

5. témata zabírající větší okruh problematik – terénní agrolesnický výzkum se doposud zaměřoval na menší územní celky nebo výzkumné parcely v pokusných stanicích nebo na polích farmářů. Velice malá část vědeckých článků je založena na globálních, regionálních nebo například lokálních úrovních.

Články, které se snaží zabrat širší perspektivu, většinou pojednávají o těchto tématech zobecňující formou a obsahují málo dat z empirických průzkumů. Důsledkem je zanedbání důležitých témat, které je potřeba řešit v širších souvislostech než na jednotlivých polích a parcelách, jako například zlepšení kvality půdy, biologická ochrana, zachování biodiverzity anebo těžba lesních produktů pro jiné účely, než dřevo.

#### 3.5.4 Metody hodnocení agrolesnických systémů

Dle Alavalapatiho (2004, s. 3) pomáhají ekonomické metodologie pochopit uvažování rozhodujících aktérů, privátních subjektů i politických činitelů. Na ekonomické modely může být nahlíženo jako na abstraktní zobrazení reálného světa, které slouží pro potřeby různých hypotéz, předpovědí a analýz (Buongiorno a Gilles, 2003). Tyto metodologie se od sebe navzájem liší svým cílem, časovým horizontem a rozsahem (viz. Tabulka č. 8).

Tabulka č. 8: Přehled ekonomických metodologií používaných  
v zemědělské a lesnické ekonomické literatuře

Ekonomická metodologie	Stručný popis
Modely podnikových/farmářských rozpočtů	Zjišťují profitabilitu farem nebo podniků pomocí indikátorů jako jsou čistá současná hodnota, analýza nákladů a zisků, vnitřní míra výnosnosti.
Modely analytických matic <sup>1</sup>	Jsou podobné prvním typům modelů, ale zahrnují také selhání tržní, jehož dopad na profitabilitu hodnotí na úrovni jednotlivých farem i na regionální úrovni a to jak z individuálního hlediska, tak z hlediska dopadu na celou společnost.
Modely hodnocení rizik	Tyto modely zohledňují při hodnocení profitability analýzy rizika, která při podnikání v oblasti agrolesnictví vznikají.
Dynamické optimalizační modely	Snaží se o nalezení optimálních hodnot (jako délka rotace stromů, stromová pokrývka) časově ohraničených nebo neohraničeným scénářů.
Modely lineárního a nelineárního programování	Usilují o nalezení optimálního čerpání zdrojů a jejich alokaci, které jsou podmíněny různými omezeními, které farmář musí respektovat.
Ekonometrické metody	Hodnotí vztahy mezi proměnnými s cílem předpovědět budoucí vývoj a slouží jako nástroj v rukou politických aktérů.
Netržní hodnotící modely	Hodnotící modely, jako např. oceňování environmentálních služeb a statků jako je snížení eroze půdy, zlepšení kvality vody a snižování úrovně oxidu uhličitého.
Regionální ekonomické modely	Jsou obecně používány k hodnocení změn v příjmu, zaměstnanosti a cenové úrovně na regionální a národní úrovni jako reakce na politické a programové změny začleňující mezisektorové vazby.

Pozn.: (PAM-Policy Analysis Matrix)

Zdroj: Valuing agroforestry systems, methods and applications, 2004, s. 4

Některé ekonomické metodologie jsou navrženy s cílem zhodnotit náklady a příjmy vstupů a výstupů, pro které existují trhy, zatímco jiné mohou být limitovány pouze schopnostmi a představitivostí vědce. Existují již také metodologie pro oceňování mnoha environmentálních užitků (jako snižování objemu oxidu uhličitého, biodiverzita a eroze půdy), pro které zatím neexistují žádné trhy.

Zatímco některé metodologie odpovídají hodnocení agrolesnických systémů na úrovni drobných farmářských domácností, jiné jsou aplikovatelné na regionální a národní úrovni. Parciální modely rovnováhy jsou používány na hodnocení dopadů na specifické sektory ekonomiky za předpokladu, že změny agrolesnických systémů ovlivní pouze některé části

ekonomiky. Širší dopady jsou analyzovány pomocí obecných modelů rovnováhy, které zahrnují mezisektorové propojení, ve kterých se projeví multiplikační a/nebo tržní dopady změn agrolesnických systémů. I když byly tyto modely a metody hojně aplikovány v zemědělství a lesnické ekonomické literatuře, jejich použití v agrolesnických systémech je relativně vzácné.

Každá z metodologií má svá úskalí a výhody a byl by omyl dělat závěry dle možností a komplexnosti jednotlivých modelů. Výběr modelu pro analýzu se odvíjí od povahy řešeného problému, dostupnosti dat a znalostí a zkušeností vědce (Alavalapati a Mercer, 2004, s. 3).

## 4 ADOPCE AGROLESNICKÝCH SYSTÉMŮ

Celé období od začátku devadesátých let je svědkem exploze ve výzkumu přijatelnosti agrolesnických inovací v tropických oblastech. Veliká část tohoto výzkumu byla motivována rozdíly mezi pokroky agrolesnického výzkumu a úspěchy agrolesnických rozvojových programů a projektů. Dosažení všeho, co agrolesnictví nabízí, však vyžaduje plné pochopení toho, podle čeho a čím jsou farmáři při svém rozhodování o své zemědělské aktivitě ovlivňováni v delším časovém období s cílem následně aplikovat tuto znalost na plánování, rozvoj a propagaci agrolesnických inovací (Mercer, 2004, s. 311).

Dle Mercera (2004, s. 311) nezáleží na tom efektivní, produktivní nebo ekologicky udržitelný daný agrolesnický systém je, ale k udržitelnému využívání půdy může přispět pouze v tom případě, pokud je přijat a využíván během dlouhého časového období (Raintree, 1983; Scherr, 1992; Sanchez, 1995).

Proces adopce agrolesnických plodin je daleko komplexnější než u tradičního zemědělství, vzhledem k tomu, že je třeba zavést novou kombinaci víceletých i jednoletých plodin, zeleného hnojiva, pěstování plodin, které slouží jako krmivo pro dobytek a dalších složek. Výsledkem je, že agrolesnictví a další inovativní postupy v oblasti řízení přírodních zdrojů, vyžadují vyšší úroveň znalostí než soubory moderních zemědělských metod, které jsou založeny na zvýšení výstupů pomocí kvalitnějších semen a chemických a mechanických prvků. Vlivem tohoto faktu hraje vzdělání farmáře, a jeho zkušenost větší roli u agrolesnictví a v řízení přírodních zdrojů než v konvenčním zemědělství.

Nejdůležitější studie na základě *ex-ante* hodnocení provedl Current a kol. (1995) v práci osmi evaluací 21 agrolesnických projektů ve Střední Americe (Kostarika, Salvador, Guatemala, Honduras, Nikaragua, Panama) a Karibiku (Dominikánská republika, Haiti) a dále Franzel a Scherr (2002), kteří uskutečnili evaluaci pěti studií v Zimbabwe a Keni.

Pět případových studií zrealizovaných v subsaharské Africe prokázalo, že má agrolesnictví potenciál zvýšit příjmy ze zemědělské činnosti a napomoci k vyřešení velikých ekologických problémů. Ze studií také vyplynulo, že ochotněji přijímají agrolesnické systémy bohatší farmářské rodiny.

Vosti a kol. (1998) zkoumali přijetí pěti agrolesnických systémů zahrnujících pěstování kakaa a kávy. Z těchto studií vyplývá, že vysoká úroveň vstupních investic, negativní hospodářský výsledek v prvních rocích a nejistá místní i mezinárodní poptávka snižují adopční potenciál mezi drobnými farmáři. Evaluace agrolesnických systémů vyžaduje pochopení všech faktorů, které mají vliv na produkční proces, včetně založení parcel, údržby, sklizně, zpracování i marketingu a distribuce produktů.

#### 4.1 HLAVNÍ ZJIŠTĚNÍ VYPLÝVAJÍCÍ Z ADOPCE AGROLESNICKÝCH SYSTÉMŮ

V této části budou postupně představeny studie, jejichž cílem bylo zanalyzovat faktory, které mohou mít vliv na adopci agrolesnických systémů. První dvě studie (Coomes a Burt, 1997; Fisher a Vasseur, 2002) jsou individuální a pro podání uceleného obrazu budou stručně popsány hlavní rysy daného agrolesnického systému a následně shrnuty hlavní zjištění. Poslední představuje nejkompexnější studii (Pattanayak a kol., 2003), která analyzuje výsledky 120 článků různých autorů analyzujících faktory mající vliv na přijetí agrolesnických systémů.

##### *4.1.1 Studie Commese a Burta z oblasti Amazonie*

Coomes a Burt (1997) zkoumali místní diverzitu a typy agrolesnických postupů mezi farmáři v Amazonii v tradiční komunitě blízko Iquitos v Peru. Data byla sbírána pomocí dotazníkového šetření mezi 36 farmáři, kteří již měli zkušenost s agrolesnickými postupy a týkala se praktikovaných farmářských postupů, demografických charakteristik a bilance příjmů a výdajů. Výsledky provedené studie se týkají agrolesnického systému, který využívá úhorové fáze se stromy.

Většina zemědělské činnosti začíná pěstováním manioku v sekundárním lese, po němž následuje pěstování ananasu. Po přibližně sedmi letech je ze stromů na pozemku vyrobeno dřevěné uhlí a začne se opět s pěstováním manioku. Délka cyklu trvá od 2 do 33 let s průměrnou délkou 10 roků.



V průměru má farmář pozemek s celkem devíti parcelami (šest se zemědělskými plodinami a tři s úhorovou fází se stromy). Farmářova pole leží asi čtyři kilometry od komunity a každé z polí má v průměru okolo jednoho hektaru. Byly ale prokázány velké rozdíly mezi farmáři v držbě půdy. Farmáři vlastní pole od velikosti 1 až 26 hektarů, velikost celkové disponibilní plochy se pohybuje mezi 0.36 ha až 45.6 ha a velikost polí mezi 0.09 ha až 3.86 ha. Průměrná délka cyklu byla 11, 14 a 21 roků.

Nejvýznamnějším faktorem se ukázala být velikost disponibilní plochy, které měla vliv na délku fáze pěstování zemědělských plodin, úhorovou fází a diverzitu aktivit. Z této studie vyplývají následující závěry:

- Existují významné lokální rozdíly v jednotlivých agrolesnických systémech s úhorem,
- Výsledkem takové diverzity jsou výrazné rozdíly v hospodářských aktivitách jednotlivých farmářů v oblasti,
- Držba půdy se zdá být navenek rovnostářská, ale ve skutečnosti je rozdělena nerovnoměrně a odráží nedostatek půdy v místě,
- Praktikovaný agrolesnický systém s úhorem závisí především na velikosti půdy, kterou má farmář k dispozici – čím více půdy má farmář k dispozici, tím udržitelnější a lukrativnější agrolesnický systém je.

Tato zjištění dokazují, že je důležité studovat rozdíly v agrolesnických systémech na úrovni komunit a drobných farmářů a hledat příčiny, které ovlivňují rozhodování a tedy přijetí inovativních postupů na těchto úrovních. V provedené studii jsou rozdíly důsledkem nerovnoměrného rozdělení půdy a velká část farmářů v komunitě je proto nucena pro zajištění příjmu využívat alternativních zdrojů, které jsou často neudržitelné.

#### 4.1.2 Studie Fishera a Vasseura z Panamy

Fisher a Vasseur (2002) se zabývali tím, jak na agrolesnické systémy reagují farmáři. Konkrétně jejich studie odkrývá, jak jsou vnímány socioekonomické a environmentální dopady pěti projektů v Panamě. Celkem bylo dotazováno 68 farmářských domácností pomocí polostrukturovaných dotazníků. Šetření bylo doplněno názory 13 agrolesnických expertů z nevládních organizací, místní vlády a výzkumných institucí.

Průměrná velikost disponibilní zemědělské plochy byla 6.8 ha (+/- 3ha), ale množství obdělávané zemědělské plochy bylo podstatně menší. Hlavními plodinami byly maniok, kukuřice, rýže a fazole. Průměrný počet členů domácnosti, kteří žili s farmářem, byl 7 (+/- 2). Přibližně 60% ze všech dotazovaných farmářů mělo vlastnická práva k půdě.

Všichni z dotazovaných pěstovali na svém pozemku ovocné stromy a většina z nich také stromy na dřevo. Téměř 50% všech dotazovaných pěstovalo stromy na malých plochách separovaných od pěstovaných zemědělských plodin. Dalšími systémy byly větrolamy, systémy živých plotů, stromy poskytující stín pro pěstování kávy a také systém pěstování plodin s dřevinami. V projektech, kde nebyly pěstovány dřeviny, farmáři uváděli obavu z efektu stínění.

Nejčastěji udávanými přínosy agrolesnického systému bylo pěstování stromů poskytujících ovoce (62%) a palivové dřevo (52%) a dřevo určené pro domácí spotřebu (51%). Další častou odpovědí bylo snížení půdní eroze (48%) a zvýšení půdní úrodnosti. Jako hlavní nevýhody byly uváděny problémy s chorobami (28%) a snížení produkce plodin (10%).

Většina dotazovaných farmářů (84%) nepociťovala žádný rozdíl v úrovni svých příjmů jako výsledku jejich participace v projektu. Pouze malá část farmářů prodávala svoje produkty, které poskytovaly ovocné stromy a dřeviny. Ve skutečnosti bylo 62% ovoce zkonsumováno samotnými farmáři a 38% bylo prodáno. Jen třetina všech farmářů prodala nízké objemy dřeva a vykázala pouze malý ekonomický zisk. V mnoha případech byly dřeviny příliš mladé, aby mohly začít poskytovat dřevo. Experti byli ale optimističtější ohledně budoucích vyhlídek, kdy bude systém ekonomicky stabilnější a bude poskytovat více dřeva.

Jak farmáři, tak experti se shodli, že nízká profitabilita agrolesnického systému je limitovaná rozvojem trhu a to obzvláště v oblasti prodeje dřeva (68% dotazovaných farmářů), než ovoce (33% dotazovaných farmářů). Farmáři vnímali jako problém také nízkou kvalitu silnic. Vedle zlepšování standardů životních podmínek účastníků projektu je hlavním cílem agrolesnických projektů také propagování změn ve využívání půdy a snížení tlaků na půdu. Dle odpovědí farmářů, byla účast v agrolesnických projektech spojena s 20 % snížením využívání úhorového zemědělství. K tomu mohl přispět také fakt, že se zvýšilo povědomí farmářů o špatných vlivech úhorového zemědělství. Nicméně většina farmářů stále praktikuje úhorové zemědělství, aby mohla zajistit svoje příjmy.

I když byly agrolesnické projekty spojeny s produkcí dřeva, pouze omezená část dřeva určená k autospotřebě byla získávána z agrolesnických parcel a většina pocházela z lesů mimo vlastní pozemky farmářů. Na druhou stranu farmáři pocítovali, že stromy zasazené na jejich pozemku zajišťovaly pozitivní environmentální přínosy jako snížení půdní eroze a zvýšení půdní úrodnosti, a také pozitivní mikroklimatické a hydrologické efekty.

Převládajícím zemědělským systémem v oblasti je stále úhorové zemědělství a tak byli farmáři dotazováni na překážky, které jim brání v přijetí agrolesnických systémů, které jsou shrnuty následovně:

- Nevhodný projektový návrh a management:
  - Nedostatečná technická asistence a školení,
  - Komplikovaný způsob komunikace používající technickou terminologii,
  - Nedostatečné začlenění tradičních znalostí.
- Ekonomická omezení:
  - Omezený rozvoj trhu,
  - Potřeba zajistit minimální úroveň autospotřeby,
  - Preference krátkodobých zisků farmářů před dlouhodobými zisky,
  - Krátkodobé financování mnoha projektů.
- Další omezení:
  - Omezený počet farmářů, kteří mají vlastnická práva,
  - Nedostatečná právní podpora a osvěta v oblasti agrolesnictví,
  - Komplikovaná a neodpovídající politika v oblasti těžby dřeva.

#### 4.1.3 Studie Pattanayaka mezi drobnými farmáři

Pravděpodobně nejkompexnější studii zabývající se adopcí agrolesnických systémů (zemědělské a lesnické technologie) mezi drobnými farmáři provedli Pattanayak a kol. (2003), kteří analyzovali ve své práci celkem 120 článků (články se zabývaly různými faktory ovlivňujícími přijetí agrolesnických systémů). Této studii bude věnováno více pozornosti, protože je pro řešenou disertační práci velice významnou.

Tabulka č. 9: Přehled determinantů přijatelnosti agrolesnických systémů

	Zahrnutí faktoru/proměnné ve studiích	Významnost			Zahrnutí faktoru/proměnné ve studiích [%]	Pozitivní [%] (zahnuté studie)	Pozitivní [%] (všechny studie)
		Pozit.	Negat.	Nevýznamný			
Preference					48	48	19
Vzdělání	25	8	2	15	81	40	32
Věk	21	5	0	16	68	24	16
Pohlaví	10	5	1	4	32	60	19
Sociální status	3	2	0	1	10	67	7
Vybavenost faktory					41	65	23
Příjem	18	9	2	7	58	61	35
Majetek	12	11	0	1	39	92	36
Práce	23	8	1	14	74	39	29
Dobytěk	9	2	1	6	29	33	10
Úspory/úvěry	2	2	0	0	6	100	6
Tržní pobídky					34	58	20
Potencionální možnost zisku	19	9	2	8	61	58	35
Vzdálenost od trhu	8	0	6	2	26	75	19
Ceny	5	1	1	3	16	40	7
Bio-fyzikální faktory					37	80	27
Půda	12	8	2	2	39	83	32
Svažitost	10	6	1	3	32	70	22
Velikost pozemku	21	9	5	7	68	67	46
Zavlažování	3	2	1	0	10	100	10
Riziko a nejistota					43	72	31
Držba půdy	18	12	1	5	58	72	42
Zkušenost	16	11	2	3	52	81	42
Školení	10	9	0	1	32	90	29
Partnerství	9	4	0	5	29	44	13

Pozn: Vstupní data pocházejí ze 32 empirických studií

Zdroj: Taking stock of agroforestry studies, 2003, s. 179

Klasifikovali pět kategorií faktorů (Tabulka č. 9<sup>8</sup>), které pomáhají vysvětlit principy přijetí agrolesnických systémů v rámci ekonomického rámce, tyto kategorie jsou: *preference*,

<sup>8</sup> Tabulka č. 8 udává přehled determinantů přijatelnosti agrolesnických systémů. Druhý sloupec tabulky indikuje celkový počet studií, které zahrnovaly danou proměnnou a pátý, který udává tento počet v procentech. Nejběžnějšími proměnnými, které jsou obsaženy v 65% studií, jsou vzdělání, práce, velikost pozemku a věk. Naopak nejméně jsou zastoupeny finanční pobídky, sociální status, úspory a úvěry (10%). Zahrnutí těchto proměnných ale hned neznamená, že mají vliv na přijetí agrolesnických systémů. Je třeba uvažovat především o procentuálním podílu studií, ve kterých byl zaznamenán významný efekt dané proměnné

vybavenost výrobními faktory, tržní pobídky, biofyzikální faktory a riziko a nejistota. Většina analyzovaných studií pocházela z tropických oblastí.

*Preference* farmářů jsou ovlivněny mnoha faktory, jako jsou vzdělání, věk, pohlaví a socio-kulturní status. Jsou zahrnuty ve většině studií (48%) a mají tendenci mít silný statistický potenciál (48%). Většina studií se zabývá průměrnou úrovní vzdělání všech členů domácnosti nebo jen hlavy zemědělské domácnosti. Tato proměnná je obsažena téměř ve všech studiích, nicméně se k adopci agrolesnických studií statisticky vztahuje pouze ve 40% studií. Věk farmáře je ve většině případů statisticky nevýznamný. Pouze v 10% studií je uvažován faktor socio-kulturního prostředí s cílem vysvětlit jeho vliv na přijetí agrolesnických studií. Uvažovanými měřítky jsou etnikum a kasta.

*Dostupnost zdrojů* jako příjem, majetek, práce apod. je obsažena ve 41 % všech studií. Jako celek se jeví statisticky významná v 65% všech studií.

- Příjem – je brán celkový příjem ze všech aktivit hospodářské domácnosti a jeho vliv na přijetí agrolesnických systémů je ve většině případů statisticky významný (58%). Velikost příjmu může hrát různou roli v rozhodování farmáře. Jednak farmář, který má hlavní zdroje příjmů ze zemědělské činnosti, není ochoten investovat do nové technologie a dále pokud převládají příjmy z nezemědělské činnosti, farmář nemusí být motivován investovat do agrolesnických systémů. Oba příklady tak mohou objasnit rozhodování farmáře ve vztahu k agrolesnickým systémům.
- Majetek (držba půdy, zavlažování, typ obydlí, úroveň zboží dlouhodobé spotřeby a motorové vozidlo) – tato proměnná je ve vztahu k přijetí agrolesnických systémů statisticky významná v 92% studií.
- Objem disponibilní zásoby práce – je založen na velikosti rodiny nebo počtu dospělých v celé domácnosti. Práce je významným faktorem, který ovlivňuje rozhodování týkající se přijatelnosti agrolesnických systémů z 39%.
- Hospodářská zvířata - i když mohou být brána jako majetek, autoři se rozhodli jej uvést jako samostatnou proměnnou, protože jsou často klíčovým prvkem v některých

---

nebo faktoru. Při této úvaze patří k nejméně významným riziko a nejistota (78%), tržní pobídky (73%), biofyzikální faktory (64%) a vybavenost výrobními faktory (60%). V oblasti nejméně významných individuálních faktorů, které jsou zmíněny ve všech uvažovaných studiích, patří vlastněný majetek, úspory a úvěry a ceny.

agrolesnických systémech. Hospodářský dobytek je zahrnut ve 29% všech studií, ale je statisticky významný pouze ve 33% všech studií.

- Je běžné, že většina tropických oblastí nemá dostatečný přístup k úvěrům. Pokud ale byla tato proměnná ve studiích uvažována, ukázalo se, že je statisticky významná ve 100% všech studií.

Studie o přijímání agrolesnických systémů se většinou nezabývají přímým měřením *tržních pobídek*, ale spíše některým subjektivním nebo objektivním měřením potencionálních zdrojů příjmů. Tržní faktory jsou obsaženy pouze ve 33% studií a vykazují dobrou statistickou významnost a většinou jde o pozitivní korelace.

- Z uvažovaných tržních faktorů je ve studiích vůbec nejvíce uvažovanou proměnnou potencionální možnost příjmů. Tato proměnná je měřena od přímých a subjektivních odhadů výnosů až po nepřímé jako je měření současných úrovní provozovaných aktivit, které budou novou technologií ovlivněny. Vlivem těchto nepřímých měření není překvapivé, že statistická významnost (58%) této proměnné není zcela objektivní.
- Vzdálenost od trhu je zahrnuta pouze ve 26% studií, nicméně i tak je tato proměnná statisticky významná ze 70% a podle očekávání jde o negativní korelaci.
- Pouze 16% studií obsahuje faktor cen ve svých analýzách, což může být způsobeno například nedostatkem dat z této oblasti. Pokud je tato proměnná zahrnuta do analýz, je statisticky významná ze 40%.

*Biofyzikální faktory* byly zahrnuty pouze ve 37% všech studií a jsou statisticky významné z 80%, ale síla jejich vlivu se studie od studie liší.

- Vlastnosti půdní kvality je obvykle velice těžké změřit. Tazatelé sestavili soubor objektivních i subjektivních kritérií a zjistili, že je přijetí agrolesnických postupů statisticky významné v 83% studií. Veliký vliv na přijetí mají obvykle špatné a chudé půdy.
- Svažitost pozemku je zmiňována ve 32% studií a je statisticky významná v 70%. Jak lze předpokládat, farmáři, kteří mají svažitéjší pozemky, adoptují agrolesnické systémy ve větší míře.

- Velikost pozemku je běžnou proměnnou při studování faktorů, které ovlivňují přijetí agrolesnických systémů a je statisticky významná v 66% všech studií, ale v každé studii se od sebe liší. To může souviset s tím, že farmář, který vlastní více disponibilní zemědělské půdy je ochotnější přijmout nové druhy technologií.
- Zavlažování pozemku je zmíněno pouze v 10% studií, ale ukázalo se, že má tato proměnná významný vliv na adopci agrolesnických systémů – 100%. Ve většině případů je korelace pozitivní, což lze vysvětlit tím, že zavlažovaná půda je hodnotnější a tedy stojí za vyšší investice do ochrany.

Proměnné měřící *riziko a nejistotu*, které souvisejí s držbou půdy, zkušenostmi, rozsahem činnosti a partnerstvím jsou obsaženy ve 40% studií a obvykle vykazují vysokou statistickou významnost, a to negativní.

- Držba půdy je obvykle měřena tím, zda farmář na své půdě pouze hospodaří nebo je také jejím vlastníkem. Ze studií jasně vyplývá, že farmář je ochotnější adoptovat agrolesnické systémy v případě, kdy je vlastníkem půdy. Pokud je tato proměnná ve studiích zahrnuta, je statisticky významná v 70%.
- Celková zkušenost farmáře je ovlivněna předchozími znalostmi jako je pěstování stromů na zemědělském pozemku, přes hospodaření až po technologii agrolesnictví. Hlavním argumentem je, že předchozí zkušenosti snižují nejistotu spojenou s investováním, které je spojeno s nejistými příjmy. Dle očekávání tato proměnná pozitivně ovlivňuje přijetí agrolesnických systémů (81%). Tazatelé také zjišťovali, zda farmář získal nějaký druh školení a má možnost být proškolen na daný druh inovativní technologie. Tato proměnná je zahrnuta ve 32% všech studií a dle očekávání vykazuje pozitivní vztah s adopcí agrolesnických systémů ve 100%.
- Další proměnná měří, zda je farmář nebo domácnost farmáře zapojena do organizací nebo družstev v dané lokalitě. Autoři očekávají, že takové druhy účasti v organizovaných skupinách a vzájemná podpora zainteresovaných skupin může snížit celkovou nejistotu, která je spojená s přijímáním nových technologií. Ve skupinách je také lepší přístup ke školení a vzájemné výměně informací. Proměnná byla zahrnuta celkem ve 29% studií a je statisticky významná ve 40% (dle očekávání jde o pozitivní korelaci).

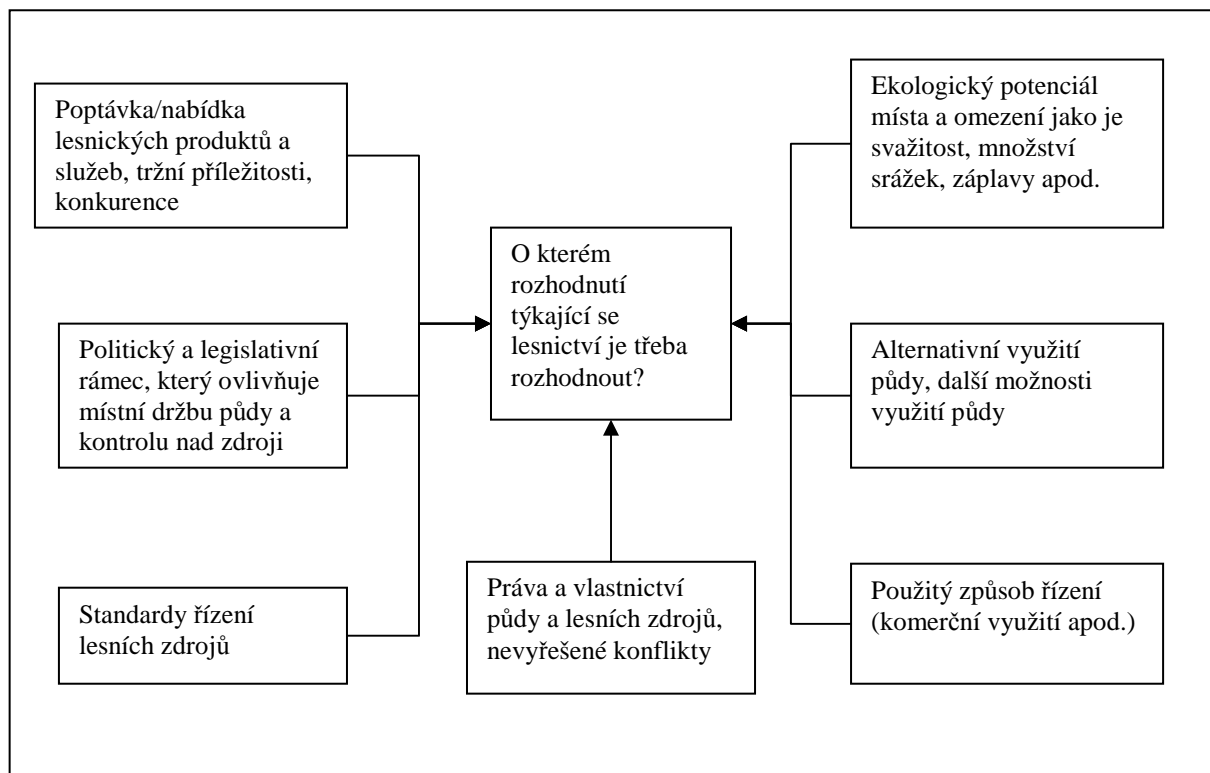
## 4.2 KLÍČOVÉ PRVKY AGROLESNICTVÍ PŘISPÍVAJÍCÍ KE SNÍŽENÍ CHUDOBY

Udržitelné řízení dostupných zdrojů a pěstování stromů může přinést farmářům významný zisk. Ale aby byli farmáři ochotni investovat do agrolesnictví, potřebují jistoty, které jim mohou přinést jasně definovaná práva na půdu a přístup k potřebným znalostem ohledně řízení přírodních zdrojů. Před každým rozhodováním je proto třeba uvažovat o mnoha aspektech, která mohou významně ovlivnit, zda budou nové technologie nakonec přijaty.

### 4.2.1 Hodnocení rizik při rozhodovacím procesu

Tabulka č. 10 popisuje soubor prvků a jejich vztahů, které musejí být zváženy před tím, než je učiněno rozhodnutí o přijetí agrolesnických postupů, které mohou snížit chudobu. Například pokud je právními předpisy omezen prodej lesních produktů, místní farmáři se mohou rozhodnout pro výnosnější způsoby využití půdy.

Tabulka č. 10: Prvky ovlivňující rozhodování



Zdroj: Better forestry, less poverty – A practitioner's guide, 2006, s. 11



Klíčovým prvkem, který hraje při rozhodovacím procesu roli, je zvažování všech rizik, které jsou spojeny s možností konfliktů. Tyto konflikty mohou vznikat v případech, kdy jsou chudí lidé zapojeni v aktivitách, které mohou ohrozit politické elity nebo při čerpání zdrojů, které může následně ohrozit životní prostředí nebo při nejisté nebo kolísající nabídce a poptávce.

Chudí lidé většinou nemají žádné rezervy, a z tohoto důvodu se často vzdají možnosti vysokého výdělku tehdy, když cítí, že je riziko neúspěchu příliš velké. Mohou například váhat v případě investic do zařízení nebo nákupu kvalitnějších sazenic stromů, když očekávají vysokou konkurenci nebo snižování cen.

Nemusí se také rozhodnout pro podnikání s inovativními produkty, protože je těžké předpovědět preference spotřebitelů. Chudí lidé většinou nemají přístup k informacím o trhu a cenových fluktuacích. Nedostatek znalostí v této oblasti omezuje šance jejich plného zapojení v obchodním podnikání a významně je ovlivňuje v jejich rozhodování.

#### *4.2.2 Přijatá opatření*

V roce 2001 identifikovali odborníci z celého světa způsoby, kterými ovlivňuje agrolesnictví snížení chudoby. Tyto diskuze vyvrcholily definováním čtyř agend, které by měly být přijaty: posílení práv, kapacit a kontroly; omezení slabých stránek; využití dostupných příležitostí a spolupráce. Přijatá opatření představují návod, podle kterého by se měli řídit všichni aktéři, kteří se snaží o snížení chudoby pomocí agrolesnictví. Následující soubor otázek může těmto aktérům pomoci získat informace, které ke svému rozhodování potřebují.

Opatření č. 1: posílení práv, kapacit a kontroly

- Jaká jsou současná opatření v oblasti držby půdy?
- Mají komunity a místní obyvatelé práva k tomu, aby mohli řídit využívané zdroje?
- Jsou přijata opatření, která by podporovala odpovědné řízení?
- Mohou lidé mimo komunitu kontrolovat a ovlivnit významná rozhodnutí?
- Jsou vládní struktury transparentní a efektivní?
- Jaká je kapacita místních organizací a institucí? Jak mohou být posíleny?
- Mají chudí lidé rozhodovací pravomoci? V případě, že nemají, jakým způsobem mohou být vyslyšeni?
- Mají chudí lidé přístup ke vzdělání a základním zdravotním službám?

## Opatření č. 2: omezení slabých stránek

- Jaká jsou přijatá opatření v případě ochrany těch nejzranitelnějších proti náhlým krizím a bídě?
- Jakou roli zaujímá pěstování stromů - v zajištění základních životních potřeb nebo akumulaci zisku?
- Jsou přijata opatření na zajištění podpory pěstování stromů? Pokud ne, jakým způsobem mohou být zavedena nebo zvýšena?
- Jsou chudí lidé znevýhodněni oproti silnějším v rozhodování týkajících se přírodních zdrojů?
- Nejsou přijatá legislativa a opatření příliš komplikovaná? Pokud ano, je prostor na jejich zjednodušení?
- Jaké jsou požadavky na řízení? Mohou maloobchodníci se dřevem konkurovat velikým firmám?

## Opatření č. 3: využití dostupných příležitostí

- Které bariéry zabraňují malým producentům lesnických produktů, aby vstoupili na trh?
- Jakým omezením, které se týká rozhodnutí ovlivňujících jejich finanční situaci (jako například zpracování primárních produktů), čelí chudí lidé?
- Jaké jsou dostupné informace v oblasti nabídky, poptávky a tržních cen?
- Mají chudí lidé dostatek znalostí na úspěšné řízení? Pokud existují nedostatky, tak jakým způsobem mohou být odstraněny?
- Existuje potenciál rozvoje trhů, který by následně mohl pokrýt environmentální služby jako je rozvoj řízení vodních zdrojů, ochrana půdy nebo biodiverzita?
- Jaké jsou finanční možnosti poskytované chudým lidem, jako například granty, půjčky a dotace?
- Mohou být zvýšeny současné úrovně zisků zlepšením kvality produktů, zajištěním odbytu, snížením vlivu prostředníků nebo prodejem sezónních produktů v momentě, kdy dosahují nejvyšších cen?

#### Opatření č. 4: spolupráce

- Obsahují politiky a programy na úrovni místních komunit opatření na snížení chudoby v oblasti agrolesnictví?
- Účastní se místní instituce a organizace zapojené do snižování úrovně chudoby pravidelné výměny informací?
- Jaké formy podpory jsou nutné ke vzniku nebo posílení spolupráce mezi soukromým a státním sektorem (Fao, 2006, s. 13)?.

## 5 LINEÁRNÍ PROGRAMOVÁNÍ

Počátky operačního výzkumu spadají už do 30. a 40. let 20. století a jsou spjaty mimo jiné s takovými jmény jako nositelé Nobelovy ceny za ekonomii G. B. Dantzig nebo L. Kantorovič. Rozvoj této disciplíny nastává jednak během druhé světové války, kdy byly vytvořeny ve Velké Británii a USA speciální týmy pracovníků pro analýzu složitých strategických a taktických vojenských problémů a operací, ale především potom během 50. let, ve kterých dochází ve světě k bouřlivému poválečnému ekonomickému rozvoji. Dalším faktorem, ovlivňujícím rozvoj operačního výzkumu, je rozvoj výpočetní techniky (Jablonský, 2007, s. 9).

Operační výzkum je možné charakterizovat jako vědní disciplínu nebo spíše soubor relativně samostatných disciplín, které jsou zaměřeny na analýzu různých typů rozhodovacích problémů (Jablonský, 2007, s. 9). Úlohy lineárního programování jsou optimalizační, nabízejí tedy jedno (někdy i více) nejlepších řešení daného problému.

Každé optimální řešení je v nějakém smyslu na hranici možností systému, to znamená, že u některého zdroje došlo k využití celého disponibilního množství, kapacita některého výrobního zařízení nebo pracovní síly byla využita, některý z požadavků byl splněn na nejnižší přípustné úrovni apod. (Šubrt a kol., 2007, s. 7).

Základním nástrojem operačního výzkumu je matematické modelování. Při analýze reálného systému prostřednictvím jeho modelu je třeba brát v úvahu, že model je pouze zjednodušeným obrazem tohoto systému. Modelování má však celou řadu výhod (např. analýza chování systému ve zkráceném čase, snadné experimentování a testování, nižší náklady) pro které se stává často jediným prostředkem pro studium modelovaného systému.

## 5.1 KLASIFIKACE MODELŮ LINEÁRNÍHO PROGRAMOVÁNÍ

Všechny modely jsou pouze pomocné nástroje k zobrazování a výzkumu reality. Mohou se třídit podle nejrůznějších hledisek.

Podle míry zobrazování originálu rozlišujeme modely:

- Fyzické – jsou hmotným zobrazením a mohou vykazovat myslitelný stupeň izomorfie,
- Verbální – k modelování skutečnosti používají slovní vyjádření, jsou málo přehledné a mají hlavně doplňkový význam,
- Symbolické – využívají matematických a logických symbolů a jsou v ekonomii nejrozšířenější (např. modely lineární a nelineární, statické a dynamické apod.).

Podle způsobu, jakým byly získány prvky, z nichž je model utvořen:

- Induktivní – jsou konstruovány z prvků odvozených ze zkušenostních dat (uplatnění statistických metod),
- Deduktivní – jsou tvořeny na základě známých, nebo předpokládaných vztahů mezi různými vlastnostmi modelovaného systému (východiskem jsou teorie a hypotézy o modelovaném systému).

Podle účelu se matematické modely dělí na:

- Deskriptivní (popisné) – představují formalizovaný jednoznačný popis složité reálné situace. Jejich účelem je odhalit podstatu fungování systému,
- Explanatorní (vysvětlovací) – zobrazují hypotetické vlastnosti originálu ve shodě s přijatou hypotézou a slouží k ověřování této hypotézy (objasňují analyzované jevy),
- Rozhodovací (operativní) – mají za cíl vyjádřit jednotlivé stavy systému, ve kterých se může systém nacházet. Slouží k získání variant pro rozhodování,
- Predikční – slouží k předvídání vývoje určitých prvků.

V Příloze č. 1 je přehled používaných druhů modelů v zemědělství a Příloha č. 2 obsahuje nejpoužívanější ekonomicko-matematické metody v zemědělství dle Získala a Švasty (2005).

## 5.2 MODEL LINEÁRNÍHO PROGRAMOVÁNÍ

Každý rozhodovací problém je spojen s řadou předpokladů, které vymezují reálná řešení. Při řešení těchto problémů musí být omezující podmínky plně respektovány a přitom je v rámci těchto omezujících podmínek nutno nalézt nejlepší řešení. Takto je obecně popsán princip optimalizačního modelu. Pokud bude pro jeho matematickou formulaci použito pouze lineárních funkcí, rovnic a nerovnic, půjde o model lineárního programování, lineární optimalizační model, který je nejpoužívanějším typem optimalizačních úloh.

Cílem optimalizačního modelu lineárního programování je nalézt řešení splňující omezující podmínky, v němž kritériální funkce nabývá požadovaného extrému. V případě lineárního modelu jsou omezující podmínky vyjádřeny pomocí lineárních rovnic a nerovnic a kritérium pomocí lineární funkce. Lineární modely zobrazují systém s určitou mírou nepřesnosti, vyplývající z předpokladu linearit zobrazovaných procesů a deterministického charakteru parametrů modelu. Přesto poskytují důležité informace pro podporu rozhodování.

Nejprve jsou definovány jednotlivé procesy, které jsou předmětem zájmu řešitele, a tyto procesy jsou vyjádřeny pomocí proměnných ve vhodných jednotkách. Potom musí být pomocí lineárních rovnic a nerovnic vyjádřena jednotlivá omezení hledaného řešení. Přitom je nutné určit hodnoty technicko-ekonomických koeficientů, které popisují vliv každé jednotky jednotlivých procesů v dané podmínce, a jednotlivé kapacity, požadavky nebo možné bilanční nerovnováhy či poměry.

Nakonec je třeba popsat kritérium optimality rozhodnutí pomocí cenových koeficientů, které vyjadřují výhodnost či nevýhodnost jednotky jednotlivých procesů z hlediska tohoto kritéria. Protože hledané řešení musí splňovat daná omezení, nelze říci, že nevýhodné procesy se nebudou realizovat, protože je možné, že proces s méně výhodným cenovým koeficientem v rámci daných omezení k hodnotě kritéria přispěje více než proces s koeficientem výhodnějším (Houška, 2005, s. 28).

### 5.2.1 Matematický popis modelu

Dle Houšky (2005) jsou modely lineárního programování popsány prakticky v každé základní literatuře, která se zabývá problematikou operačního výzkumu (např. Churchman a kol., 1957), (Ignizio a kol., 1994), (Jablonský, 2007), (Lagová a Jablonský, 1999), (Laščiak a kol., 1983 aj.)

Cílem modelu lineárního programování je nalézt extrém (maximum nebo minimum) účelové funkce, např.

$$z(x) = c^T x \rightarrow MAX$$

za omezujících podmínek

$$Ax \begin{cases} \leq \\ = \\ \geq \end{cases} b$$

a podmínek nezápornosti

$$x \geq 0$$

kde  $x = (x_1, \dots, x_n)^T$  je vektor proměnných,

$$z(x) = c^T x = \sum_{j=1}^n c_j x_j, \text{ je účelová funkce,}$$

$c^T = (c_1, \dots, c_n)$  je vektor cen (sazeb) proměnných,

$A = (a_{ij})$  je matice technicko ekonomických koeficientů,

$b = (b_1, \dots, b_n)^T$  je vektor pravých stran soustavy omezujících podmínek a

$x \geq 0$  jsou podmínky nezápornosti,  $x_j \geq 0, j = 1, \dots, n$  (Houška, 2005, s. 29).

### 5.2.2 Řešení modelu lineárního programování

Obecný postup řešení lineárního optimalizačního modelu je založen na numerickém řešení soustavy lineárních rovnic a nerovnic, která odpovídá omezujícím podmínkám tak, aby účelová funkce nabývala své minimální nebo maximální hodnoty. Pro řešení modelů lineárního programování byla vyvinuta univerzální matematická metoda – simplexová metoda<sup>9</sup>, založená na Jordanově eliminační metodě pro řešení soustavy  $m$  lineárních rovnic

---

<sup>9</sup> Malé modely (nejvýše dvě proměnné nebo dvě omezující podmínky) lze řešit graficky.

o  $n$  proměnných, kde  $m < n$ . Byla dokázána v roce 1947 G. Dantzigem a jeho spolupracovníky. Důkazy se hojně vyskytují v literatuře, např. Korbut a Finkelštejn (1972, cit. v Houška, 2005, s. 30). Její výpočet poskytuje nejen matematické optimální řešení ale i řadu potřebných údajů pro analýzu tohoto řešení a pro další tzv. postoptimalizační úvahy, jejichž cílem je analyzovat reakci optimálního řešení na změny výchozích podmínek (Houška, 2005, s. 28).

Postup řešení lineárního optimalizačního modelu je založen na výpočtu vhodných bázeckých řešení soustavy lineárních rovnic odpovídajících omezujícím podmínkám. Bázecké řešení se vypočítá Jordanovou eliminační metodou. Potom je nutno zjistit, zda lze nalézt jiné řešení, které bude poskytovat lepší hodnotu účelové funkce. Pokud ano, je nutno nalézt pomocí eliminace jiné vhodné bázecké řešení.

Postup simplexového algoritmu spočívá v opakování kroků, které jsou znázorněny ve vývojovém diagramu, tento diagram je součástí Přílohy č. 3. U většiny praktických úloh nepřipadá ruční řešení simplexovou metodou v úvahu a je třeba použít některý ze softwarových produktů. Výpočtu na počítači předchází sestavení příslušného matematického modelu, tj. formulace omezujících podmínek (ve formě rovnic a nerovnic) a účelové funkce.

Tato činnost je velice obtížná, jelikož neexistuje obecně použitelný algoritmus a každá úloha potřebuje specifický přístup. Pochopení reálných vlastností a vztahů v systému je v této fázi nejdůležitější. Nutná je informovanost o technologii výroby (např. spotřeba materiálu, podíl odpadu, potřeba práce) včetně ekonomických ukazatelů (náklady na materiál, náklady na zpracování a skladování, mzdy, tržby) (Šubrt a kol., 2007, s. 7).

System modelování představuje postup, při němž nejde ani tak o nalezení optimálního řešení problémů, které by se realizovalo, nýbrž jde o používání modelové metody k poznání důležitých vlastností řízeného systému tak, aby bylo možno na jejich základě efektivně řídit a účinně přetvářet systém. Získané matematické optimum ale nestačí k vynesení optimálního rozhodnutí. K takovému rozhodnutí je třeba ještě zvažovat kvalitativní vlivy, které nelze kvantifikovat a včlenit do modelu. Moderní softwarové produkty umožňují rychle nalézt nové řešení tak, že se celá úloha řeší od počátku se změněnými vstupními údaji (Získal a kol., 2007, s. 46).



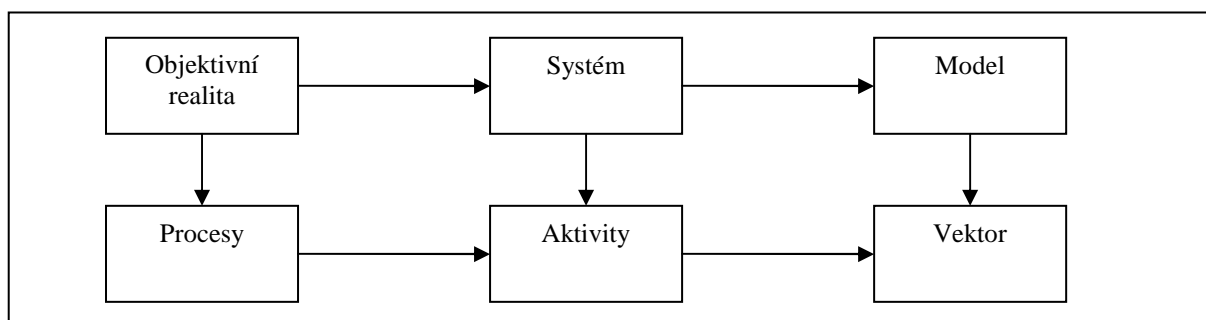
### 5.3 MODELOVÁNÍ ZEMĚDĚLSKÉ VÝROBY POMOCÍ MATEMATICKÝCH MODELŮ

Matematické modelování jakým je lineární programování má dlouhou tradici v zemědělské ekonomice a bylo využito mnoha manažery a specialisty v zemědělském plánování. Tyto modely mohou být také využity k pochopení toho, jak se chová farmář při rozhodování o aktivitách, kterým se bude věnovat (Thangata a kol., 2004, s. 220).

Model zemědělské výroby je lineární, deterministický, optimalizační model, zobrazující většinou dva základní subsystémy zemědělské výroby, tj. rostlinnou a živočišnou výrobu, vztahy mezi nimi a mezi podstatným okolím. Cílem modelu výroby je zobrazit výrobu v zemědělském podniku jako celku a umožnit kvantifikaci dopadu změn, které mohou ve výrobě nastat. Ve své základní verzi nezobrazuje další subsystémy (např. dopravu, mechanizaci, pomocné výroby), které lze však do modelu včlenit podle potřeby. Smyslem modelu výroby je umožnit poznání modelovaného systému ze všech kvantifikovaných hledisek při současném vyhodnocení ekonomické závažnosti existujících alternativ.

Realitu pro její složitost rozkládáme na jednotlivé procesy, protože je jednotlivý proces stále ještě složitý na zobrazení. Zjednodušíme jej a vytvoříme modelovou představu aktivity. Obrázek č. 1 zobrazuje celý proces zjednodušování. V poslední jeho fázi dochází k ještě vyššímu stupni abstrakce, kdy jednotlivé aktivity zobrazujeme v modelu matematickými prostředky, tj. vektory (Získal a Švasta, 2005, s. 24).

Obrázek č. 1: Proces zjednodušování objektivní reality



Zdroj: Lineární programování V., 2005

Aktivity představují modelové vyjádření určitého prvku zavedeného systému. Je to element, na který rozkládáme modelovaný systém. Představuje jednotkové změnové zobrazení úrovně  $j$ -tého procesu. Funkci aktivit lze v modelu chápat jako modelovou transformaci vstupů uvažovaného procesu na výstupy při jednotkové změně modelovaného prvku<sup>10</sup> (Získal a Švasta, 2005, s. 26).

### 5.3.1 Bilanční podmínky

Sestavení omezujících podmínek vychází z nutnosti respektovat různé vztahy, které existují mezi jednotlivými odvětvími výroby v zemědělském podniku a mezi podnikem a jeho okolím. Pro zobrazení vnějších i vnitřních vazeb v systémech je možno využít podmínek kapacitních, požadavkových a podmínek určení a dále podmínky bilanční.

Exogenní (vnější) vazby v systému jsou obvykle zachyceny následujícími třemi typy podmínek:

➤ kapacitními:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq d_i \quad (\text{O } 1)$$

kde  $d_i$  je konstanta např. disponibilní množství výrobních prostředků, ustájecí kapacity nebo maximální výměra plodin atd.

➤ požadavkových:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \geq d_i \quad (\text{O } 2)$$

kde  $d_i$  je konstanta, která se používá např. pro vyjádření výrobních úkolů, dolní omezení výměr atd.

---

<sup>10</sup> V modelu výroby formulujeme několik různých aktivit, jednak původní (strukturní), ty zobrazují celý výrobní proces určitého produktu a vyjadřují změnu rozsahu příslušného odvětví (aktivity živočišné a rostlinné výroby, aktivity pomocné výroby). Převodní jsou aktivity substancí a zobrazují převody mezi původními aktivitami, resp. změny v určení produkce. Nemohou existovat samy o sobě, váží se k některé původní aktivitě (aktivity krmiv, nákupů a prodejů). Dalším typem jsou oprávkové aktivity, které zobrazují jednotkovou změnu v části výrobního procesu, tj realizují změnu v toku uvažované jednotlivé bilance. Také se musejí vázat k dané původní aktivitě (intenzifikace výroby). Posledním typem aktivit jsou doplňkové, které slouží k vyčíslení ekonomických, resp. jiných ukazatelů (náklady, výnosy, zisk) vektory (Získal a Švasta, 2005, s. 26).

- určení:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j = d_i \quad (\text{O } 3)$$

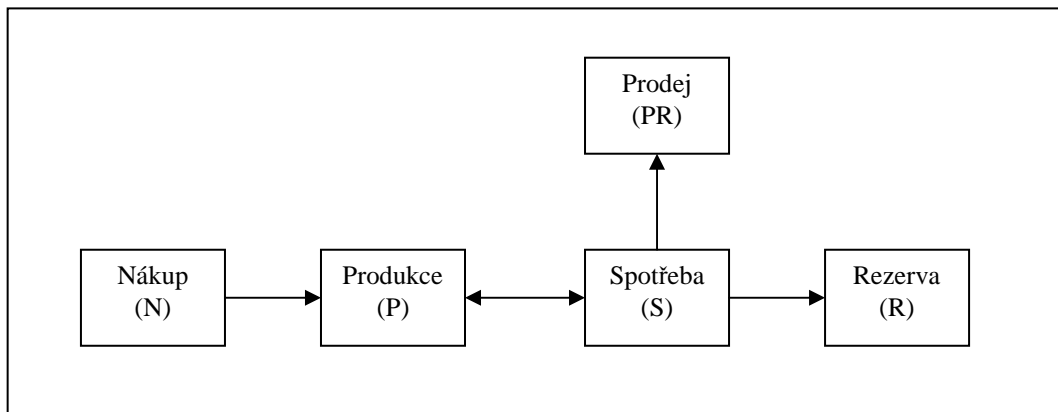
kteřé se používají jen v malém počtu, v modelu výroby zásadně pro využití orné půdy a luk, přidělení naturálií, v bilancích produkce rostlinné výroby apod.

- endogenní (vnitřní) vazby systému se modelují pomocí bilančních podmínek:

$$\sum_{j=1}^r a_{ij}x_j - \sum_{j=r+1}^n a_{ij}x_j = 0 \quad (\text{O } 4)$$

Příkladem je bilance rozdělení rostlinné produkce, bilance zvířat, bilance krmiv atd. Různé typy bilančních podmínek lze odvodit z Obrázku č. 2:

Obrázek č. 2: Schéma bilančních podmínek



Zdroj: Lineární programování V., 2005, s. 33

Na základě Obrázku č. 2 lze odvodit různé způsoby formulace bilančních podmínek:

- vyrovnaná bilance  $P \geq S$  a po úpravě  $S - P \leq 0$  nebo  $P - S \geq 0$ . Přednost dáváme prvé formulaci, i když z hlediska interpretace není výhodná<sup>11</sup>, ale z hlediska výpočetního je správná<sup>12</sup>,

<sup>11</sup> Záporná produkce

<sup>12</sup> Pouze doplňkové proměnné

- bilance s neúplným krytím  $P + N \geq S$  a po úpravě  $S - P \leq N$ ,
- bilance s přebytkem  $P \geq S + R$  resp.  $P - S \geq R$  nebo  $S - P \leq -R$ . U poslední formulace jde o formální úpravu vynásobením -1 z výpočetních důvodů,
- bilance s prodejem  $P \geq S + PR$  resp.  $P - S \leq -PR$ ,
- bilance s omezením  $P \leq S + L$  resp.  $P - S \leq L$ , kde  $L$  je stanovený limit, který nesmí být překročen (např. u produkce sušiny),
- poměrová bilance požaduje, aby požadované komponenty byly v určitém poměru, např. požadavek poměru škrobových jednotek a stravitelných dusíkatých látek v krmné dávce pro skot má být  $\check{S}J/SNL \geq 7/2$  a po úpravě  $2 \check{S}J - 7 SNL > 0$ .  $SNL \geq 2$  (Získal a Švasta, 2005, s. 34).

## 5.4 DYNAMIZOVANÉ MODELY

Většina reálných objektů a jevů má dynamický charakter. Dynamický model je takový, jehož stav se mění v čase. Stav systému lze klasifikovat z různých hledisek. Důležité je rozlišovat dva typy stavů. Prvním je stav rovnovážný, který splňuje určité, přesně definované podmínky rovnováhy (např. soustavou lineárních rovnic) a pro nerovnovážný je typické, že tyto podmínky nesplňuje.

### 5.4.1 *Dynamické modely*

Podle typu časové množiny  $T$  lze rozlišit dva základní typy dynamických modelů. První typy modelů jsou spojité (kontinuální) v čase. Časová množina  $T$  je množina reálných čísel zachycující spojité změny stavů. V obecnější formě lze tyto modely charakterizovat zápisem:

$$y = f(x, t),$$

O modely nespojité (diskontinuální) v čase se jedná tehdy, jestliže je množina  $T$  množinou celých čísel. Tyto modely vyjadřují nespojité změny stavů, tj. vyjadřují proces v různých po sobě následujících diskretních časových okamžicích. Změny procesů probíhají výlučně v období mezi těmito časovými okamžiky. V obecné formě lze tyto modely charakterizovat zápisem:

$$y = f(x_i),$$

Faktor času lze respektovat v nespojitých dynamických modelech těmito způsoby:

- Rozčleněním časového úseku na jednotlivé statické časové intervaly a jejich samostatné řešení (bloková pseudodynamizace),
- Zobrazením procesů několika období plánované periody v oddělených modelech vybudovaných jeden na druhém a postupně zpracovaných (rekurzivní modely),
- Simultánním zobrazením procesu v průběhu celého plánovaného období. Tento způsob umožňuje současné vyjádření dynamických vztahů v obou směrech, tj. předchozí vývoj i budoucí možnosti (dynamizované lineární modely).

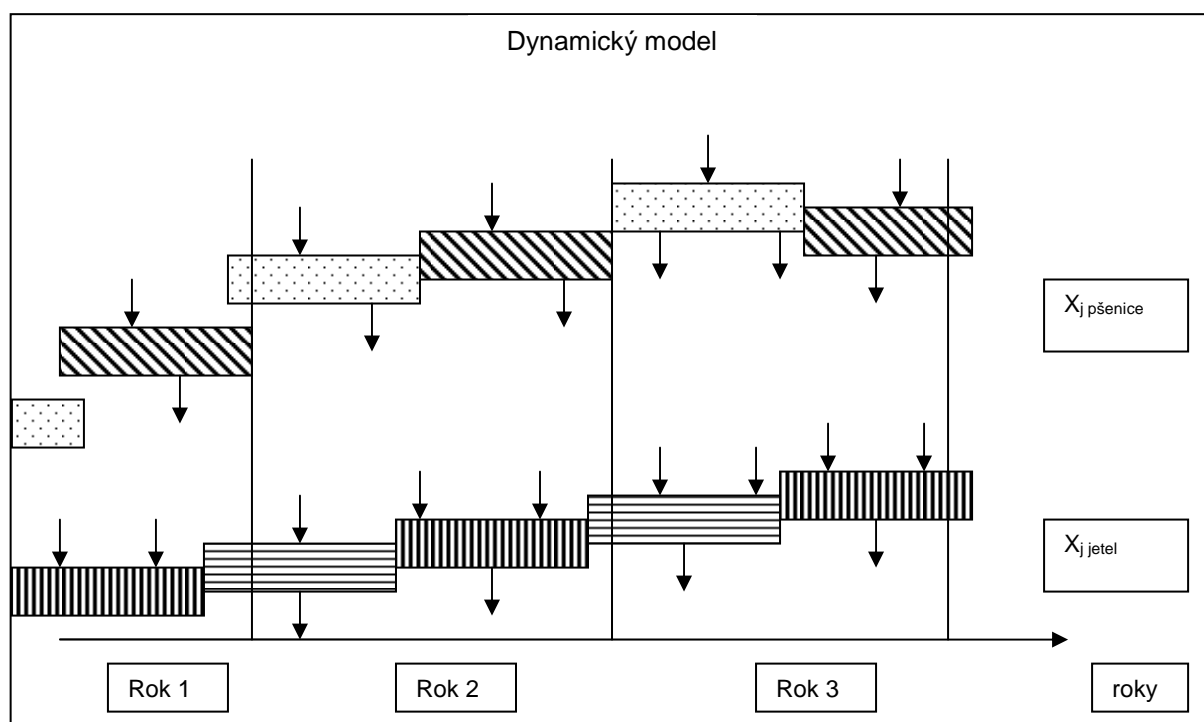
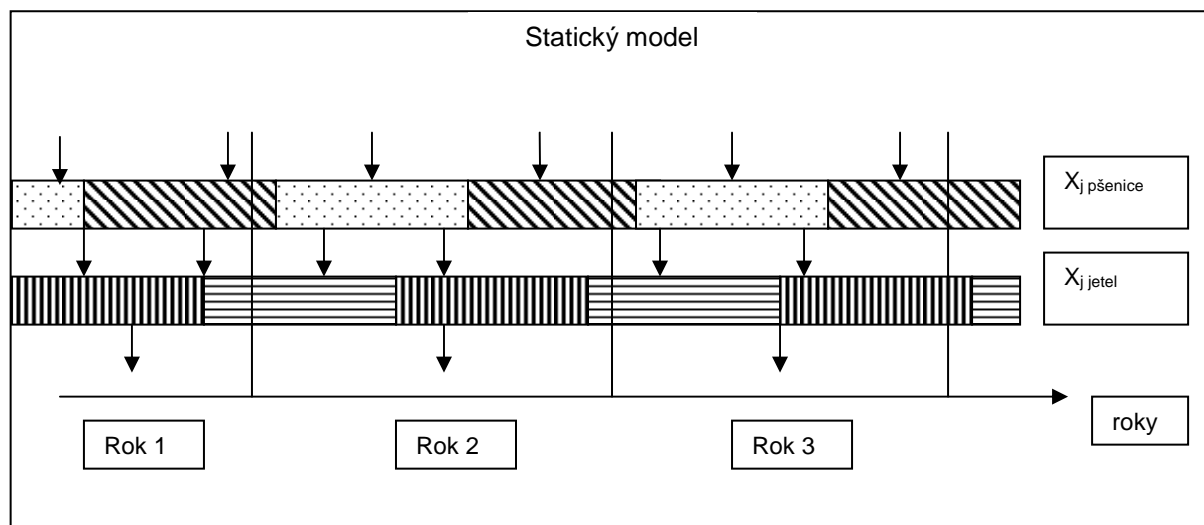
#### 5.4.2 Dynamizované lineární modely zemědělské výroby

Dynamizovanými lineárními modely rozumíme lineární optimalizační modely, které simultánním způsobem zobrazují vývoj daného systému. Toho docilují tím, že jsou jednotlivé aktivity umístěny do určitého časového období. Dynamizované lineární modely zemědělské výroby se dělí na:

- Dynamizované modely ročního cyklu – roční výrobní cyklus je členěn na dvě pololetí. Tyto modely se ukázaly pro krátkodobé plánování málo účelnými, neboť jsou pro jednoleté období příliš pracné, výpočet je drahý a konečný efekt výsledku je malý. Za základ krátkodobého plánování je nutno v zemědělském podniku považovat dvouleté období.
- Víceleté dynamizované modely – v nichž je časová množina  $T$  rozdělena na jednotlivé časové úseky stejné délky, obvykle roční. Modely nabývají velkých rozměrů a prakticky je lze využít pouze při velmi silných agregacích, čímž se ale snižuje jejich vypovídající schopnost.
- Horizontální modely – v nichž je časový horizont rozdělen na nestejně dlouhé časové úseky. Delší úseky se vyskytují ke konci celého období, neboť se zde pracuje s méně spolehlivými údaji.

Při dynamizaci aktivit upouštíme od předpokladu opakování výrobních cyklů, tj. volíme souvislou řadu období. Souvisle probíhající tok cyklů jednotlivých aktivit pak diferencujeme a časově odlišujeme pro jednotlivé časově orientované výrobní cykly, které mohou mít různou kvalitu a kvantitu. Jednotlivé takto diferencované aktivity označujeme indexem období. Zásadní rozdíly mezi statickým a dynamickým modelem jsou zobrazeny na Obrázku č. 3 (Získal a Švasta, 2005, s. 26).

Obrázek č. 3: Průběh aktivit ve statickém modelu



Zdroj: Lineární programování V., 2005, s. 26

## 5.5 HODNOCENÍ AGROLESNICKÝCH SYSTÉMŮ POMOCÍ METODY LINEÁRNÍHO PROGRAMOVÁNÍ

Metod hodnocení agrolesnických systémů je mnoho, ale jen některé z nich umožňují hodnotit adopční potenciál těch, kteří budou agrolesnické systémy implementovat v praxi. *Ex-ante* hodnocení pomocí metody lineárního programování je vhodným nástrojem, jak dosáhnout tohoto cíle. V následující kapitole bude uveden přístup a hlavní výsledky autorů, kteří této metody využili ve svých studiích v oblasti přijetí agrolesnických systémů na úrovni drobných zemědělců.

### 5.5.1 Hodnocení adopce zlepšených úhorů v Zimbabwe

Mudhara a Hildebrand (2004) využili metody lineárního programování při hodnocení adopce zlepšených úhorů (*improved fallow*) v Zimbabwe u drobných farmářů před jejich implementací v oblasti. Jednalo se o zlepšený úhor s využitím plodiny *Sesbania sesban*. Oblast, kde byla studie provedena, leží v severovýchodní části země, 80 km od hlavního města Harare. Převládající půdy v této oblasti mají přirozeně nízkou úrodnost, a proto potřebují vysokou úroveň vstupů.

Hospodářský systém farmářů je komplexní, neboť farmáři provozují několik různých činností, aby mohli zajistit svoje živobytí v podmínkách omezených disponibilních zdrojů. Převládající je rostlinná výroba a hlavní plodinou je kukuřice, která zaujímá přibližně 70% podíl disponibilní zemědělské plochy. Téměř polovina farmářů chová dobytek, který slouží také jako forma peněžní zálohy. Farmáři jsou také finančně závislí na členech, kteří již nežijí v domácnosti, ale podporují rodinu finančně.

Úroveň disponibilních zdrojů na farmě je definována počtem členů domácnosti, dále věkem a pohlavím toho, kdo vede celou domácnost, velikostí farmy a počtem dobytka. V modelu lineárního programování jsou úrovně disponibilních zdrojů vyjádřeny různým způsobem. Počet členů domácnosti byl ovlivněn věkem a pohlavím, což následně ovlivnilo také omezení disponibilních pracovních směn. Velikost disponibilní zemědělské plochy vstupovala do modelu jako jedno z omezení.



Data byla získána z dotazníkového šetření provedeného v celkem 105 domácnostech a posloužila jako aktivity modelu. Matice matematicko-technických koeficientů pro zlepšený úhorový systém byla získána z publikovaných výsledků místních institucí.

V programu Excel (Premium Solver Plus V3.5) byl sestaven pětiletý model lineárního programování, který odrážel hospodářský systém drobných farmářů. Účelová funkce v modelu maximalizovala příjem domácnosti ze zemědělských i nezemědělských aktivit, které jsou podmíněny mnoha omezeními, které odrážejí charakteristiky farmáře, jako je zajištění potravin, složení domácnosti farmáře, vlastnictví dobytka a disponibilní plocha.

Dostupný příjem domácnosti je příjem po zajištění základních životních nákladů. Účelovou funkcí se maximalizuje součet dostupných příjmů během všech pěti let. Rok je následně rozdělen do čtvrtletí, a pokud vznikne přebytek příjmu v jedné čtvrtině, je převeden do dalšího období na zajištění budoucích nákladů. Úroveň zdrojů se mění během roku s tím, jak se mění aktivity farmáře. V modelu se objevily aktivity rostlinné a živočišné výroby, nájem a prodej práce a další nezemědělské aktivity. Omezujícími podmínkami modelu bylo disponibilní množství půdy a zahrady, zásoba práce, peněžní prostředky, nezemědělské aktivity a autospotřeba.

Dle autorů je model lineárního programování vhodným nástrojem pro zachycení různých aktivit, které farmář vykonává. Požadavky na autospotřebu jsou zaintegrovány do modelu jako omezení, která jsou určena velikostí domácnosti, což vhodně odrážejí situaci drobných farmářů, kteří musejí svojí činností uspokojit potravinové zajištění. Jednotlivé aktivity v modelu vzájemně soutěží o omezené množství zdrojů, což znamená, že jedna aktivita může vstoupit do modelu pouze jako spotřeba jiné aktivity.

Jedním z výstupů modelu byly volby jedno-, dvou- nebo tříletého úhorového systému, který se farmář rozhodl realizovat v různých časových obdobích pětiletého cyklu. V každém roce obsadil jisté množství disponibilní zemědělské půdy. Výsledky modelu lineárního programování ukazují, že většina zemědělských domácností by přijala úhorový systém v prvním roce.

Přijetí úhorového systému by se mělo také projevit zvýšeným příjmem farmářů. Výsledky modelu také ukazují, že přijetí úhorového systému má rozdílný efekt u domácností, které mají

mezi jedním až čtyřmi členy. Průměrný roční příjem se postupně zvyšuje s rostoucím počtem členů pracujících na plný pracovní úvazek. Pouze domácnost s jedním členem pracujícím na plný úvazek by po přijetí úhorového systému zaznamenala růst příjmu. Domácnosti s většími farmami by byly schopny přijmout více úhorových systémů v porovnání s těmi menšími.

Zajímavé je také zjištění, že pokud je práce limitujícím faktorem, domácnosti adoptují úhorové systémy v menším rozsahu, což je způsobeno tím, že je potřeba více práce na obdělání úhorových systémů. Pokud mají farmáři přístup k hnojivům, využití úhorových systémů se snižuje. Farmáři, kteří nevládní žádný majetek, nemají přístup k nákupu hnojiv a potřebují adoptovat úhorový systém ve větší míře.

Z výsledků provedené studie lze konstatovat, že při daných ekonomických a sociálních podmínkách, by z adopce zlepšených úhorových systémů měli drobní farmáři v Zimbabwe užitek. Z toho vyplývá, že existuje potenciál pro adopci zlepšených úhorových systémů v dané oblasti. Vzhledem k vysoké míře inflace v Zimbabwe (odhad 600% ke konci roku 2003) a nedostatku chemických hnojiv, lze předpokládat, že budou ceny hnojiv spíše růst. Výsledky modelu lineárního programování ukazují, že podíl těch, co přijmou agrolesnické modely by měl také růst. Z tohoto důvodu by měly být tyto technologie v oblasti šířeny.

Zlepšené úhory by měly doplňovat farmářovy zdroje, které již využívá, spíše než jim konkurovat. Vedle jiných faktorů ovlivňuje přijetí tohoto systému vlastnictví dobytka, ale nebylo již zkoumáno využití organického hnojiva v technologiích úhorového systému. Daný region také není reprezentativním místem, kde převládá suché klima. Výkony tohoto systému by mohly přinést jiné výsledky v sušších oblastech, které mají jiné agro-environmentální podmínky.

Výsledky modelu představují dlouhodobé rozhodování o přijetí nové technologie, kdy mají farmáři všechny dostupné informace o dané technologii. Model ale nezkoumá, jak je adopční proces dlouhý, což bude záležet na tom, v jaké míře je technologie mezi farmáři šířena. Existují také další faktory, které nebyly do modelu zahrnuty, ale mohly by ovlivnit přijetí zlepšených úhorových systémů v oblasti. Patří k nim například fakt, že by mohl nedostatek palivového dřeva zvýšit adopční potenciál, protože by mohli farmáři získat palivové dřevo ze zlepšených úhorových systémů.

### 5.5.2 Hodnocení faktorů ovlivňujících přijetí zlepšených úhorů v Africe

Thangata a kol. (2003) využili metody lineárního programování při hodnocení faktorů, které ovlivňují přijetí zlepšených úhorů v severní Africe. Jejich práce představuje inovativní přístup v hodnocení přijatelnosti agrolesnických technologií, a to zlepšeného úhoru dvou křovinatých luštěnin, které jsou původním africkým druhem – *sesbania* a *tephrosia*. K tomu účelu použili model lineárního programování ze zjištěných údajů jako první ze tří kroků. Výstupy z lineárního programování byly použity do ekonometrického modelu a posledním krokem bylo sestavení hybridního modelu, který pomohl určit faktory určující přijatelnost agrolesnických postupů.

Tento postup je dle autorů vhodný v případě, kdy je počet dotazovaných farmářů nízký nebo když některé socio-kulturní faktory neumožňují vědcům zjistit potřebná data. Autoři ve své studii sledovali dva scénáře – v jednom provozuje farmář aktivitu prodej semen a ve druhém semena neprodává.

Model lineárního programování je adaptací lineárního programování, které bylo vyvinuto na univerzitě na Floridě. Etnografické lineární programování (ELP) je modelováno kvantifikací etnografických dat, které jsou většinou kvalitativní a tedy jak popisné, tak analytické. ELP simuluje různé strategie farmáře výběrem z alternativ jeho aktivit, které jsou mu k dispozici v rámci jeho zemědělské činnosti, a které reprezentují různé úrovně jeho rostlinné a živočišné výroby, disponibilní práce a půdy. Bere přitom v úvahu jejich náklady, výnosy a omezení.

ELP je velice efektivní v hodnocení rozhodování farmáře ohledně plánování využití půdy, protože bere v úvahu tři důležité aspekty:

- dostupné disponibilní zdroje (půda, práce, kapitál),
- různé cíle farmářské domácnosti (zisk nebo roční příjem, autospotřebu, touhu po vzdělání apod.),
- podmínky trhu (ceny, majetek apod.).

Model byl vytvořen pomocí programu Excel (Frontline system). Forma ELP má následující maticový zápis:

$$\begin{array}{ll} \text{Maximalizace} & z = cx, \\ \text{Při} & Ax \leq b, \\ & x \geq 0^{13}. \end{array}$$

Data využitá pro studii pocházela z výzkumu v Kasungu v Malawi a výzkum mezi farmářskými domácnostmi a neformální dotazníky byly hlavním zdrojem primárních dat pro ELP model. Celkem bylo dotazováno 40 domácností ohledně dostupné práce a jejího využití, složení rodiny a požadavků na autospotřebu. Sekundární agronomická data, jako výnosy z prvního roku po úhorech, byla získána z výzkumných stanic, z experimentů na poli a publikací.

Držba půdy ve sledované oblasti je větší, než je národní průměr. Z dotazníků také vyplynulo, že pokud o zemědělské činnosti rozhoduje žena, bývá velikost obdělávané půdy větší. Model také rozděluje úrovně disponibilních pracovních směn dle pohlaví a měsíců. Každý muž nebo žena pracuje 25 dní v měsíci. Množství práce v jakémkoliv měsíci tvoří součet všech členů domácnosti, kteří se aktivně podílí na zemědělské činnosti. Model umožňuje, aby mohl farmář najmout další množství práce a platil pracovníkům na konci každého roku. Vzhledem k tomu, že se ženy starají o děti, množství jejich disponibilní práce klesá. Pro práci dětí a autospotřebu je počítáno s nižšími hodnotami. Žádné nově narozené děti nebyly do modelu zahrnuty.

Vzhledem k tomu, že mají farmáři v oblasti omezené peněžní zdroje, jsou do značné míry závislí na zemědělských půjčkách. Aby měl farmář nárok na půjčku, musí pěstovat tabák a úroková míra dosahuje 55% (rok 2000/2001). Farmář má tedy možnost další aktivity – půjček. Model také umožňuje převést zisk z jednoho roku do druhého, aby mohlo být obchodováno se zemědělskými produkty po tom, co je uspokojena vlastní autospotřeba.

---

<sup>13</sup> Kde  $z$  je disponibilní příjem, který mají farmáři k dispozici na konci roku po tom, co využili omezených zdrojů (které reprezentují řádky matice) v různých aktivitách (které jsou reprezentovány sloupci matice).  $C$  je řádkový vektor ročního příjmu,  $x$  je sloupcový vektor jednotlivých úrovní aktivit (a všechny aktivity jsou větší nebo rovny nule).  $A$  je matice technických koeficientů a  $b$  je sloupcový vektor disponibilních zdrojů nebo omezení. Řádky matice také reprezentují další cíle domácnosti farmáře jako například zajištění nezbytné úrovně příjmu a potravinové bezpečnosti. Omezení autospotřebou v modelu odráží skutečnost, že před tím, než farmář vygeneruje jakýkoliv zisk, musí prioritně zajistit požadavky na autospotřebu celé domácnosti.

V počáteční fázi implementace zlepšených úhorů ve sledované oblasti byla semena plodin *sesbania* a *tephrosia* od farmářů odkupována a to ovlivnilo ekonomickou situaci farmářů. Aby se mohlo ohodnotit, zda má dodatečný příjem z prodeje semen ze zlepšených úhorových systémů vliv na jejich přijetí, byly testovány dvě varianty – jedna zahrnovala aktivitu prodeje semen a druhá byla bez této aktivity.

První model byl vyvinut bez agrolesnictví, aby mohl simulovat situaci, kdy farmáři nepřijmou tuto technologii. Tento model bere v úvahu všechny aktivity farmáře jako celek (tento model nezahrnuje chov dobytka, protože u většiny farmářů převládá rostlinná výroba). Následně je sestaven model, kdy je dostupná agrolesnická technologie ve dvou scénářích. Ve všech případech je model lineárního programování sestaven na deset let.

Z výsledků vyplývá, že nejdůležitějšími proměnnými ovlivňujícími přijetí zlepšeného úhoru jsou celková disponibilní plocha a počet lidí v domácnosti. Na přijetí agrolesnického systému nemá vliv, zda je hlava rodiny muž nebo žena. Výsledky také ukazují, že farmáři, kteří mají přístup k půdě, budou adoptovat agrolesnické systémy, protože mají možnost prodávat semena. Farmáři, kteří jsou schopni ušetřit část příjmů pro budoucí potřebu, zakládají méně parcel úhorového systému. To se vztahuje také na ty, kteří mají větší přístup k finančnímu kapitálu, protože mají tendenci pěstovat více tabáku.

Hlavním poučením plynoucím z výsledků provedené studie je, že největší úsilí věnované přijetí zlepšených úhorů, by mělo přímo směřovat na ty farmáře, kteří mají dostatečné množství půdy. Výhodou uvedeného přístupu dle autorů je to, že je ve studiích možné identifikovat důležité proměnné i při malých vzorcích výzkumu. V dalších studiích by bylo zajímavé porovnat, pro kterou ze dvou plodin zlepšeného úhoru se farmář rozhodne.

## 6 REGION UCAYALI

Tato kapitola bude věnovaná popisu regionu Ucayali, ve kterém se nacházejí všechny vesnice, ve kterých proběhl vlastní výzkum. Bude uvedena jeho základní charakteristika, ekonomické údaje a fakta o agrolesnictví v regionu.

### 6.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA REGIONU

Region Ucayali je situován v centrální východní části Peru ( $8^{\circ}23'11''$  severní šířky a  $74^{\circ}31'43''$  východní délky) a je součástí Amazonské pánve<sup>14</sup>. Na severu sousedí s regionem Loreto, na jihu s regiony Cuzco a Adres de Dios, na západě s regiony Huanuco a Junín a na východě s Brazílií (Křístková a Kalabisová, 2006). Region Ucayali je rozdělen do čtyř provincií: Coronel Portillo, Atalaya, Padre Abad a Purús.



Rozloha regionu Ucayali je  $102\,410.55\text{ km}^2$ , což odpovídá 7.97% celkové rozlohy Peru. Téměř celá jeho plocha se nachází v nadmořských výškách mezi 150 až 450 metry nad mořem a je pokryta lesy a bujnou tropickou vegetací. Převládající klima je teplé a vlhké s průměrnými ročními srážkami 2 344 mm, které ale nedosahují úrovně průměrných srážek typických pro tropické lesy vyšších nadmořských výšek (4 000 mm). Teploty se pohybují v rozmezí mezi  $19^{\circ}\text{C}$  a  $30.6^{\circ}\text{C}$  a průměrná roční teplota dosahuje  $26.7^{\circ}\text{C}$  (Gobierno Regional de Ucayali, 2006a).

Zdroj: Gobierno Regional de Ucayali, 2006a

---

<sup>14</sup> Amazonie je region tropických lesů, který se rozkládá na téměř 8 milionech  $\text{km}^2$ . Rozkládá se na území devíti států a teritorií (Brazílie, Bolívie, Peru, Ekvádor, Kolumbie, Venezuela, Surinam, Guinea a Francouzská Guinea). Je odhadováno, že Amazonská pánev představuje 50% globální bioverzity a 70% všech rostlinných druhů planety (IUCN, 2008).

V regionu Ucayali žije 468 922 obyvatel, což je 7.7% celkové populace Peru. Většina obyvatelstva (86.5%) mluví španělsky, 2.3% mluví kečuánsky a 0.5% aymarsky. Dalšími indiánskými jazyky mluví 9.9% obyvatelstva. Do oblasti Ucayali se soustředí poměrně silný imigrační tok<sup>15</sup> z horských částí Peru. Většina přistěhovalců v regionu se usadila v okolí hlavní spojovací tepny mezi Limou a hlavním městem regionu Ucayali – Pucallpou. Věková struktura odpovídá rozvojové zemi: více než 50% obyvatelstva je mladší 20ti let.

Téměř 50% obyvatelstva absolvovalo pouze základní školu, 12% je negramotných (s převahou žen). V roce 2002 bylo v regionu Ucayali 173 756 žáků, z toho v provincii Coronel Portillo 81%, Padre Abad 10%, Atalaya 8% a v provincii Purús 1%. Dále 23% dětí školního věku nemělo přístup k základnímu vzdělání, pouze 77% žáků bylo zaspáno do školy. Z tohoto počtu dokončilo ročník 84%, 13% ukončilo školní docházku z různých důvodů a zbylých 6% muselo ročník opakovat.

Tabulka č. 11: Základní indikátory vzdělávání v jednotlivých provinciích regionu Ucayali za rok 2002

PROVINCIE	POČET ŽÁKŮ	BILINGNÍ VZDĚLÁVACÍ CENTRA	POČET UČITELŮ	VZDĚLÁVACÍ CENTRA	ÚROVEŇ ODCHODU ZE ŠKOLY	ÚROVEŇ NEGRAMOTNOSTI
CELKEM	173 756	349	6 781	1 326	12,85	12,02
Coronel Portillo	141 260	152	5 397	879	8,72	9,80
Atalaya	13 119	150	597	229	12,96	11,40
Padre Abad	17 435	12	669	175	15,93	12,10
Purús	1 942	35	118	43	13,77	14,80

Zdroj: Plan de Desarrollo Regional Concentrado, 2006b

V regionu Ucayali jsou 2 nemocnice a 15 zdravotních center : 65% infrastruktury se nachází v provincii Coronel Portillo, 17% v provincii Padre Abad, 14% v provincii Atalaya a 4% v provincii Purús. Na 100 000 obyvatel připadá 12.7 doktorů, což je o více než 60% méně, než stanovuje norma (tento počet by měl být zvýšen na 30) (Gobierno Regional de Ucayali, 2006b).

<sup>15</sup> 34.7% obyvatelstva se narodilo v jiném peruánském regionu

## 6.2 EKONOMICKÉ ÚDAJE

Míra chudoby je 70.5% a populace žijící v extrémní chudobě dosahuje 44.5%, což řadí region Ucayali na deváté místo v celém Peru (Webb a Baca, 2006). Míra indexu lidského rozvoje je 0.55, což odpovídá průměrným hodnotám a jeho nejnižší hodnoty vycházejí pro ty části, kde převažuje tropický les. Za těmito rozdíly v indexu lidského rozvoje stojí míry HDP na jednoho obyvatele a nerovnoměrné rozdělení příjmů. Úroveň nezaměstnanosti v roce 2002 v Pucallpě dosáhla 9.6% (Gobierno Regional de Ucayali, 2006a).

Dle statistik nemá 61.3% domácností uspokojenu alespoň jednu základní potřebu a 31.9% dvě nebo více základních potřeb. V roce 2001 nemělo 66.7% populace regionu přístup k pitné vodě, 76.9% k odpadnímu potrubí a 44.2% k elektřině. Existují ale také provincie a distrikty, kde tento poměr dosahuje téměř 100% (Gobierno Regional de Ucayali, 2006b).

V roce 2001 přispěl region Ucayali k celkovému národnímu HDP 462 milióny amerických dolarů, což odpovídá 0.94% HDP celé země. HDP na jednoho obyvatele bylo 1 026 amerických dolarů. K hlavním produkčním aktivitám patří zpracovatelský průmysl, zemědělství a obchod (Křístková a Kalabisová, 2006).

Tabulka č. 12: HDP Ucayali v roce 2001

Sektor	Ucayali	Peru
Zemědělství	15.0%	7.7%
Rybolov	1.2%	0.8%
Těžební průmysl	5.5%	5.8%
Zpracovatelský průmysl	22.0%	15.9%
Elektrárny a vodní průmysl	6.6%	2.6%
Stavebnictví	3.7%	5.5%
Obchod	11.1%	14.8%
Doprava a komunikace	6.5%	9.0%
Restaurace a hotelnictví	5.2%	4.5%
Státní sektor	7.5%	8.1%
Další služby	15.7%	25.2%
<b>Celkem</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>

Zdroj: Plan de Desarrollo Regional Concentrado, 2006b



Tabulka č. 12 uvádí produkční aktivitu Ucayali ve srovnání s celonárodními hodnotami a Tabulka č. 13 pak vývoj HDP za jednotlivé ekonomické aktivity mezi roky 1994-2001 v běžných cenách (procentní struktura).

Tabulka č. 13: Vývoj HDP za jednotlivé ekonomické aktivity mezi roky 1994-2001

Rok	Celkem [%]	Ekonomická aktivita [%]										
		Z	R	TP	ZP	EVP	S	O	D/K	R/H	SS	O
1994	100	19.41	0.7	0.1	23.8	0.7	4.8	14.8	6.6	6.3	6.8	16.0
1995	100	16.41	1.1	0.1	25.6	1.3	4.6	14.5	6.4	6.1	7.5	16.4
1996	100	15.81	0.9	0.0	24.9	2.5	6.3	13.7	6.0	5.7	7.3	17.0
1997	100	12.61	1.4	0.0	24.7	4.4	5.9	13.9	6.2	5.9	7.2	17.8
1998	100	15.61	2.7	1.7	24.8	5.9	5.4	11.6	5.4	5.0	6.3	15.6
1999	100	16.81	1.2	3.2	21.8	10.2	5.8	10.4	5.2	4.7	6.4	14.1
2000	100	15.81	1.4	5.7	21.4	9.3	3.4	10.9	5.7	4.9	7.0	14.6
2001	100	15.01	1.2	5.5	22.0	6.6	3.7	11.1	6.5	5.2	7.5	15.7

Pozn: Z – Zemědělství, R - Rybolov, TP - Těžební průmysl, ZP - Zpracovatelský průmysl, EVP - Elektrárny a vodní průmysl, S - Stavebnictví, O - Obchod, D/K - Doprava a komunikace, R/H - Restaurace a hotelnictví, SS - Státní sektor, O - Ostatní.

Zdroj: Almanaque de Ucayali, 2006

Vážným nedostatkem je velmi špatná dopravní infrastruktura, zvláště v provinciích Atalaya a Purús, ve kterých je zemědělská aktivita určena především na autospotřebu. V provincii Coronel Portillo převládají obchodní aktivity a služby. Soukromý sektor se soustředí především na investice zvláště v oblasti těžby dřeva a obchodování.

## 6.3 LESNICTVÍ V REGIONU

Rozsáhlé osidlování celé oblasti začalo ve 40. letech 20. století po konstrukci hlavní cesty spojující hlavní přítok Amazonky – řeku Ucayali s hlavním městem Limou. Mnoho obyvatel se do Amazonské oblasti přistěhovalo s vidinou lepšího živobytí, ale jen malá část z nich zrealizovala velké finanční zisky z prodeje dřeva. Region Ucayali patří spolu s dalšími regiony Amazonské části k nejchudším peruánským oblastem.

Domorodé komunity Shipibů již dlouhou dobu sídlí kolem řek v regionu Ucayali, které slouží jako hlavní transportní cesty. Mezi roky 1880 až 1940 byla oblast objevena Evropany, kteří začali v oblasti s masivní těžbou dřeva, což následně způsobilo ekonomickou revoluci v celém regionu a první propojení s mezinárodním obchodem (White a kol. 2005a).

V současné době je ekonomická aktivita regionu Ucayali vysoce závislá na přírodních zdrojích, které poskytuje půda. Region Ucayali je velice významným zdrojem dřeva celého Peru. Většina vyprodukovaného dřeva je spotřebována přímo v Peru, zvláště v hlavním městě Limě. Region Ucayali dodává téměř 36% řeziva vyprodukovaného v Peru, 60% latí a 32% podlahového materiálu (Inrena, 1994, cit. v White a kol., 2005b).

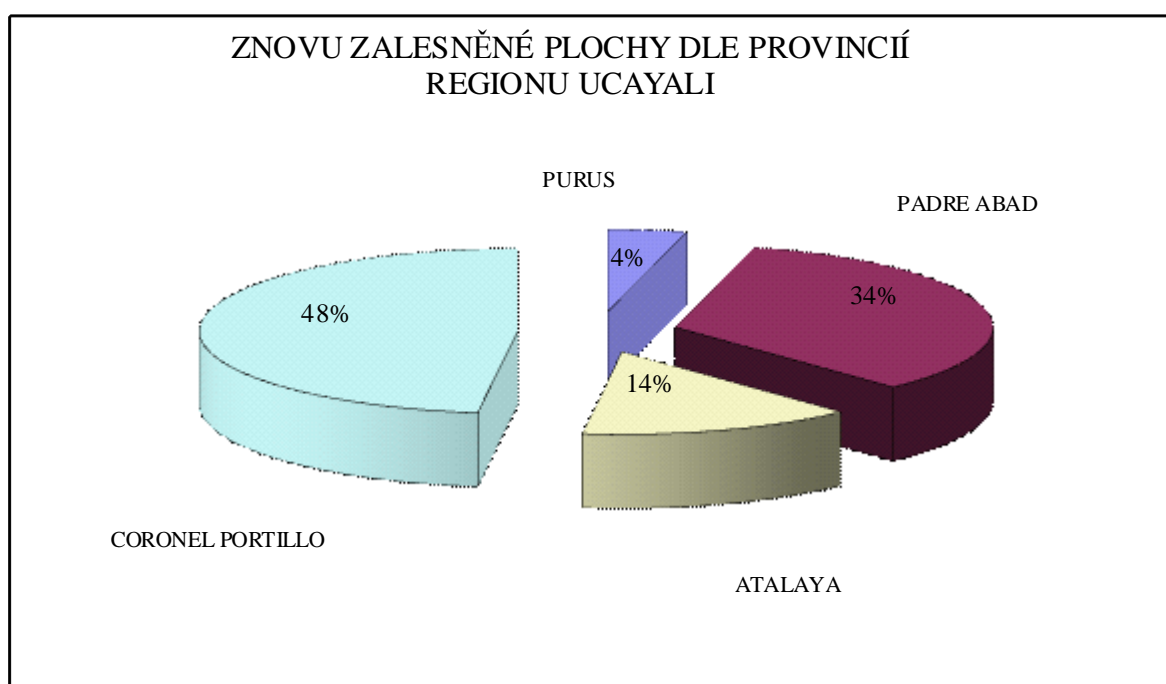
Ironií faktu je, že samotní obyvatelé regionu Ucayali mají velice malý přínos z hodnoty svých lesních zdrojů. I když těžba, transport a řezba dřeva generují pracovní místa, většina vytvořeného bohatství nezůstává v Ucayali a je exportována z tohoto z regionu (White a kol. 2005a). Existuje také vysoké procento ilegální těžby. Odhaduje se, že 80% vytěženého dřeva z Ucayali má původ v ilegální těžbě, což odpovídá přibližně 3 ha/den.

### 6.3.1 Zalesněné plochy

Ucayali se rozkládá na 102 410 km<sup>2</sup>, což reprezentuje 7.97% rozlohy Peru a 19.6% Amazonie. Téměř 85% (8 704 896 ha) jeho plochy je zalesněné. Tropické lesy regionu Ucayali se vyznačují velkou biodivezitou fauny i flóry (především rostliny pro lékařství s širokým využitím v tradiční medicíně). Existuje v nich přes 2 000 druhů dřevin a z nich lze obchodovat s 89 druhy (Gobierno Regional de Ucayali, 2006b).

V roce 2001 dle nařízení Comité de Reforestación de Pucallpa (CRP) realizovala Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA) projekt s názvem „Evaluación y diagnóstico de áreas reforestadas por el comité de reforestación de Pucallpa periodo 1983-2000“. Z něj vyplynulo, že od roku 1983 bylo znovu zalesněno celkem 29 096.24 ha (Coronel Portillo – 48.3%, Padre Abad - 34%, Atalaya - 14.2%, Purús – 3.6%).

Tabulka č. 14: Znovu zalesněné plochy v jednotlivých regionech regionu Ucayali



Zdroj: Diagnóstico de los recursos naturales de la Región Ucayali, 2004

V jednotlivých distriktech jsou největší podíly zalesněných ploch v tomto pořadí: Padre Abad 16.8% a Irazola 14% (v provincii Padre Abad), Iparía 11.1%, Callería 10.7%, Masisea 10.1% a Campo Verde 8.5% (v provincii Coronel Portillo) a Antonio Raymondi 10.2% (v provincii Atalaya). Ze studie dále vyplynulo, že od roku 1994 do roku 2000 se zalesnilo 91% plochy a průměrný roční přírůstek se pohyboval mezi 1 200 ha až 7 000 ha, a mezi roky 1993 až 1994 jen 9% (viz Příloha č. 4). V této příloze jsou také uvedena data za produkci kulatiny v m<sup>3</sup> v regionu Ucayali mezi roky 1993 – 2001 (Gobierno Regional de Ucayali, 2004).

### 6.3.2 Podmínky k výzkumu

Dle Whita a kol. (2005b, s. 14) je region Ucayali ideálním místem výzkumu v oblasti lesnictví a to ze třech důvodů. Za prvé pro své bio-fyzikální charakteristiky (jako např. množství srážek, půdy), které jsou podobné mnoha jiným regionům Amazonie. Z tohoto důvodu mohou být výsledky provedených výzkumů široce aplikovány a srovnány s většími regiony Amazonie.

Za druhé, přibližně padesát let odlesňování a prudký nárůst populace způsobily, že na relativně malém území (2% peruánské Amazonie) jsou aplikovány různé postupy využívání půdy. A za třetí, změny ve využívání půdy, které byly v regionu Ucayali aplikovány dříve, mohou sloužit jako vzorec pro ostatní regiony, kde k těmto změnám teprve dojde. Zatímco 10% peruánské Amazonie (80 000 km<sup>2</sup>) je objektem odlesňování, ve 25% regionu Ucayali již byly praktikovány jiné postupy využívání půdy. V následující Tabulce č. 15 je možné vidět plochy odlesňování v jednotlivých regionech Peru.

Tabulka č. 15: Plochy odlesňování v jednotlivých vybraných regionech Peru

Region	Plocha původního amazonského pralesa [ha]		Průměrná roční plocha odlesňování [ha]	Odlesňování			
	Plocha [ha]	Plocha amazonského pralesa [%]		1995		2000	
				[ha]	[%]	[ha]	[%]
Loreto	36 279 500	48.01	54 712	1 312 859	1.74	1 586 417	2.1
Ucayali	10 137 500	13.42	30 787	7 23 778	0.96	877 713	1.16
Madre de Dios	8 460 000	11.20	7 075	116 521	0.15	151 626	0.2
San Martin	4 904 800	6.49	57 521	1 638 813	2.17	1 926 418	2.55
Amazonas	3 464 300	4.58	37 812	1 671 806	2.21	1 860 866	2.46
Cusco	3 406 200	4.51	19 619	469 866	0.62	567 961	0.62
Junin	2 338 600	3.09	24 453	782 976	1.04	905 241	1.2
Huanaco	2 296 500	3.04	16 035	642 511	0.85	722 686	0.96
Další regiony	4 273 500	5.66	13 144	894 897	0.21	959 887	0.22
CELKEM	75 560 900	100	261 158	8 254 027	10.92	9 558 815	12.05

Zdroj: Inrena, 1997

## 7 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Řešená disertační práce vychází z dlouhodobého zkoumání agrolesnických systémů, které se staly hlavní náplní dvou projektů České zemědělské univerzity (ČZU) v regionu Ucayali v centrální části peruánské Amazonie. Institut tropů a subtropů (ITS) ČZU uskutečnil v dané oblasti mezi roky 2003-2006 projekt s názvem „*Peru - Zřízení rozvojového a extenzifikačního centra v amazonské pánvi Peru za účelem vytváření trvale udržitelných technologií v zemědělství*“. Jednalo se o oficiální projekt české rozvojové spolupráce, jehož gestorem se stalo Ministerstvo zemědělství ČR (Grant č. 80/03-06/MZe/B, RP-Peru).

Projekt si kladl celkem tři cíle a to zvýšení příjmů a potravinového zabezpečení drobných zemědělců, uchování přirozené biologické rozmanitosti a snížení míry odlesňování v okolí města Pucallpa. Projekt přitom sledoval hlavní problém, kterým je stále postupující odlesňování a zhoršování kvality půdy v důsledku využívání neudržitelných zemědělských metod. Výsledkem tohoto projektu bylo založení Centra pro výzkum a rozvoj venkova v Amazonii (CIDRA) při univerzitě v Pucallpě, zavedení alternativních zemědělských metod v několika komunitách, zavedení technologií, které drobní zemědělci v dané oblasti dosud nevyužívali a podpora odbytu finálních produktů drobných zemědělců.

Na tento projekt navázal v roce 2007 další s názvem „*Udržitelné nakládání s přírodními zdroji v oblasti Amazonie (Peru)*“. Projekt bude ukončen v roce 2009 a jeho gestorem se stalo opět Ministerstvo zemědělství České republiky (Grant č. 23/MZe/B/07-10).

Náplň, stejně jako zadání disertační práce byly konzultovány s hlavním řešitelem obou projektů – Ing. Bohdanem Lojkou, PhD. (vedoucí Katedry tropických a subtropických plodin a agrolesnictví, Institut tropů a subtropů, ČZU) s cílem co nejvíce postihnout reálnou situaci místních farmářů a zanalyzovat hlavní předpoklad implementace agrolesnických systémů v oblasti – adopční potenciál u drobných farmářů. I když je výzkum v oblasti veden již od roku 2003, adopční potenciál u drobných farmářů zatím nebyl analyzován, i když jde o velice důležitý prvek celého procesu implementace.

Řešená disertační práce a její výsledky napomohou přispět ke splnění cílů projektu „*Udržitelné nakládání s přírodními zdroji v oblasti Amazonie (Peru)*“, především pak

k procesu implementace agrolesnických systémů vedoucímu ke zvýšení udržitelnosti zemědělství v regionu Ucayali.

Po prvotním seznámení s problematikou agrolesnických systémů následoval tříměsíční pobyt v oblasti výzkumu – regionu Ucayali v Peru. Hlavním cílem tohoto pobytu byl sběr primárních dat od drobných farmářů a sekundárních dat od místních institucí. Zpracování získaných dat bylo předmětem mnoha analýz i výstupů v podobě publikovaných článků. Přehled grantů, jejichž obsahem byly tyto analýzy, jsou následující:

- Interní grantová agentura ČZU 2008-2009 (Jana Kalabisová - hlavní řešitel) – „Rozšíření modelu lineárního programování pro evaluaci navrženého agrolesnického systému v regionu Ucayali, Peru“,
- Interní grantová agentura ČZU 2007-2008 (Jana Kalabisová - hlavní řešitel) – „Aplikace metody lineárního programování pro evaluaci navrženého agrolesnického systému v regionu Ucayali, Peru“,
- Interní grantová agentura ČZU 2006-2007 (Jana Kalabisová - hlavní řešitel) – „Finanční toky v zemědělských domácnostech“,
- Celoškolská interní grantová agentura ČZU 2006-2007 (Jana Kalabisová - spoluřešitel) – „Posouzení ekonomického dopadu navržených agrolesnických systémů v regionu Ucayali, Peru“.

Hlavním cílem řešené disertační práce je na základě *ex- ante* hodnocení zjistit předpoklady přijatelnosti agrolesnických systémů u drobných farmářů ve sledované oblasti za účelem jejich adopce. Agrolesnické systémy ještě nebyly v oblasti plně implementovány vzhledem k dlouhému produkčnímu cyklu, a z tohoto důvodu je nezbytné jistit, zda jsou udržitelným zemědělským systémem při omezených rozhodovacích možnostech místních farmářů.

Dílní cíle disertační práce jsou následující:

1. Sestavit metodický postup (model lineárního programování) pro modelování zvoleného agrolesnického systému.
2. Zanalyzovat faktory ovlivňující přijatelnost agrolesnického systému u drobných farmářů.
3. Zhodnotit předpoklady adopce navrženého agrolesnického systému v oblasti.

## 8 METODIKA DISERTAČNÍ PRÁCE

Pro splnění hlavního i dílčích cílů této disertační práce byly k třídění poznatků a informací použity metodické postupy, které se soustředily na analýzu vědeckých publikací, odborných textů, informací získaných na odborných konferencích a seminářích a především závěry vlastního výzkumu. Většina dokumentů, ze kterých bylo v disertační práci čerpáno, byla v anglickém nebo španělském jazyce, neboť o této problematice není mnoho dostupných zdrojů v českém jazyce.

Na adopci agrolesnických systémů je možné se dívat ze dvou perspektiv. Na makroekonomické úrovni se studie zabývají tím, jak bude přijímání agrolesnických systémů probíhat mezi populací nebo v různých regionech. Cílem těchto analýz je především identifikovat specifické trendy během určitého časového úseku, spíše, než se zabývat inovativním procesem. Analýzy studií, které se zabývají šířením nových postupů, začínají po tom, co se inovace začne používat a zabývají se inovací jako dynamickým a uceleným procesem za určité časové období.

Na úrovni individuálních farmářů se každá domácnost rozhoduje o tom, zda agrolesnické systémy přijmout nebo ne a dále v jaké intenzitě bude toto přijetí provedeno. Studie v této oblasti se zabývají faktory, které toto rozhodnutí ovlivňují. Největší vliv je přitom přisuzován, zkušenostem a znalostem, kterých farmáři dosáhli.

Základní environmentální problém, který je obsahem celé práce, je ničení a degradace tropického deštného pralesa. Kontext celého tohoto problému je mimo jiné významně ovlivněn rozhodováním na úrovni několika typů aktérů (primární aktéři: drobní zemědělci, sekundární aktéři: vláda a místní instituce, terciární aktéři: nadnárodní instituce).

Navrhovaný model lineárního programování bude modelovat úroveň drobných zemědělců v oblasti. Jedná se o primární aktéry, kteří jsou nejbližší řešené problematice. I když to nejsou jediní primární aktéři, je jejich role v procesu odlesňování v dané oblasti naprosto stěžejní. V řešené dizertační práci se bude individuální farmář nebo farmářská domácnost rozhodovat o přijetí agrolesnických systémů. Pracuje se tedy s předpokladem, že pro daného farmáře bude toto přijetí znamenat inovaci v jeho postupech.

Ze sociologického hlediska je inovace idea, postup nebo cíl, který je jednotlivcem vnímán jako nový. Vzhledem k tomu, že je důraz kladen na vnímání, je nutné, aby byla inovace nová pro potenciálního příjemce. To předpokládá, že je inovace mentálním procesem, který probíhá od prvního seznámení se s touto myšlenkou až po přijetí inovace. Z ekonomického hlediska je inovace technologických faktorem produkce, který je vnímán s jistou úrovní nejistoty ohledně svých dopadů na produkci a s touto skutečností je nutné v analýze počítat.

Je třeba také pojednat o tom, co nazýváme procesem rozhodování. Na spotřebitele může být nahlíženo jako na toho, kdo chce maximalizovat svůj užitek při omezených zdrojích, jejichž prostřednictvím se dostává k dosažení svých cílů. Užitek je abstraktním termínem, který označuje soubor materiálních a nemateriálních hodnot, které spotřebitel vnímá jako důležité pro sebe i jednotku, kterou reprezentuje, tedy celou domácnost. Nejvýznamnějším materiálním statkem je bohatství (akumulace zisku). Příkladem nemateriálních hodnot je například to, aby bylo dětem zajištěno chození do školy, zdraví apod.

Spotřebitel se při svém konání rozhoduje o váze všech těchto cílů na základě svých získaných znalostí a zkušeností a bere v úvahu všechny prostředky, které má k dispozici. Například farmář, který se rozhoduje o pěstebních aktivitách pro další období, musí zvážit jednak hodnotu vydělaných peněz stejně jako náklad času, který mu zabere práce a omezené množství disponibilní půdy, které má k dispozici.

Matematické programovací modelování je velice vhodným nástrojem pro popis těchto druhů rozhodování. Je stanovena účelová funkce a soubor omezujících podmínek. Účelová funkce je kombinací cílů, které chce farmář maximalizovat, jako například akumulace zisku. Soubor omezení popisuje soubor variant a limitujících faktorů, které musejí být splněny. Příkladem takovýchto podmínek je například pěstební plocha, která nemůže být větší než disponibilní zemědělská plocha, kterou má farmář k dispozici. Tyto podmínky jsou následně formulovány v podobě matematických rovnic a nerovnic. Účelová funkce společně s omezujícími podmínkami popisuje celý rozhodovací proces farmáře (Jongkamp a kol., 2004, s. 24).

Z celé skupiny matematických modelů programování je lineární model programování považován jako vhodný model pro popis rozhodovacích možností farmáře. Tato metoda se ukázala být vhodným nástrojem již v předchozích analýzách. V těchto modelech je účelová



funkce lineární kombinací proměnných, které mohou být chápány jako dostupné prostředky, které má farmář k dispozici.

Celý postup sestavování modelu lineárního programování lze shrnout do těchto kroků:

1. definovat rozhodovací proces farmáře,
2. zajistit sběr a zanalyzovat dostupná data,
3. vybrat jednotky analýzy,
4. sestavit návrh modelu a jednotlivých rovnic,
5. odhadnout parametry modelu,
6. otestovat model v základním scénáři,
7. zhodnotit výsledky základního modelu,
8. navrhnout další varianty odvozené ze závěrů základního modelu.

### *8.1.1 Předpoklady analýzy na úrovni drobných farmářů*

Rozhodování drobného farmáře ovlivňují socioekonomické faktory jako dostupnost a držba půdy, dostupnost kapitálu a práce a přístup na trh (Szott a kol., 1999, s. 163). Práce může být hlavním limitujícím faktorem, který může rozhodnout o přijetí agrolesnického systému v oblasti (Craswell a kol., 1998, s. 121). Ve schématu modelovaném v této práci jsou uvažovány tři hlavní faktory a to práce, půda a kapitál.

Následující předpoklady modelu definují obecnou strategii drobných farmářů v tropické oblasti. Tato část si neklade za cíl popsat úroveň drobných farmářů v celé své komplexitě a diverzitě, ale popisuje prvky jejich rozhodnutí týkající se využití půdy:

- Cíle hospodaření farmářů v oblasti zahrnují především zajištění vlastní spotřeby a akumulaci jmění.
- Předpokládá se, že domácnost farmáře musí zajistit vlastní zemědělskou produkci až do výše uspokojení vlastních potřeb před hromaděním zisku.
- Rozhodování se uskutečňuje na úrovni celé farmářské domácnosti.
- Domácnost farmáře provádí oba dva druhy rozhodnutí – operativní (s krátkodobým efektem) a strategická (s dlouhodobým efektem). U strategických rozhodnutí může uběhnout více let mezi rozhodnutím a momentem, kdy se začnou důsledky rozhodnutí

projevovat. Tyto druhy rozhodnutí se týkají například pěstování víceletých plodin a stromů.

Operativní rozhodnutí jsou definována jako rozhodnutí s efekty, které se projeví v průběhu jednoho roku, kdežto u strategických rozhodnutí se projeví v průběhu několika let. V analýze provedené v této práci má farmář dvacetiletý plánovací horizont, ve kterém se plně projeví také důsledky strategického plánování.

- Autospotřeba je částečně zajištěna pěstováním manioku z vlastní produkce, částečně nákupem surovin na místním trhu, které jsou součástí životních nákladů farmáře.
- Farmář má celkem čtyři druhy investic, které mu přináší zisk – agrolesnické plodiny, monokulturní maniok, práci a úspory.
- Existuje předpoklad, že farmář prodává svoje produkty na místním trhu za jejich tržní ceny a ze zisku jsou již odpočítány náklady transportu.

## 8.2 POPIS VÝZKUMNÉ OBLASTI

Oblast, kde byl proveden výzkum, se nachází v provincii Coronel Portillo, která byla vytvořena 2. července 1943 pod správou regionu Loreto. Od 1. června 1982 byl vytvořen region Ucayali, jehož hlavním městem se stala Pucallpa. Provincie Coronel Portillo se rozkládá na území 36 815.86 km<sup>2</sup> s populací, která v roce 2003 dosahovala počtu 342 474 obyvatel a hustotu 9.3 obyvatel na km<sup>2</sup>. V této provincii se soustředí hlavní část populace regionu, celkem 74.4% a z tohoto důvodu se také stala nejdůležitější provincií celého regionu, kde se soustředí také hlavní objem infrastruktury, zdravotnictví, vzdělání a základních služeb. Provincie Coronel Portillo se dále dělí na distrikty Callería (s hlavním městem Pucallpa), Campo Verde (hlavní město Campo Verde), Iparía (hlavní město Iparía), Masisea (hlavní město Masisea), Yarinacocha (hlavní město Puerto Callao) a Nueva Requena (hlavní město Nueva Requena) (Gobierno Regional de Ucayali, 2006b).

Sběr primárních dat byl proveden ve třech vesnicích:

- Pimienta (Campo Verde, Carretera Federico Basadre, 34 km),
- Antonio Raimondi (Campo Verde, Carretera Federico Basadre, 19 km),
- Nueva Belén (Campo Verde, Carretera Federico Basadre, 15 km).

Všechny tři vesnice se nachází v nezáplavové oblasti provincie Coronel Portillo a jsou situovány blízko hlavního města regionu Pucallpy. Jde o typické příklady vesnic, kde se využívá tradiční způsob úhorového zemědělství.

Nueva Belén má přibližně 250 obyvatel a leží na opuštěném místě vzdáleném 15 km od Pucallpy, se špatným přístupem na hlavní silnici Federico Basadre spojující Limu a Pucallpu. Hlavní aktivitou místních farmářů je sběr divoce rostoucích rostlin a dřeva. Špatný přístup k trhu v hlavním městě je hlavním důvodem špatné situace zemědělství v této vesnici. Hlavními pěstovanými plodinami je maniok, rýže a ananas. Produktivní půda je chudá, poskytuje nízké výnosy a hlavním problémem, kterému musí místní obyvatelé čelit je plevel *Imperata brasiliensis*<sup>16</sup> (dále jen *Imperata*).

---

<sup>16</sup> Špatné a degradované půdy jsou často zamořeny trávou *Imperata*. Farmáři se v důsledku toho musejí přesunout jinam a vyčistit další část lesa, kde je půda úrodnější a tedy vhodnější pro pěstování zemědělských plodin (Cairns a Garrity, 1999, s. 38).

Antonio Raimondi leží 20 km západně od Pucallpy, 7 km od hlavní silnice vedoucí do hlavního města Limy. Vesnice má přibližně 250 obyvatel, kteří přišli do oblasti během posledních 25 let. Tato vesnice se nachází v odlesněném území a je obklopená pastvinami, které neposkytují kvalitní pastvu kvůli přemnožení plevele *Imperata*. Z tohoto důvodu není chov hovězího dobytka příliš rozvinut. Hlavními pěstovanými plodinami jsou maniok, rýže, kukuřice, citrusy a další ovoce. V současné době si většina farmářů přeje orientovat se na pěstování cukrové třtiny z důvodu větších výnosů.

Pimental leží 34 km od hlavního města, kde se také nachází menší správní jednotka – Campo Verde. Tato vesnice má kolem 500 obyvatel. I když je tato vesnice ze všech vesnic nejvzdálenější od hlavního města, je nejrozvinutější. Většina obyvatel se věnovala pěstování pepře, ale v posledních letech jeho cena výrazně klesla kvůli zvýšenému importu z okolních zemí. Půda je chudá a pěstují se na ní především citrusy, rýže a maniok. Ze zvířat se chovají krávy, slepice a prasata.

Všechny tři komunity jsou obvykle složeny z obyvatel, kteří se do oblasti přistěhovali během posledních 25 let z chudých pobřežních regionů a horských oblastí And. Mnoho lesů okolo těchto vesnic je již vykácených a velké plochy po lesním porostu se změnily v degradovaná pole, která zarostla plevely (především *Imperatou*). Farmáři buď založí svá pole na těchto degradovaných nebo hledají zalesněná území, která vykácí a založí nová pole.

Hlavní plodinou pěstovanou v oblasti je maniok, který je farmáři považován za jedinou plodinu, která může být na degradovaných půdách s *Imperatou* pěstována s nějakým ekonomickým přínosem. Maniok také slouží pro autospotřebu domácností farmáře a jako hlavní tržní plodina na lokálním trhu.

Dalšími plodinami v oblasti jsou rýže (*Oryza sativa*), kukuřice (*Zea mays*), banány (*Musa spp.*) a fazole (*Vigna spp.*), které jsou pěstovanými především na půdách lepší kvality především v primárním a sekundárním pralese.

Farmáři obvykle pěstují celou škálu ovoce zvláště v okolí svých příbytků v zahradách, v kombinaci se zeleninou a lékařskými plodinami. Někteří z bohatších farmářů vlastní několik kusů hospodářských zvířat jako skot, ovce a prasata, ale nejrozšířenější jsou kuřata.

Vzhledem k tomu, že provozování zemědělské činnosti se stává stále obtížnější, obyvatelé se stávají stále závislejší na sběru lesních produktů (jako lékařské bylinky, med nebo ovoce), rybaření a lovu ve zbylých částech tropického lesa. S většinou těchto produktů je obchodováno na lokálním trhu v Pucallpě, který je vzdálen asi hodinu cesty lokální dopravou, ale transport zemědělských produktů na trh je velice drahý.

Obyvatelé vesnic mají omezené možnosti zaměstnanosti mimo zemědělskou činnost. Výsledky studie provedené mezi červnem až zářím 2003 ukazují, že k největším problémům v oblasti zemědělství, pocíťovaným ze strany farmářů patří odlesňování, ztráta úrodnosti půdy, zamoření plevelem, riziko požárů, vysoké ceny transportu a nízké ceny zemědělských produktů na místním trhu (Lojka a kol., 2008, s. 27).

### 8.3 ZDROJOVÁ DATA

Dle Hudečkové a kol. (2009) se dva odlišné náhledy na poznávání sociálních jevů promítají do dvou základních přístupů v empirickém uchopení – kvantitativní a kvalitativní. Nejvyššího poznání se dosahuje kombinací obou přístupů a spíše se postupuje od kvalitativního ke kvantitativnímu. Hovoří se o tzv. „symbiotickém charakteru“ a je pro něj typické to, že začíná terénním šetřením, ale již v této fázi se srovnává pozorované s koncepty, které se sledovaného problému týkají.

Hlavní rozdíl mezi oběma technikami je ten, že ke konstrukci v kvalitativním přístupu lze použít mnoho znalostí shromážděných v teoretických a empirických studiích a opřít se o dosavadní odborné poznání „příbuzného charakteru“. Sleduje předmět do hloubky a proto na malém objektu. K svému provedení používá nestandardizovaných (pozorování, studium osobních dokumentů, vyprávění) nebo málo standardizovaných technik (rozhovory).

Po vybrání vhodné techniky je potřeba ověřit, zda je možné se od cílové skupiny dozvědět to, co je pro výzkum potřeba. Využívá se k tomu pilotní studie, která se provede tím spíše, čím méně známá je problematika šetření a šetřená populace (předmět výzkumu), a čím je složitější problematika šetření a šetřená populace (objekt výzkumu). Výsledky pilotní studie slouží k orientaci, jak velikou standardizaci bude třeba pro šetření použít. Rozhovor nemusí být silně standardizován vzhledem k přítomnosti tazatele a je zvolen v případě, že není známa problematika a populace do takových podrobností, která umožní silnou standardizaci otázek i odpovědí. Existují jistá zásadní pravidla pro tvorbu otázek i odpovědí a to s respektem k potřebě standardizovat.

První etapou zpracování disertační práce byl sběr primárních i sekundárních dat v oblasti výzkumu, který se uskutečnil v měsíci červnu až září 2006. Primární data byla získána terénním šetřením (kombinací kvalitativního a kvantitativního přístupu) a z demonstračních parcel agrolesnických systémů z výzkumné oblasti. Sekundární data byla získána od místních institucí (Gobierno regional, INEI<sup>17</sup>, INRENA<sup>18</sup>) a také ze studií a publikací různých autorů.

---

<sup>17</sup> INEI (Instituto nacional de estadística informática), Oficina departamental de estadística informática de Ucayali

<sup>18</sup> Instituto Nacional de Recursos Naturales

### 8.3.1 Terénní šetření

Účelem terénního šetření bylo zjistit ekonomickou situaci u co největšího počtu drobných farmářů, jejich zdroje, velikost příjmů a výdajů, spektrum zemědělských i dalších aktivit z podnikání i osobní charakteristiky jednotlivých farmářů a členů domácnosti. Ke sběru dat byla použita technika polostandardizovaných rozhovorů a to vzhledem k nedostatku zdrojových dat a podrobné znalosti místní populace.

Terénní šetření probíhalo od 10. června do 8. září 2006 v těchto vesnicích:

- Antonio Raymondi – 10 zemědělských domácností,
- Nueva Belén – 9 zemědělských domácností,
- Pimental – 41 zemědělských domácností.

Celkem byly získány informace od 60 domácností s celkem 270 členy, což představuje přibližně 27% populace všech tří vesnic. Ke sběru primárních dat byl sestaven záznamový arch pro rozhovor s převahou polootevřených otázek. Otázky byly vybrány tak, aby splnily účel, pro který byly rozhovory realizovány, a poskytly pohled do ekonomiky zemědělských domácností. Po pilotní studii byl upraven do konečné verze se 38 otázkami (viz Příloha č. 5). Tyto otázky byly rozděleny do třech skupin:

- informace o všech aktivitách farmáře a jeho zemědělské činnosti,
- osobní data (informace o rodině farmáře),
- informace o jeho celkových příjmech a výdajích.

Po návratu z dané oblasti byla provedena evidence a kontrola prvotních dokladů, příprava struktury datového záznamu, záznam dat (v programu Excel), kontrola úplnosti a uspořádání dat a jejich čištění, kvantifikace a zkušební výpočty. Následně byla předmětem různých analýz a publikační činnosti. V dizertační práci byla pro zpracování dat využita metoda deskriptivní statistiky (aritmetický průměr) a korelace.

Do dalších analýz budou zahrnuty pouze ty farmářské domácnosti, jejichž hlavní zdroje příjmů plynou z rostlinné výroby. Z celkového počtu 60 dotazovaných domácností má 33 hlavní zdroje příjmů z rostlinné výroby. Tyto farmářské domácnosti budou vybrány z toho důvodu, že struktura jejich aktivit bude lépe vyhovovat výběru modelové farmářské

domácnosti do modelu. Konkrétní výsledky z dotazníkového šetření jsou uvedeny v Příloze č. 6.

### 8.3.2 *Data z demonstračních parcel*

Pro konstrukci modelu lineárního programování byly potřebné ještě další údaje, které byly spojeny s výběrem stromů do agrolesnického cyklu (počty stromů pod.), pracovních směn na jednotlivé agrolesnické parcely a výnosů a tržeb jednotlivých agrolesnických plodin. Všechny tyto údaje byly poskytnuty Institutem tropů a subtropů ČZU v Praze dle zkušenosti získané z demonstračních parcel agrolesnických plodin v oblasti.

Dalším krokem metodiky je konstrukce dynamizovaného modelu lineárního programování, ale vzhledem k její rozsáhlosti je metodickému postupu konstrukce věnována samostatná kapitola (Kapitola č. 9).



## 9 METODICKÝ POSTUP KONSTRUKCE DYNAMIZOVANÉHO MODELU LINEÁRNÍHO PROGRAMOVÁNÍ

Pro pochopení celé konstrukce modelu lineárního programování je potřeba popsat navržený agrolesnický systém a cyklus střídání zemědělských plodin a stromů. Kapitola se bude dále věnovat deskripci jednotlivých procesů, činitelů a vztahů mezi nimi. Jejich podrobný popis je důležitý pro pochopení vzájemných vztahů, které budou hrát důležitou roli při formulaci a řešení modelu lineárního programování.

### 9.1 POPIS AGROLESNICKÉHO SYSTÉMU

Agrolesnický systém modelovaný v této disertační práci<sup>19</sup> je zjednodušeným obrazem reálné situace farmářů v oblasti, protože bere v úvahu pouze rostlinnou výrobu. Je to ze dvou důvodů:

- Převážná část farmářů v oblasti má většinu příjmů z rostlinné výroby,
- živočišná výroba je obecně ziskovější aktivitou z hlediska příjmů v dané oblasti a existuje proto předpoklad, že by byla v modelu lineárního programování zvýhodňovaná před rostlinnou výrobou a rozhodování farmáře by bylo tímto významně ovlivněno. Model se zaměřuje především na rozhodování mezi aktivitami rostlinné výroby a lze tak lépe sledovat proces rozhodování farmáře.

Agrolesnický systém byl navrhnout s ohledem na zkušenosti získané z demonstračních parcel Institutu tropů a subtropů ČZU v oblasti výzkumu a jedná se o tzv. systém *multistrata* (více viz Kapitola 3.3), ve kterém jsou plodiny s každoroční sklizní pěstovány mezi řádky stromů nebo křovin. Pro potřeby modelu lineárního programování bylo do agrolesnického systému vybráno celkem pět pěstebních aktivit:

1. maniok (*Manihot esculenta*<sup>20</sup>),

---

<sup>19</sup> Agrolesnický systém je třeba rozlišit od tzv. úhorového zemědělství – převládajícímu systému ve sledované oblasti. Tento systém je založen na rotaci monokulturního manioku s úhorovou fází *Imperaty* ve schématu: 1 rok monokulturní maniok, 3 roky úhor s *Imperatou* (Lojka a kol., 2008, s. 27). V agrolesnickém systému přitom budou zohledněny jisté prvky, které jsou pro něj specifické. Tato specifika se týkají úspory pracovních nákladů apod.

<sup>20</sup> Maniok (*Manihot esculenta*) – je hlavní plodinou pěstovanou v tradičních zemědělských oblastech tropických částí Latinské Ameriky. Je důležitým zdrojem živobytí pro mnoho komunit s flexibilní dobou sadby i sklizně

2. ananas (*Ananas comosus*),
3. guaba (*Inga edulis*<sup>21</sup>),
4. ovocný strom guanabana (*Annona muricata*<sup>22</sup>),
5. lesní dřevina bolaina (*Guazuma crinita* – tzv. bolaina blanca<sup>23</sup>).

Výběr těchto plodin reprezentuje tradiční druhy v oblasti. Dynamický model lineárního programování je navržen na dobu 20 let, aby zahrnul dlouhý produkční cyklus bolainy. Navržený agrolesnický systém na období 20 let je demonstrován v Tabulce č. 16.

Tabulka č. 16: Dvacetiletý agrolesnický produkční cyklus

	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5	Rok 6	Rok 7	Rok 8	Rok 9	Rok 10
ALK	M	M								
			A	A	A					
	IE	IE	IE	IE	IE					
	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Rok 11	Rok 12	Rok 13	Rok 14	Rok 15	Rok 16	Rok 17	Rok 18	Rok 19	Rok 20
ALK	M	M								
			A	A	A					
	IE	IE	IE	IE	IE					
	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Pozn:

ALK – agrolesnická parcela

M – Maniok, A – Ananas, IE – *Inga edulis*, G – Gunabana, B – Bolaina blanca

Zdroj: ITS ČZU

(Siqueira a kol., 2009, s. 104). V agrolesnických systémech typu *alley cropping* je doporučováno jej dlouhodobě pěstovat v společně s kukuřicí (Hauser a kol., 2000, str. 112). Maniok je v oblasti výzkumu často pěstován jako monokultura v systému žďárového zemědělství.

<sup>21</sup> Guaba (*Inga edulis*) – je tropický luštěninový strom, který poskytuje pěstovaným plodinám stín. Je používán na kakaových nebo kávových plantážích nebo jako strom v kombinaci s pěstovanými plodinami a systému *alley cropping* (Leblanc a kol., 2005, s. 123).

<sup>22</sup> Guanabana (*Annona muricata*) – tento ovocný strom je široce rozšířen v tropických oblastech celého světa a je pěstován především v zahradách. Lze z něj získat výnos mezi 3 až 10 tunami na ha a každé ovoce váží od 0.5 do 2 kg (Amusa a kol. 2003, s. 23).

<sup>23</sup> Bolaina blanca (*Guazuma crinita*) – je důležitým stromem pěstovaným na dřevo v agrolesnických plantážích peruánské Amazonie. Stromy jsou většinou vytěženy mezi 6-10 rokem věku. Poptávka po dřevě ale nutí farmáře a těžáře těžit stromy v dřívějších periodách (Rochon a kol., 2007, s. 29).

První rok je hlavní tržní plodinou maniok (M), který je zároveň hlavním zdrojem potravy pro celou rodinu farmáře. Maniok je pěstován na stejné parcele půdy společně s dalšími druhy stromů (*Inga edulis* – IE, gunabana – G a bolaina blanca – B). Následující rok je maniok na parcele pěstován znova, ale vlivem vyšší konkurence s ostatními druhy stromů jsou výnosy manioku nižší<sup>24</sup>. Vzhledem k tomu, že maniok již nemůže být pěstován na stejné parcele v důsledku vyšší konkurence o světlo a živiny se stromy, je třetí rok vystřídám ananasem (A).

Ananas je tolerantnější zemědělskou plodinou, které lépe snáší konkurenci o světlo a živiny a je pěstován až do pátého roku, kdy na zemědělské parcele převládnu stromy. *Inga edulis* (IE) je na parcele pěstována mezi prvním a pátým rokem celého cyklu, ale je pravidelně prořezávána s cílem minimalizovat konkurenci o světlo a živiny.

Od čtvrtého roku může být sklízena gunabana. Posledních pět let na parcele zůstávají pouze bolaina (B) a gunabana (G), které jsou postupně vytěžovány do konečného počtu 150 stromů na hektar. Konkrétní počty jednotlivých stromů za celý dvacetiletý cyklus jsou uvedeny v Tabulce č. 17.

---

<sup>24</sup> Drobní zemědělci zpravidla preferují sdružit mladé stromky s dalšími zemědělskými plodinami jako rýže (*Oryza sativa*), maniok nebo banány (*Musa sp.*) až do doby, kdy se stává stín stromů příliš intenzivní nebo kdy se půdní živiny, jejichž úroveň je zvýšena spálením předchozí lesní nebo úhorové vegetace vyčerpá (Schroth a kol., 2001, s. 90).

Tabulka č. 17: Počty stromů v průběhu celého cyklu na hektar

Roky cyklu	Guaba [stromy/ha]	Guanabana [stromy/ha]	Bolaina blanca [stromy/ha]	Celkem [stromy/ha]
1. rok	625	313	313	1251
2. rok	625	313	313	1251
3. rok	625	313	313	1251
4. rok	312	313	313	938
5. rok	312	200	200	712
6. rok	X	200	200	400
7. rok	X	200	200	400
8. rok	X	150	150	300
9. rok	X	150	150	300
10. rok	X	150	150	300
11. rok	625	313	313	1251
12. rok	625	313	313	1251
13. rok	625	313	313	1251
14. rok	312	313	313	938
15. rok	312	200	200	712
16. rok	X	200	200	400
17. rok	X	200	200	400
18. rok	X	150	150	300
19. rok	X	150	150	300
20. rok	X	150	150	300

Pozn.: X - daný rok není guaba na parcele pěstována

Zdroj: ITS ČZU

Celá rotace plodin je ukončena desátý rok, kdy je z dané parcely půdy vytěženo veškeré dřevo bolainy. Rotace plodin začíná na stejné parcele podle uvedeného schématu od začátku (v Tabulce č. 17 je to 11 až 20 rok), to znamená, že je celý agrolesnický cyklus na dané parcele půdy ukončen dvacátý rok.

V modelu navrhovaném v této práci je celková disponibilní plocha farmáře rozdělena na devět parcel (Tabulka č. 18), které jsou obdělávané po jednotlivých rocích. Tohle rozdělení bylo zvoleno ze dvou důvodů:

- zajištění roční autospotřeby manioku rodinou farmáře: vzhledem k tomu, že je maniok pěstován pouze v prvních dvou letech cyklu, je třeba pozemek farmáře rozdělit na minimálně devět parcel, aby byl zajištěn stanovený roční objem manioku,
- vysoké náklady založení parcel: v prvních rocích agrolesnického cyklu jsou vyšší náklady na založení parcel vlivem vyšších vstupů a nákladová náročnost se tak rozdělí do více let.

Tabulka č. 18: Schéma agrolesnického systému  
na celé disponibilní ploše farmáře

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
1. rok		X	M	M	M	M	M	M	M
2. rok			X	M	M	M	M	M	M
3. rok				X	M	M	M	M	M
4. rok					X	M	M	M	M
5. rok						X	M	M	M
6. rok							X	M	M
7. rok								X	M
8. rok									X
9. rok									
10. rok									
11. rok									
12. rok									
13. rok									
14. rok									
15. rok									
16. rok									
17. rok									
18. rok									
19. rok									
20. rok									

Pozn: M – monokulturní maniok  
X – na dané parcele půdy není pěstována žádná plodina

Zdroj: vlastní zpracování

Ze schématu vyplývá, že devátý rok mohou být pokryty všechny parcely disponibilní půdy farmáře. Na volných parcelách je farmářovi mezi prvním a sedmým rokem dána možnost pěstovat monokulturní maniok, který má vyšší výnosy na hektar, protože je na parcelách pěstován bez ostatních plodin, především stromů, se kterými by si mohl konkurovat. Tato možnost je mu dána jednak vzhledem k omezení autospotřeby manioku, jednak jako alternativní forma příjmů. Monokulturní maniok není vhodné pěstovat těsně před založením agrolesnických parcel (jde o jeden rok), vzhledem k tomu, aby nebyla zemědělská půda příliš ochuzena o živiny.

## 9.2 FORMULACE EKONOMICKÉHO MODELU

V této kapitole budou popsány jednotlivé procesy, činitelé a vztahy mezi nimi. Jejich podrobný popis je velice důležitý pro pochopení vzájemných vztahů, které budou hrát důležitou roli při formulaci a řešení modelu lineárního programování.

Tato kapitola se bude věnovat následujícím procesům:

- spotřeba práce,
- omezení disponibilní plochou,
- tržbám, nákladům a ziskům,
- peněžním tokům,
- diskontaci zisku a možnosti úspor.

### 9.2.1 *Spotřeba práce*

Prvním ekonomickým údajem, který bude sloužit pro formulaci matematického modelu je spotřeba práce na jednotlivé parcely pro všechny plodiny během celého jednoho agrolesnického cyklu (tzn. na 10 roků) – viz Tabulka č. 19. Podkladové údaje k sestavení této tabulky byly poskytnuty Institutem tropů a subtropů ČZU, částečně dle zkušenosti s implementací agrolesnických parcel v oblasti výzkumu.

Tabulka č. 19: Počet pracovních směn<sup>25</sup> na hektar na jednotlivé agrolesnické parcely během prvních 10 let agrolesnického systému

Rok	Plodina	Příprava půdy	Výsadba	Pletí	Prořez	Probírka	Sklizeň	Sběr palivového dřeva	Celkem
1.	Maniok	15	10	40	-	-	20	-	85
	Guaba	-	5	10	-	-	-	-	15
	Guanabana	-	10	10	-	-	-	-	20
	Bolaina blanca	-	10	10	-	-	-	-	20
2.	Maniok	5	10	30	-	-	20	-	65
	Guaba	-	-	10	5	-	-	-	15
	Guanabana	-	-	5	5	-	-	-	10
	Bolaina blanca	-	-	5	5	-	-	-	10
3.	Ananas	-	10	10	-	-	-	-	20
	Guaba	-	-	5	10	20	5	-10	30
	Guanabana	-	-	5	5	-	5	-	15
	Bolaina blanca	-	-	5	5	-	-	-	10
4.	Ananas	-	-	5	-	-	-	-	5
	Guaba	-	-	5	10	-	-	-10	5
	Guanabana	-	-	5	5	-	5	-	15
	Bolaina blanca	-	-	5	5	-	5	-	15
5.	Ananas	-	-	5	-	-	-	-	5
	Guaba	-	-	5	10	20	5	-10	30
	Guanabana	-	-	5	5	10	10	-	30
	Bolaina blanca	-	-	5	5	10	-	-	20
6.	Guanabana	-	-	3	3	-	10	-	16
	Bolaina blanca	-	-	3	3	-	-	-	6
7.	Guanabana	-	-	3	3	-	10	-	16
	Bolaina blanca	-	-	3	3	-	-	-	6
8.	Guanabana	-	-	3	3	10	10	-	26
	Bolaina blanca	-	-	3	3	10	-	-	16
9.	Guanabana	-	-	3	3	-	10	-	16
	Bolaina blanca	-	-	3	3	-	-	-	6
10.	Guanabana	-	-	3	3	-	10	-	16
	Bolaina blanca	-	-	3	3	-	20	-	26

Zdroj: ITS ČZU

Připravit půdu před zasetím plodin je třeba pouze v prvních dvou letech agrolesnického systému a to u manioku. Druhým rokem se spotřeba pracovních směn (PS) přípravy půdy sníží na 5 vzhledem k tomu, že je vlivem přítomnosti stromů na pozemku pletí méně náročné. Dle Beera a kol. (1998, s. 145) může vhodný výběr a řízení stromů poskytujících stín snížit pracovní vstupy a odplevelování. Například v případě produkce kakaa to vedlo ke snížení všech nákladů až o 70% během prvních dvou až tří let systému.

<sup>25</sup> Standardní pracovní směna odpovídá 8 hodinám.

Pracovní náklady výsadby vznikají u všech plodin systému a nejméně náročnou plodinou je guaba (5 PS). Pletí je vůbec nejnáročnější aktivitou, která vyžaduje celkem 145 pracovních směn za desetiletý cyklus. Prořez a probírka<sup>26</sup> jsou prováděny pouze u stromů. Druhou největší spotřebu PS má sklizeň jednotlivých plodin (125). Celkovou spotřebu PS v cyklu snižuje sběr palivového dřeva (celkem 30), které mu poskytuje vlastní pozemek. V tabulce č. 20 jsou vyjádřeny počty PS na jednotlivé parcely agrolesnického cyklu.

Tabulka č. 20: Počty pracovních směn na jednotlivé parcely agrolesnického cyklu

Roky	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Počet pracovních směn/ha	140	100	75	40	85	22	22	42	22	42
Výše nákladů [PEN/ha]	1400	1000	750	400	850	220	220	420	220	420

Zdroj: vlastní zpracování

Nejvyšší počet PS je třeba v prvních dvou letech cyklu a jejich počet se postupně snižuje, jak ubývají plodiny z parcel<sup>27</sup>. To souvisí i s vyjádřením PS v PEN, které je použito jako nákup nebo prodej vlastní práce členů domácnosti a stane se jednou z aktivit farmáře v matematickém modelu. Byla využita sazba 10 PEN za jednu PS, ale cena práce během zemědělské sezóny kolísá<sup>28</sup>. Finančně vyjádřená cena práce odráží sazbu, kterou farmáři mohou vydělat na lokálním trhu v daný úsek roku, kdy je jejich práce spotřebována nebo nakoupena (Mehta a Leuschner, 1997, s. 176).

Od jedenáctého do dvacátého roku agrolesnického cyklu je spotřeba PS u jednotlivých plodin stejná jako u desetiletého cyklu, ale výjimka vzniká u jedenáctého a dvanáctého roku cyklu, kdy je nižší počet PS na přípravu půdy a pletí (viz. Tabulka č. 21). Je to způsobeno tím, že jsou zemědělské plodiny pěstovány na parcele po vykácení stromů. Tato parcela je tedy zaplevelena daleko méně, než kdyby musela být odplevelována od místního druhu *Imperata*, který je součástí klasického způsobu hospodaření v oblasti – úhorovém systému.

<sup>26</sup> U probírky jsou káceny celé stromy.

<sup>27</sup> Jak uvádí Suyanto a kol. (2001, s. 152), pracovní náklady se během cyklu v případě pěstování stromů mění. Požadavky jsou vyšší během prvního roku systému, pak postupně klesají, jak stromy dorůstají. Vyšší náklady jsou pak zaznamenány ještě na konci, kdy se zvyšuje spotřeba práce na pořez a sklizeň.

<sup>28</sup> Každá dodatečná jednotka práce pro osobu, která je již plně vytížená během hlavní pracovní sezóny, je dražší, než ta, využitá mimo hlavní sezónu a náklady produkce významně rostou v případě, že musí být najímána dodatečná práce (Mugendi a kol. D., 1999, s. 48).



Tabulka č. 21: Snížení počtu pracovních směn  
u jedenáctého a dvanáctého roku

Roky	1.	2.	11.	12.
Plodina	Příprava půdy	Pletí	Příprava půdy	Pletí
Maniok	15	40	<b>5</b>	<b>20</b>
Guaba	-	10	-	<b>5</b>
Guanabana	-	10	-	<b>5</b>
Bolaina blanca	-	10	-	<b>5</b>
Maniok	5	30	5	<b>20</b>
Guaba	-	10	-	<b>5</b>
Guanabana	-	5	-	5
Bolaina blanca	-	5	-	5

Zdroj: ITS ČZU

U monokulturního manioku, který je pěstován jako alternativa na volné půdě během prvních sedmi let, je výše pracovních směn konstantní a to vzhledem k tomu, že je bez přítomnosti stromů na pozemku příprava půdy (konkrétně pletí) náročnější.

Jak uvádí Kwesiga a kol. (1999, s. 52), oproti výnosům z půdy mohou být výnosy z práce pro drobné farmáře vhodnějším ukazatelem finanční atraktivnosti, zvláště pak v oblastech, kde je práce nedostatkovějším statkem ve srovnání s půdou.

### 9.2.2 Omezení disponibilní plochou

Dalším činitelem, který ovlivňuje rozhodování farmáře v procesu hospodaření, je obdělávaná zemědělská plocha, která není totožná s celkovou disponibilní plochou. Jak vyplynulo z terénního šetření provedeného mezi farmáři, zemědělské domácnosti vlastní pozemek o průměrné velikosti 22.6 ha, z toho však farmáři intenzivně obhospodařují pouze 3.7 ha a 14.5 ha jsou zatravněné plochy.

Do matematického modelu byla vybrána průměrná disponibilní plocha 4 ha, ale v analýzách budou využity i další velikosti disponibilní plochy (10 ha, 25 ha, 60 ha).

### 9.2.3 Tržby, náklady a zisky

Peněžní tok farmáře zahrnuje tržby z prodeje jednotlivých plodin, náklady vstupů a pracovní náklady. V Tabulce č. 22 jsou uvedeny tržby jednotlivých plodin během celého jednoho agrolesnického cyklu.

Tabulka č. 22: Výnosy a tržby agrolesnických plodin

Roky	Plodiny	Zastoupení plodin [ha]		Sklizeň			
		Počet	Jednotka	Výnos/ Počet	Jednotka	Cena za jednotku	Tržba [PEN/ha]
1.	Maniok	1	ha	15000	kg/ha	0,15	2 250
2.	Maniok	1	ha	10000	kg/ha	0,15	1 500
3.	Ananas	1	ha	2000	ks/ha	1	2 000
	Guaba	625	stromy/ha	0,25	sto ks/strom	10	1 563
4.	Ananas	1	ha	2500	ks/ha	1	2 500
	Guaba	312	stromy/ha	0,5	sto ks/strom	10	1 560
	Guanabana	313	stromy/ha	10	ks/strom	1	3 130
5.	Ananas	1	ha	2500	ks/ha	1	2 500
	Guaba	312	stromy/ha	1	sto ks/strom	10	3 120
	Guanabana	200	stromy/ha	15	ks/strom	1	3 000
	Bolaina blanca	200	stromy/ha	100	postes <sup>1</sup> /ha	1	100
6.	Guanabana	200	stromy/ha	20	ks/strom	1	4 000
7.	Guanabana	200	stromy/ha	20	ks/strom	1	4 000
8.	Guanabana	150	stromy/ha	25	ks/strom	1	3 750
	Bolaina blanca	150	stromy/ha	50	postes/ha	1	50
9.	Guanabana	150	stromy/ha	25	ks/strom	1	3 750
10.	Guanabana	150	stromy/ha	25	ks/strom	1	3 750
	Bolaina blanca	150	stromy/ha	4	tucos <sup>2</sup> /arbol	2	1 200

Pozn.: postes = tyčovina, tucos = kmeny o stanovené délce

Zdroj: ITS ČZU

V modelovém systému se v prvním roce se získá o 5 000 kg z jednoho hektaru více manioku než ve druhém (paralelně také v jedenáctém roce). Je to způsobeno větší konkurencí mezi maniokem a stromy. V tomto je agrolesnický systém znevýhodněn oproti monokulturnímu manioku, kde jsou výnosy [kg/ha] konstantní. To má vliv i na celkovou výši výnosů v PEN, o to víc, že je to v prvním roce jediná plodina, ze které výnosy plynou. Ve druhém (a také v jedenáctém a dvanáctém roce) již plynou zisky také z jiných parcel v rámci celého cyklu.

V těchto letech jsou také celkové výnosy z agrolesnických plodin v celém cyklu nejnižší (2 250 PEN/ha, 1 500 PEN/ha). Ve třetím a čtvrtém roce (paralelně také ve třináctém a čtrnáctém) se sklízí ananas s guabou, ke kterým se ve třetím roce přidá i guanabana. V pátém roce (paralelně patnáctém roce) plynou tržby z nejvíce plodin – celkem čtyř – a dosahují nejvyšší hodnoty v celém cyklu – celkem 8 720 PEN/ha. V posledních pěti letech (i dvacetiletého cyklu) se získávají výnosy pouze ze stromů.

V této části bude pojednáno o výši nákladů vstupů a cenách transportu. Vstupy do systému představují sazenice a hnojivo. Oba dva vstupy jsou využity pouze pro guanabanu a bolainu blancu a to:

- První rok/jedenáctý rok: sazenice 400 PEN/ha,  
hnojivo 100 PEN/ha,
- Druhý rok/dvanáctý rok: sazenice 400 PEN/ha,  
hnojivo 100 PEN/ha.

V následující Tabulce č. 23 jsou zobrazeny ceny transportu za jednotlivé plodiny. Plodiny jsou transportovány na trh místní dopravou dle lokálních tarifů. Bolaina blanca je ve většině případů odkupována dřevařskými firmami přímo z pozemku farmáře.

Tabulka č. 23: Ceny transportu za jednotlivé plodiny

	Jednotka	PEN/jednotku
Maniok	70 kg	3
Ananas	200 ks	40
Guaba	100 ks	3
Guanabana	200 ks	30

Zdroj: vlastní zpracování

Jak bylo zjištěno z terénního šetření mezi farmáři, cena transportu tvoří významnou položku nákladů. Ceny transportu jsou také samotnými farmáři vnímány jako velmi vysoké.

Cena transportu tvoří z celkové tržby v PEN/ha dané plodiny:

- 29% v případě manioku,

- 20% v případě ananasu,
- 30% v případě guaby,
- 15% v případě guanabany.

V průměru je to 23%, z terénního šetření provedeného mezi všemi farmáři bylo zjištěno, že celková výše výdajů za transport tvoří 25.8% z celkových příjmů ze zemědělské činnosti.

#### 9.2.4 Peněžní toky

V Tabulce č. 24 je uveden peněžní tok za celých 20 let, tedy všechny tržby a náklady, které farmáři vznikají ve spojení s pěstováním agrolesnických plodin. Pojednání o ročním zisku bude zmíněno později.

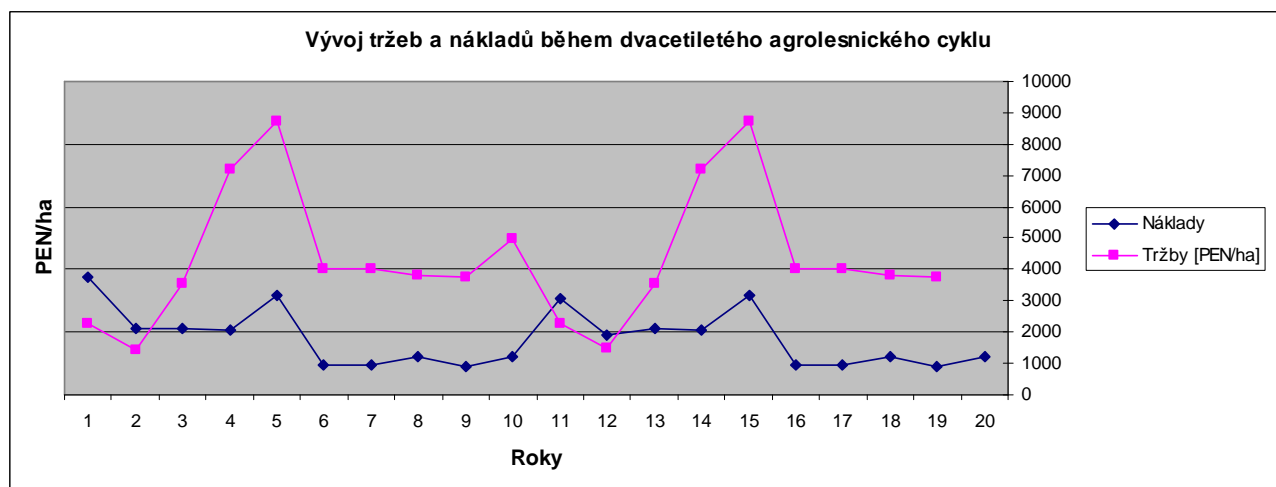
Tabulka č. 24: Přehled tržeb a nákladů

Roky	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Tržby [PEN/ha]	2250	1500	3563	7190	8720	4000	4000	3800	3750	4950
Náklady [PEN/ha]	3100	1700	1225	600	1275	330	330	630	330	630
Transport [PEN/ha]	643	429	869	1438	1886	600	600	563	563	563
Roky	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Tržby [PEN/ha]	2250	1500	3563	7190	8720	4000	4000	3800	3750	4950
Náklady [PEN/ha]	2425	1475	1225	600	1275	330	330	630	330	630
Transport [PEN/ha]	643	429	869	1438	1886	600	600	563	563	563

Zdroj: vlastní zpracování

Roční průběh tržeb kopíruje roční průběh nákladů (Graf č. 1). Především v rostlinné výrobě je možno výrobní náklady vynakládané po celý rok uhradit až po sklizni a prodeji výrobků. V zemědělské výrobě tedy vznikají náklady v jednom roce (čase  $t$ ), ale tržby až v následujícím roce ( $t + 1$ ). To významně ovlivní peněžní toky.

Grafu č. 1: Vývoj tržeb a nákladů  
ve dvacetiletém agrolesnickém cyklu



Zdroj: vlastní zpracování

V následující Tabulce č. 25 je udán přehled zisků. Jak již bylo zmíněno dříve, agrolesnický systém má větší náklady na založení parcel. Vzhledem k tomu, že farmáři v prvním roce neplynou žádné tržby z rostlinné výroby, vznikají pouze náklady, dostává se první rok do ztráty -3 743 PEN/ha. Do ztráty se dostává ještě ve třetím roce a třináctém (-594 PEN/ha), protože ve druhém roce jsou nižší výnosy manioku a ještě nejsou tržby z žádné další plodiny.

Největšího zisku může být dosaženo v šestém a šestnáctém roce (7 790 PEN/ha). To je způsobeno tím, že v pátém roce plynou tržby z nejvíce plodin. Celkové zisky z jedné agrolesnické parcely o velikosti 1ha ve dvacetiletém agrolesnickém cyklu mohou dosáhnout výše až 46 793 PEN.

Tabulka č. 25: Zisk ve dvacetiletém  
agrolesnickém cyklu

Roky	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Zisk [PEN/ha]	<b>-3743</b>	121	<b>-594</b>	1525	4029	<b>7790</b>	3070	2808	2908	2558
Roky	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Zisk [PEN/ha]	1882	346	<b>-594</b>	1525	4029	<b>7790</b>	3070	2808	2908	2558

Zdroj: vlastní zpracování

Fakt, že farmář hospodaří především první i třetí rok s negativním hospodářským, může mít zásadní vliv na rozhodování farmáře a následně hrát roli při adopci agrolesnických systémů. Je třeba si uvědomit, že farmáři v oblasti si ve většině případů nevedou účetnictví a nemají žádný přehled o ziscích a ztrátách svého hospodaření během roku. Plánování jejich činnosti je krátkodobé a většinou nepřesahuje horizont jednoho roku.

Pro účely modelu je ale simulována situace, která více odpovídá reálné situaci farmáře: první rok bude mít farmář k dispozici vstupní kapitál, jehož výše bude určena z terénního šetření a který bude rozdělen mezi agrolesnickou parcelu a monokulturní maniok.

Zisky monokulturního manioku, který může být pěstován na zbylých parcelách, dosahují v prvním roce ztráty (-1 918 PEN/ha), která ale dosahuje nižší hodnoty než u agrolesnických parcel a druhý rok zisku (332 PEN/ha).

### *9.2.5 Diskontace zisku a úspory*

Výhoda modelování agrolesnického cyklu spočívá ve flexibilním rámci, do kterého se dají zasazovat změny, které vznikají v průběhu času (Benjamin a kol., 2000, s. 88).

Vzhledem k tomu, že jednotlivci obvykle dávají přednost pozitivní časové preferenci (preferují přítomnost před budoucností), je nevyhnutelné diskontovat budoucí náklady a výnosy tak, aby odrážely tyto preference. Otázka ovšem vzniká při výběru vhodné diskontní sazby, zvláště v případě projektů s pozitivními environmentálními aspekty, které by měly podléhat nižším diskontním sazbám (Nailad a Béné, 2008, s. 18) – tzn. zvolit diskontní sazbu 8-12%.

Nízké diskontní sazby zvýhodňují dlouhodobější časové investice, zatímco vysoké diskontní sazby zvýhodňují ty investice, ze kterých plynou výnosy brzy v rotaci. Vybraná sazba bude také záležet na každém jedinci, dle toho, jakou míru rizika bude ochoten podstoupit a dle objemu kapitálu, který má v rukou (Benjamin a kol., 2000, s. 169).

Pro finanční a ekonomické analýzy agrolesnického systému a pěstování dřeva v Kostarice (Mehta a Leuschner, 1997, s. 177) byla vybrána diskontní sazba 5-10%. Ekonomická evaluace pěstování dřevin a dalších produktů v Jižním Mexiku se pohybovala mezi 5-10%

(Dohas a kol., 2004). Také dle Vostiho (1998), který se zabýval adopcí technologií a regionální integrací agrolesnických systémů v brazilské západní Amazonii, je rozumná diskontní sazba 10%.

V modelu byla zvolena základní diskontní sazba 10% a rozhodování farmáře bylo zkoumáno také při jiných diskontních sazbách – 5% a 15%. Roční peněžní tok v období dvaceti let byl diskontován na čistou současnou hodnotu.

Vklady od klientů jsou pro banku většinou hlavním zdrojem refinancování. Vklady pocházejí od různých klientů – fyzických osob, společností, nebo jiných bank. Úsporné účty mohou být trojího typu:

- s pevnou úrokovou sazbou,
- s pohyblivou úrokovou sazbou,
- ostatní (Revenda a kol., 1997, s. 154).

V modelu je farmářovi dána možnost, aby si mohl část zisku uložit v bance. Pro účely modelování byla zvolena konstantní pevná úroková sazba 5% a na úspory bylo použito složené úročení<sup>29</sup>.

### 9.2.6 Popis činitelů

Z celkového počtu 60 farmářů, od kterých byly získány údaje v terénním šetření, byli do dalších analýz vybráni pouze ti, jejichž hlavní zdroje příjmů plynou z rostlinné výroby (z celkového počtu 60 dotazovaných farmářů má 33, tzn. 55% – hlavní zdroje příjmů z rostlinné výroby). Je to z toho důvodu, že struktura jejich činností a příjmů z těchto činností bude více odpovídat výběru modelové farmářské domácnosti.

Z těchto 33 farmářů byli následně vyloučeni čtyři na základě nepravděpodobných nebo extrémních hodnot získaných z terénního šetření, aby tímto nebyl zkreslen výběr průměrných hodnot. Extrémně vysoké nebo nízké hodnoty přítomné v řadě mohou někdy vzbudit

---

<sup>29</sup> Mezibankovní úroková míra dosahovala v Peru roce 2006 ročního průměru 4.3% (Banco Central de Reserva del Perú, 2008) a roční úroveň inflace 3.9% (INEI, 2008).

podezření, že jejich vznik není určen sledovanou náhodnou proměnnou, ale chybou zápisu nebo chybným měřením.

Je třeba si uvědomit, že farmáři mají velice zřídka přesný přehled o celkovém objemu příjmů a nákladů, které jim ze své činnosti během roku plynou. Doporučená strategie spočívá v tom, že všechny přepočty a úvahy provedeme pro množinu měření bez odlehlých hodnot a s odlehlými hodnotami a posuzujeme rozdílnost získaných údajů. Vychází se z předpokladu, že aritmetický průměr je velmi citlivý vůči krajním hodnotám (Hendl, 2004, s. 101).

V Tabulce č. 26 jsou udány charakteristiky, které zastupují výběr reprezentativního farmáře:

Tabulka č. 26: Charakteristiky vybrané farmářské domácnosti

Počet členů domácnosti	5
Spotřeba manioku [kg/rok]	486
Množství disponibilních plochy farmáře [ha]	4
Počet disponibilních pracovních směn	518
Počáteční kapitál [PEN]	11 048
Životní náklady farmáře [PEN/rok]	3 583

Zdroj: vlastní zpracování

Počet členů domácnosti zahrnuje pouze ty členy, kteří žijí s farmářem v domácnosti a aktivně nebo částečně se podílejí na zemědělské činnosti. Spotřeba manioku je kalkulována následovně:

Tabulka č. 27: Spotřeba manioku dle věkových skupin

Věková skupina	0 - 3 roky	3 - 6 roků	7 - 10 roků	11 - 14 roků	15 - 18 roků	Dospělý
Spotřeba manioku [kg/den]	0	0.15	0.3	0.35	0.3	0.3

Zdroj: MŠMT, 2005<sup>30</sup>

Pokud následně vynásobíme počet členů domácnosti odpovídajícími údaji spotřeby manioku a roční úrovni spotřeby, získáme údaj 486 kg manioku za rok. Maniok je považován za hlavní konzumní plodinu v oblasti a v modelu se počítá s tím, že je také hlavní konzumní plodinou.

<sup>30</sup> Dle údajů denní spotřeby brambor ve školních jídelnách



Počet disponibilních pracovních směn je kalkulován dle věkových skupin členů domácnosti a je brán jako konstanta v celém cyklu.

Tabulka č. 28: Disponibilní pracovní směny dle věkových skupin

Věková skupina	Dítě (11 - 14 roků)	Dítě (15 -18 roků)	Dospělý - muž	Dospělý - žena	Dospělý ( 60 - 70 let)
Pracovní směny na rok	25%	50%	100%	60%	20%

Zdroj: vlastní zpracování

Objem investované práce v rodině se mění podle velikosti rodiny a hospodářské aktivity (Méndez a Somarriba, 2001, s. 90). Pro potřeby simulace agrolesnického systému je do pracovního procesu na farmě plně zapojen dospělý muž (100%), žena se také věnuje chodu domácnosti, proto její množství disponibilní práce dosahuje 60% muže.

Děti ve věku 11-14 let se věnují především školní docházce (25% objemu dospělého muže) a přispívají tedy svojí prací na farmě o něco méně než děti mezi 15-18 roky (50% objemu dospělého muže). V modelovaném systému se do práce na farmě zapojují také osoby mezi 60 až 70 roky (20% objemu dospělého muže), zvláště v obdobích sklizně. Ve dvacetiletém agrolesnickém cyklu bude objem disponibilní práce brán jako konstanta.

Vstupní kapitál dosahuje výše 11 048 PEN a bude farmářovi sloužit na založení zemědělských parcel. Jeho výše bude rozdělena ve stejné výši mezi agrolesnické plodiny a monokulturní maniok, a tak budou oběma zemědělským aktivitám zajištěny stejné vstupní podmínky.

Roční životní náklady farmáře dosahují 3 583 PEN na rok. Vzhledem k tomu, že dáváme v modelové situaci farmářovi možnost, aby se věnoval pouze rostlinné výrobě, kde nedosahuje takových zisků jako v živočišné výrobě nebo v dalších podnikatelských činnostech, je výše jeho životních nákladů úměrně snížena.

Konkrétní omezení v modelu bude popsáno v následující kapitole, která se věnuje formulaci matematického modelu lineárního programování.

### 9.3 FORMULACE MATEMATICKÉHO MODELU

Metoda lineárního programování představuje vhodný nástroj pro *ex-ante* ekonomické hodnocení agrolesnických systémů, jelikož umožňuje evaluaci navržených agrolesnických systémů ještě před jejich implementací v praxi.

K výpočtu a rozboru úlohy lineárního programování byl použit softwarový program Linkosa, který pracuje v prostředí Excel.

#### 9.3.1 Cíle dvacetiletého modelu lineárního programování

Dvacetiletý model lineárního programování je navržen na dobu 20 let a jeho cíle jsou:

- zjistit optimální kombinaci zemědělské výroby (pěstování agrolesnických plodin a monokulturního manioku) při níž se dosáhne maximálního zisku,
- zjistit čerpání jednotlivých disponibilních zdrojů (práce, půda, kapitál),
- maximalizovat zisky ze zemědělských činností a prodeje práce během celého dvacetiletého cyklu,
- zjistit, pro kterou aktivitu se farmář rozhodne: pěstování agrolesnických plodin, monokulturního manioku, prodej/nákup práce nebo možnost úspor.

#### 9.3.2 Popis procesů

Sestavený lineární model má charakteristické vlastnosti. Jedná se model:

- symbolický dle míry zobrazování originálu,
- deduktivní dle způsobu, jakým byly získány prvky, z nichž je model utvořen,
- lineární optimalizační,
- nespojitý (diskontinuální) v čase,
- víceletý dynamizovaný.

Dynamizovaný model lineárního programování má za cíl simulovat různé situace přijetí navrženého agrolesnického systému ze strany farmářské domácnosti.

Jeho forma má následující maticový zápis:

Maximalizace  $z = cx,$

Při  $Ax = b,$

$X \geq 0$  (Získal a Kosková, 2006, s. 13),

ve kterém  $z$  jsou diskontované příjmy ze zemědělských aktivit a práce maximalizované za období dvaceti let agrolesnického cyklu podmíněné omezenými prostředky (práce, půda, kapitál).  $C$  je řádkový vektor každé z aktivit a  $x$  je sloupcový vektor každé aktivity.  $A$  je matice technicko ekonomických koeficientů, jejíž data jsou získaná z demonstračních parcel a výsledků terénního šetření.

V Tabulkách č. 29 až 32 jsou popsány jednotlivé proměnné modelu:

### **Aktivita č. 1 – Zakládání agrolesnických parcel**

Tabulka č. 29: Zakládání agrolesnických parcel

$X_1$	výměra ALK1 v prvním až dvacátém roce cyklu [ha]
$X_2$	výměra ALK2 v prvním až dvacátém roce cyklu [ha]
$X_3$	výměra ALK3 v prvním až dvacátém roce cyklu [ha]
$X_4$	výměra ALK4 v prvním až dvacátém roce cyklu [ha]
$X_5$	výměra ALK5 v prvním až dvacátém roce cyklu [ha]
$X_6$	výměra ALK6 v prvním až dvacátém roce cyklu [ha]
$X_7$	výměra ALK7 v prvním až dvacátém roce cyklu [ha]
$X_8$	výměra ALK8 v prvním až dvacátém roce cyklu [ha]
$X_9$	výměra ALK9 v prvním až dvacátém roce cyklu [ha]

Zdroj: vlastní zpracování

Vzhledem k tomu, že jednou založená parcela musí mít stále stejnou velikost, kvůli přítomnosti stromů, není třeba stanovovat proměnné pro každý rok zvlášť.

## Aktivita č. 2 – Prodej a nákup práce

Tabulka č. 30: Prodej a nákup práce

X <sub>10</sub>	prodej práce v roce 1 [ps]	X <sub>30</sub>	prodej práce v roce 11 [ps]
X <sub>11</sub>	nákup práce v roce 1 [ps]	X <sub>31</sub>	nákup práce v roce 11 [ps]
X <sub>12</sub>	prodej práce v roce 2 [ps]	X <sub>32</sub>	prodej práce v roce 12 [ps]
X <sub>13</sub>	nákup práce v roce 2 [ps]	X <sub>33</sub>	nákup práce v roce 12 [ps]
X <sub>14</sub>	prodej práce v roce 3 [ps]	X <sub>34</sub>	prodej práce v roce 13 [ps]
X <sub>15</sub>	nákup práce v roce 3 [ps]	X <sub>35</sub>	nákup práce v roce 13 [ps]
X <sub>16</sub>	prodej práce v roce 4 [ps]	X <sub>36</sub>	prodej práce v roce 14 [ps]
X <sub>17</sub>	nákup práce v roce 4 [ps]	X <sub>37</sub>	nákup práce v roce 14 [ps]
X <sub>18</sub>	prodej práce v roce 5 [ps]	X <sub>38</sub>	prodej práce v roce 15 [ps]
X <sub>19</sub>	nákup práce v roce 5 [ps]	X <sub>39</sub>	nákup práce v roce 15 [ps]
X <sub>20</sub>	prodej práce v roce 6 [ps]	X <sub>40</sub>	prodej práce v roce 16 [ps]
X <sub>21</sub>	nákup práce v roce 6 [ps]	X <sub>41</sub>	nákup práce v roce 16 [ps]
X <sub>22</sub>	prodej práce v roce 7 [ps]	X <sub>42</sub>	prodej práce v roce 17 [ps]
X <sub>23</sub>	nákup práce v roce 7 [ps]	X <sub>43</sub>	nákup práce v roce 17 [ps]
X <sub>24</sub>	prodej práce v roce 8 [ps]	X <sub>44</sub>	prodej práce v roce 18 [ps]
X <sub>25</sub>	nákup práce v roce 8 [ps]	X <sub>45</sub>	nákup práce v roce 18 [ps]
X <sub>26</sub>	prodej práce v roce 9 [ps]	X <sub>46</sub>	prodej práce v roce 19 [ps]
X <sub>27</sub>	nákup práce v roce 9 [ps]	X <sub>47</sub>	nákup práce v roce 19 [ps]
X <sub>28</sub>	prodej práce v roce 10 [ps]	X <sub>48</sub>	prodej práce v roce 20 [ps]
X <sub>29</sub>	nákup práce v roce 10 [ps]	X <sub>49</sub>	nákup práce v roce 20 [ps]

Pozn.: ps = pracovní směny

Zdroj: vlastní zpracování

## Aktivita č. 3 – Výměra monokulturního manioku

Tabulka č. 31: Výměra monokulturního manioku

X <sub>50</sub>	výměra monokulturního manioku v roce 1 [ha]
X <sub>51</sub>	výměra monokulturního manioku v roce 2 [ha]
X <sub>52</sub>	výměra monokulturního manioku v roce 3 [ha]
X <sub>53</sub>	výměra monokulturního manioku v roce 4 [ha]
X <sub>54</sub>	výměra monokulturního manioku v roce 5 [ha]
X <sub>55</sub>	výměra monokulturního manioku v roce 6 [ha]
X <sub>56</sub>	výměra monokulturního manioku v roce 7 [ha]

Zdroj: vlastní zpracování

## Aktivita č. 4 – Možnost úspor

Tabulka č. 32: Možnost úspor

X <sub>58</sub>	výše úspor v roce 1 [PEN]	X <sub>68</sub>	výše úspor v roce 11 [PEN]
X <sub>59</sub>	výše úspor v roce 2 [PEN]	X <sub>69</sub>	výše úspor v roce 12 [PEN]
X <sub>60</sub>	výše úspor v roce 3 [PEN]	X <sub>70</sub>	výše úspor v roce 13 [PEN]
X <sub>61</sub>	výše úspor v roce 4 [PEN]	X <sub>71</sub>	výše úspor v roce 14 [PEN]
X <sub>62</sub>	výše úspor v roce 5 [PEN]	X <sub>72</sub>	výše úspor v roce 15 [PEN]
X <sub>63</sub>	výše úspor v roce 6 [PEN]	X <sub>73</sub>	výše úspor v roce 16 [PEN]
X <sub>64</sub>	výše úspor v roce 7 [PEN]	X <sub>74</sub>	výše úspor v roce 17 [PEN]
X <sub>65</sub>	výše úspor v roce 8 [PEN]	X <sub>75</sub>	výše úspor v roce 18 [PEN]
X <sub>66</sub>	výše úspor v roce 9 [PEN]	X <sub>76</sub>	výše úspor v roce 19 [PEN]
X <sub>67</sub>	výše úspor v roce 10 [PEN]	X <sub>77</sub>	výše úspor v roce 20 [PEN]

Zdroj: vlastní zpracování

### Ekonomické ukazatele:

Tabulka č. 33: Diskontace a úspory

X <sub>57</sub>	diskontace (jednotkové koeficienty)
X <sub>78</sub>	úspory (jednotkové koeficienty)

Zdroj: vlastní zpracování

Dále musejí být splněny podmínky nezápornosti jednotlivých proměnných (splňuje program *Lincosa*).

### 9.3.3 Popis činitelů

Optimální výměra agrolesnických parcel a monokulturního manioku je určena následujícími omezeními:

1. omezení disponibilní prací farmáře, (O 1)
2. omezení disponibilní zemědělskou plochou, (O 2)
3. omezení autospotřebou manioku, (O 3)
4. omezení životními náklady farmáře. (O 4)

V následující části budou tato omezení vyjádřena pomocí matematických rovnic a nerovnic. Ve většině z nich budou použity indexy, protože je potřeba rozlišit mezi parcelami ( $p$ ) a rokem rozhodnutí ( $t$ ). Jednotkou analýzy je domácnost farmáře, která hospodaří na jedné územní jednotce.

**O 1 – Omezení disponibilní prací farmáře je vyjádřeno jako:**

$$PSALK(p, t) + PSMK(p, t) + NP(t) + PP(t) = DK(t), \quad (O 1)$$

kde:

$PSALK$  – pracovní požadavky vyjádřené v pracovních směnách/rok/ha na agrolesnické plodiny na parcele  $p$  v roce  $t$ ,

$PSMK$  – pracovní požadavky vyjádřené v pracovních směnách/rok/ha na monokulturní maniok na parcele  $p$  v roce  $t$ ,

$NP$  – počet pracovních směn, které domácnost farmáře nakupuje v roce  $t$ ,

$PP$  – počet pracovních směn, které domácnost farmáře prodává v roce  $t$ ,

$DK$  – disponibilní objem pracovních směn/ha/rok domácnosti farmáře.

Konkrétní příklad této podmínky pro 10. rok cyklu má následující formu:

$$42x_1 + 22x_2 + 42x_3 + 22x_4 + 22x_5 + 85x_6 + 40x_7 + 75x_8 + 100x_9 - x_{28} + x_{29} = 518$$

**O 2 – Omezení disponibilní zemědělskou plochou je vyjádřeno jako:**

$$VmALK(p, t) + VmMK(p, t) \leq DP(t), \quad (O 2),$$

kde:

$VmALK$  – výměra agrolesnické parcely  $p$  v roce  $t$ ,

$VmMK$  – výměra monokulturního manioku parcely  $p$  v roce  $t$ ,

$DP$  – disponibilní plocha vyjádřená v ha.

Konkrétní příklad této podmínky pro 10. rok cyklu má následující formu:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 \leq 4$$

### O 3 – Omezení autospotřeby manioku je vyjádřeno jako:

$$VnALK(p, t) + VnMK(p, t) \geq SM(t), \quad (O 3),$$

kde:

$VnALK(p, t)$  – výnosy agrolesnických plodin vyjádřené v kg/ha/rok na parcele  $p$  v roce  $t$ ,

$VnMK(p, t)$  – výnosy monokulturního manioku vyjádřené v kg/ha/rok na parcele  $p$  v roce  $t$ ,

$SM(t)$  – spotřeba manioku domácnosti farmáře vyjádřená v kg/rok.

Konkrétní příklad této podmínky pro 10. rok cyklu má následující formu:

$$10\,000 x_9 \geq 486$$

### O 4 – Omezení životními náklady farmáře je vyjádřeno jako:

$$PTALK(p, t) + PTMK(p, t) + CNP(t) + CPP(t) = \check{Z}V(t), \quad (O 4)$$

kde:

$PTALK$  – peněžní tok vyjádřený v PEN/rok/ha agrolesnické plodiny na parcele  $p$  v roce  $t$ ,

$PTMK$  – peněžní tok vyjádřený v PEN/rok/ha monokulturního manioku na parcele  $p$  v roce  $t$ ,

$CNP$  – cena nákupu práce v roce  $t$ ,

$CPP$  – cena prodeje práce v roce  $t$ ,

$\check{Z}V$  – výše ročních životních výdajů farmáře<sup>31</sup>.

Konkrétní příklad této podmínky pro 10. rok cyklu má následující formu:

$$2\,558 x_1 + 2\,908 x_2 + 2\,808 x_3 + 3\,070 x_4 + 7\,791 x_5 + 4\,029 x_6 + 1\,525 x_7 - 594 x_8 + 121 x_9 - 15 x_{28} + 15 x_{29} - x_{67} = 3\,583$$

### O 5 – Diskontace zisku je vyjádřena jako :

$$1 + \{-DPT(t)\} = 0, \quad (O 5)$$

kde  $DPT$  je diskontovaný zisk v roce  $t$ .

---

<sup>31</sup> Životní výdaje domácnosti farmáře zahrnují veškeré výdaje na chod domácnosti, tedy stravu, oblečení a další statky krátkodobé spotřeby, dále výdaje na bydlení, lékařskou péči, školu apod.

## O 6 – Farmářovi je dána možnost úspor, která je vyjádřena jako:

$$1 + \{-U(t)\} = 0, \quad (\text{O } 6)$$

kde  $U$  je možnost úspor v roce  $t$ .

### 9.3.4 Popis vzájemného vztahu mezi činiteli – předpoklady modelu

Farmářovi jsou v navrženém modelu dány definované možnosti rozhodování. Jednak rozhoduje o tom, na kolika hektarech bude pěstovat agrolesnické plodiny a monokulturní maniok. Vzhledem k tomu, že je každý rok limitován podmínkou zajištění stanoveného množství objemu spotřeby manioku pro celou domácnost farmáře, je zde předpoklad, že se bude – především v prvních rocích cyklu – zaměřovat na produkci monokulturního manioku, a to z toho důvodu, že se při zakládání agrolesnických parcel dostává v prvním a třetím roce do menší ztráty.

Dále se může rozhodnout, kolik práce každoročně nakoupí a prodá. Model stanovuje potřebné množství pracovních směn na obě zemědělské aktivity a je pouze na farmářovi, zda se rozhodne nakoupit nedostatečnou práci a založit více parcel nebo ji prodat na lokálním trhu za tržní cenu. V reálné situaci je zcela běžné, že zemědělci prodávají svoji práci, aby si zajistili vyšší příjmy.

Výsledek modelu bude zajímavý i z hlediska *ex-ante* přístupu, protože volba mezi těmito dvěma aktivitami (prodej/nákup práce nebo zemědělské aktivity) může napovědět více o budoucí adopci agrolesnických parcel v oblasti. Farmář má také možnost se každý rok rozhodnout, jakou část zisku uspoří. Tato možnost bude testována při více variantách.

Popsaný základní model bude následně modifikován, aby se docílilo bližšího poznání jednotlivých vztahů mezi procesy.



## 10 VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELU

### 10.1 ŘEŠENÍ ZÁKLADNÍHO MATEMATICKÉHO MODELU

V této kapitole budou uvedeny výsledky základního modelu, jehož sestavováním se zabývala celá předchozí kapitola. Výsledky budou podrobně rozebrány s cílem porozumět všem vztahům a procesům. I když byl základní model dvacetiletého agrolesnického cyklu probrán do detailu v předchozí kapitole, následující tabulka (Tabulka č. 34) uvádí přehled vstupních údajů a bude uvedena také při každé modifikaci základního modelu.

Tabulka č. 34: Vstupní údaje do základního modelu

Údaj	Počet	Jednotka
Počet členů domácnosti	5	-
Úroveň spotřeby manioku	486	[kg/ha]
Disponibilní zemědělská plocha farmáře	4	[ha]
Počet disponibilních pracovních směn	518	[ps]
Výše počátečního kapitálu	11 048	[PEN]
Výše životních nákladů farmáře	3 583	[PEN/rok]
Diskontní faktor	10	[%]
Úroková míra (úspory v bance)	5	[%]

Pozn.: ps = pracovní směna

Zdroj: vlastní zpracování

#### 10.1.1 *Rozlohy zemědělských parcel*

Prvním údajem bude výsledná plocha agrolesnických parcel (Tabulka č. 35).

Tabulka č. 35: Výsledná plocha agrolesnických parcel [ha]

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>
2.397	0.049	0	1.082	0.381	0	0.032	0.011	0.049

Pozn.: vysvětlivky k proměnným viz kapitola 9.3.2

Zdroj: vlastní zpracování

Z údajů v tabulce lze vyčíslit rozvržení agrolesnických parcel ve dvacetiletém cyklu. Vzhledem k tomu, že parcely jsou obsazovány po jednotlivých rocích, odpovídá vždy daná proměnná

danému roku založená parcely. V devátém roce ( $X_9$ ) dojde k obsazení celé disponibilní plochy, která odpovídá 4 hektarům. Farmář se rozhodl založit parcely na celé své disponibilní ploše a byla tím také splněna jedna z podmínek modelu – omezení plochou. Plocha jednou založené parcely (hodnota proměnné) také zůstává stejná po celý zbytek cyklu.

Z údajů v tabulce lze vyčíst, že nejvíce investoval farmář do první parcely ( $X_1$ ) – první rok obsadil 2.397 ha své disponibilní půdy. Větší plochu parcely se rozhodl založit také ve 4 roce cyklu ( $X_4$ ) – 1.082 ha, i v pátém roce – 0.381 ha. Naopak relativně málo investoval do agrolesnických parcel ve druhém (0.049 ha), sedmém (0.032 ha), osmém (0.011 ha) a devátém roce (0.049ha). Ve třetím a šestém roce agrolesnické parcely nebyly založeny vůbec. Tato možnost přichází v úvahu i přes omezení zajištění roční spotřeby manioku, protože např. ve třetím roce se maniok sklízí z parcely založené ve druhém roce.

Obsazení největší plochy agrolesnickými plodinami v prvním roce je dáno vlivem více faktorů. Jedním z nich může být vykázání vyššího zisku v tomto roce oproti dalším parcelám vlivem počátečního kapitálu, který výrazně sníží vstupní náklady farmáře v tomto roce a jeho hospodaření dosahuje dokonce kladné hodnoty.

Je třeba si uvědomit skutečnost, že se farmář nachází zcela na počátku své zemědělské činnosti a na zajištění autospotřeby manioku a minimální hodnoty zisků na pokrytí životních nákladů celé domácnosti má pouze omezené možnosti. To dokazuje také údaj v Tabulce č. 36, ze které je možné vyčíst, že farmář významně investoval první rok do monokulturního manioku – celkem 1.603 ha. Zisky v tomto roce jsou stejně jako u agrolesnických plodin ovlivněny vstupním kapitálem, čímž se dosahují opět vyšší zisky než v dalších letech. Farmář investuje do plodin v počátcích cyklu také vzhledem k diskontování zisku. V prvním roce zemědělské činnosti farmáře je obsazeno dokonce 100% disponibilní plochy farmáře ( $X_1 = 2.397$  ha,  $X_{50} = 1.603$  ha).

Tabulka č. 36: Výsledná plocha monokulturního manioku [ha]

$X_{50}$	$X_{51}$	$X_{52}$	$X_{53}$	$X_{54}$	$X_{55}$	$X_{56}$
1.603	0	0	0	0	0	0

Pozn.: vysvětlivky k proměnným viz kapitola 9.3.2

Zdroj: vlastní zpracování

Z údajů výsledné plochy monokulturního manioku lze vyčíst velmi zajímavý údaj – farmář se rozhodl pěstovat monokulturní maniok pouze v prvním roce cyklu – 1.603 ha. Pro parcely v dalších letech se již nerozhodl a dal přednost agrolesnickým parcelám. To je zajímavý údaj pro adopci agrolesnických systémů v oblasti.

Farmář hospodařil za dvacet let celkem na 5.603 ha své disponibilní půdy. U agrolesnických parcel využil maximum – 4 ha, ale zbývající kapacitu na pěstování monokulturního manioku nevyužil. Z rozboru optimálního řešení základního modelu vyplývá, že ve druhém a třetím roce je rezerva půdy 2 ha, farmář se tedy tyto dva roky rozhodl dát přednost prodeji práce.

### 10.1.2 *Spotřeba práce*

Tato část se věnuje spotřebě, tedy nákupu a prodeji práce během celého dvacetiletého období. Jak je možné vyčíst z Tabulky č. 37, domácnost farmáře prodává volné pracovní směny každý sledovaný rok. Farmář vyčerpá během roku z disponibilního počtu tolik pracovních směn, kolik jich potřebuje na založení a obdělávání agrolesnických parcel a monokulturního manioku. Přebytek práce prodává na lokálním trhu, jak je v oblasti obvyklé.

Tabulka č. 37: Prodej volných pracovních směn domácnosti farmáře [ps]

1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	8. rok	9. rok	10. rok
X11	X13	X15	X17	X19	X21	X23	X25	X27	X29
46	271	333	267	151	342	388	304	397	377
11. rok	12. rok	13. rok	14. rok	15. rok	16. rok	17. rok	18. rok	19. rok	20. rok
X31	X33	X35	X37	X39	X41	X43	X45	X47	X49
228	266	275	297	182	344	388	303	399	378

Zdroj: vlastní zpracování

Největší spotřeba pracovních směn připadá na první rok cyklu, kdy farmář obdělává celkem 4 ha disponibilní plochy a prodá celkem pouze 46 pracovních směn. Pracnost se mění během let podle toho, kolik parcel farmář obdělává a podle pracovní náročnosti dle fáze agrolesnického cyklu. Nejvíce pracovních směn je prodáno mezi šestým a desátým, respektive šestnáctým a dvacátým rokem.

Počet disponibilních pracovních směn převyšuje jejich spotřebu a farmář nemá potřebu pracovní směny nakupovat jinde (Tabulka č. 38).

Tabulka č. 38: Nákup volných pracovních směn domácnosti farmáře [ps]

1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	8. rok	9. rok	10. rok
X10	X12	X14	X16	X18	X20	X22	X24	X26	X28
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11. rok	12. rok	13. rok	14. rok	15. rok	16. rok	17. rok	18. rok	19. rok	20. rok
X30	X32	X34	X36	X38	X40	X42	X44	X46	X48
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zdroj: vlastní zpracování

Maximální současná hodnota zisků, tedy hodnota účelové funkce, z aktivit pěstování agrolesnických plodin a monokulturního manioku a prodeje práce dosahuje za dvacet roků úrovně 80 888 PEN, což je v průměru 4 044 PEN na jeden rok cyklu.

### 10.1.3 Výše úspor

Tabulka č. 39 popisuje, který rok se farmář rozhodl uspořit danou výší ze zisků. Ve třetím a čtvrtém roce je výše úspor nulová, největších úspor je naopak dosaženo v šestém – 19 820 PEN, paralelně v šestnáctém roce – 20 188 PEN a v devátém – 19 236 PEN, paralelně v devatenáctém roce – 19 547 PEN.

Tabulka č. 39: Výše úspor [PEN]

1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	8. rok	9. rok	10. rok
X58	X59	X60	X61	X62	X63	X64	X65	X66	X67
7 159	1 131	0	0	7 120	19 820	11 276	12 764	19 236	14 680
11. rok	12. rok	13. rok	14. rok	15. rok	16. rok	17. rok	18. rok	19. rok	20. rok
X68	X69	X70	X71	X72	X73	X74	X75	X76	X77
8 791	5 917	3 391	8 012	10 244	20 188	11 626	12 940	19 547	14 702

Zdroj: vlastní zpracování

Celková výše úspor za dvacet let je 208 544 PEN, což odpovídá v průměru 10 427 PEN na jeden rok cyklu. Celková hodnota účelové funkce za dvacet roků ze všech aktivit tedy dosahuje celkem 289 432 PEN, což je v průměru 14 471 PEN na jeden rok cyklu. Úroveň tohoto zisku tedy dosahuje vyšší hodnoty než průměrný zisk, kterého dosáhli farmáři

klasickým způsobem hospodaření (a který vstupuje do modelu jako vstupní kapitál) a to o hodnotu 3 423 PEN.

#### *10.1.4 Autospotřeba manioku*

Z rozboru výsledků optimálního řešení modelu vyplývá, že autospotřeba manioku má velkou rezervu především v prvním (59 514 kg), druhém (24 215 kg), jedenáctém (35 472 kg) a dvanáctém roce (24 215kg). Naopak celkem v osmi letech narazí na limit omezení a rezerva manioku je nulová.

Vzhledem k velikosti modelu a množství proměnných nelze provést analýzy citlivosti pravých stran a analýzu citlivosti cenových koeficientů. Pozornost bude proto věnována změnám vstupním údajům do modelu, kterým se bude věnovat celá následující kapitola.

## 10.2 VARIANTY MATEMATICKÉHO MODELU

Z výsledků základního modelu je možno poukázat na procesy, které mají na rozhodování farmáře větší vliv, než ostatní. K těm, které farmáře ovlivňují nejvíce, patří:

- disponibilní zemědělská plocha,
- disponibilní zásoba pracovních směn,
- úroveň vstupního kapitálu.

Zajímavé bude také zjistit výši zisků s modifikovým diskontním faktorem.

Pro další experimenty budou proto vybrány tyto modifikace ve vstupních údajích základního modelu, které budou ovlivňovat rozhodování farmáře a výši zisku:

- Varianta 1 – změna disponibilní zemědělské plochy: 10 ha, 25 ha, 60 ha,
- Varianta 2 – změna disponibilní zásoby pracovních směn: 173, 259
- Varianta 3 – změna výše vstupního kapitálu: výše, která vyrovná ztráty ze založení parcel v prvním roce u obou aktivit na nulovou hodnotu,
- Varianta 4 – změna diskontního faktoru: 5%, 15%.

Všechny výsledky uvedených variant budou srovnány s výsledky základního modelu. Ve všech variantách se bude měnit pouze jeden parametr, všechny ostatní zůstanou konstantní.

### 10.2.1 Varianta 1

První změnou bude navýšení disponibilní plochy farmáře. Byly vybrány dvě hodnoty – 10 ha a 25 ha, což se přibližuje velikosti průměrné výměry zemědělské plochy farmáře (22.6 ha). Byla také zvolena třetí extrémní hodnota 60 ha. Obdělávání takové plochy farmářem je v reálné situaci málo pravděpodobné, ale výsledky mohou napovědět více o vztazích mezi jednotlivými procesy. Na úvod každé z variant budou uvedeny vstupní údaje použité do modelu. Údaje, které jsou rozdílné od základního modelu jsou vyznačeny tučným písmem (Tabulka č. 40).

Tabulka č. 40: Vstupní údaje do modelu – Varianta 1

Údaj	Počet	Jednotka
Počet členů domácnosti	5	-
Úroveň spotřeby manioku	486	[kg/ha]
<b>Disponibilní zemědělská plocha farmáře</b>	<b>10/25/60</b>	<b>[ha]</b>
Počet disponibilních pracovních směn	518	[ps]
Výše počátečního kapitálu	11 048	[PEN]
Výše životních nákladů farmáře	3 583	[PEN/rok]
Diskontní faktor	10	[%]
Úroková míra (úspory v bance)	5	[%]

Pozn.: ps = pracovní směna

Zdroj: vlastní zpracování

Vzhledem k tomu, že bylo navýšeno množství disponibilní zemědělské půdy, lze očekávat, že se bude farmářská domácnost rozhodovat především o změně rozložení zemědělské aktivity mezi agrolesnické plodiny a monokulturní maniok. Zajímavé bude také to, zda se při navýšení disponibilní plochy budou nakupovat pracovní směny.

Tabulka č. 41: Výsledná plocha agrolesnických parcel [ha] – Varianta 1

Výměra půdy	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	<b>Celkem</b>
4 ha	2.397	0.049	0	1.082	0.381	0	0.032	0.011	0.049	<b>4.000</b>
10 ha	2.397	0.049	0	1.082	1.599	3.105	0.871	0.000	0.897	<b>10.000</b>
25 ha	2.841	0.049	0	1.152	1.792	3.06	0.916	1.348	4.287	<b>15.991</b>
60 ha	3.478	0.049	0	1.253	2.068	4.324	0.980	1.451	4.898	<b>18.501</b>

Pozn.: vysvětlivky k proměnným viz kapitola 9.3.2

Zdroj: vlastní zpracování

Jak je možné z tabulky vyčíst, při disponibilní ploše 4 ha se farmář rozhodl pro maximální plochy agrolesnickými parcelami. To samé můžeme pozorovat také u disponibilní plochy dosahující 10 ha. Při této úrovni plochy se rozhodl nově obsadit také parcelu X<sub>6</sub>, ale rozloha parcel zůstala první čtyři roky stejná. Ovšem při 25 ha disponibilní plochy se farmář rozhodl obsadit 16 ha půdy a při 60 ha je to už jen 18.5 ha. To znamená, že při růstu disponibilní plochy dává farmář přednost jiným aktivitám. U všech výměr můžeme sledovat, že farmář významně investuje do parcel zakládaných první a šestý rok. V případě výměry 25ha a 60 ha investuje také významně do parcel založených devátý rok.

Tabulka č. 42: Výsledná plocha monokulturního manioku [ha] – Varianta 1

Výměra půdy	X <sub>50</sub>	X <sub>51</sub>	X <sub>52</sub>	X <sub>53</sub>	X <sub>54</sub>	X <sub>55</sub>	X <sub>56</sub>	Celkem
4 ha	1.603	0	0	0	0	0	0	<b>1.603</b>
10 ha	7.603	0	0	0	0	0	0	<b>7.603</b>
25 ha	22.159	2	0	0	0	0	0	<b>24.458</b>
60 ha	56.522	5.598	0	0	0	0	0	<b>62.119</b>

Pozn.: vysvětlivky k proměnným viz kapitola 9.3.2

Zdroj: vlastní zpracování

Preferenci farmáře lépe pochopíme, když se podíváme na výsledné plochy monokulturního manioku. Z této tabulky lze zjistit, že veškeré preference farmáře směřují do pěstování monokulturního manioku v prvním roce své zemědělské aktivity. Lze také vysledovat, že s vyšší výměrou směřuje celková preference k pěstování monokulturního manioku spíše než k pěstování agrolesnických plodin. Při výměře 4 ha pěstuje maniok na 1.6 ha půdy, při 25 ha je to už 24.5 ha a při 60 ha je to 62 ha manioku. Z výsledků je vidět, že výše vstupního kapitálu zvyhodňuje při vyšších výměrách zemědělské půdy monokulturní maniok před agrolesnickými plodinami.

Aktivita pěstování monokulturního manioku se tedy farmáři jeví jako velice zisková a investuje do ní svoji i cizí práci, jak je vidět z dalších tabulek.

Tabulka č. 43: Prodej volných pracovních směn domácnosti farmáře [ps] – Varianta 1

Výměra půdy	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	8. rok	9. rok	10. rok
4 ha	46	271	333	267	151	342	388	304	397	377
10 ha	0	271	333	267	0	0	0	0	0	0
25 ha	0	32	300	239	0	0	0	0	0	0
60 ha	0	0	252	200	0	0	0	0	0	0
Výměra půdy	11. rok	12. rok	13. rok	14. rok	15. rok	16. rok	17. rok	18. rok	19. rok	20. rok
4 ha	228	266	275	297	182	344	388	303	399	378
10 ha	0	95	28	124	0	0	0	0	29	0
25 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zdroj: vlastní zpracování



Jak lze vysledovat z tabulky, farmář prodává svoji práci především při malé výměře zemědělské plochy. Při výměře 4 ha je nucen prodat celkem 5 937 volných pracovních směn, aby mu zisky z tohoto prodeje stačily na pokrytí především životní nákladů při malých výměrách zemědělských plodin. Při 10 ha se prodej práce již výrazně sníží – 1 147 za celé období, aby při 5 ha prodal 571 směn a při 60 ha 452 pracovních směn.

Tabulka č. 44: Nákup volných pracovních směn domácnosti farmáře [ps] – Varianta 1

Výměra půdy	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	8. rok	9. rok	10. rok
4 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 ha	464	0	0	0	20	215	131	60	12	31
25 ha	1 763	0	0	0	92	319	215	323	672	540
60 ha	4 773	312	0	0	194	469	334	444	841	708
Výměra půdy	11. rok	12. rok	13. rok	14. rok	15. rok	16. rok	17. rok	18. rok	19. rok	20. rok
4 ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 ha	2	0	0	0	101	125	65	84	0	18
25 ha	374	214	353	26	316	378	270	428	459	476
60 ha	516	333	497	107	454	522	394	570	599	634

Zdroj: vlastní zpracování

Jak potvrzují také údaje z Tabulky č. 44, farmář investuje veškeré svoje preference do obsazení monokulturního manioku první rok a je nucen nakoupit při vyšších úrovních zemědělské plochy stále více pracovních směn.

Z varianty 1 lze tedy odvodit dva hlavní závěry. Prvním z nich je, že při vyšších výměrách zemědělské půdy se preference farmáře upínají především k pěstování monokulturního manioku. A za druhé, výše vstupního kapitálu při vyšších disponibilních plochách ovlivňuje aktivitu pěstování monokulturního manioku spíše než pěstování agrolesnických plodin. Pro doplnění jsou v následující Tabulce č. 45 uvedeny výše úspor a zisků.

Tabulka č. 45: Úroveň zisků a úspor [PEN] – Varianta 1

Výměra půdy	Zisk	Průměr za 20 let	Úspory	Průměr za 20 let
5 ha	80 888	4 044	208 544	10 427
10 ha	110 983	5 549	308 338	15 417
25 ha	158 153	7 908	419 445	20 972
60 ha	252 401	12 620	550 039	27 502

Zdroj: vlastní zpracování

Z analýzy optimálního řešení Varianty 1 také vyplývá, že se už při 10 ha disponibilní plochy farmář mezi třetím a sedmým rokem farmář nic nespoří, při úrovni 35 ha jsou úspory rovny nule celkem v devíti rocích a při 60 ha jsou rovny nule v osmi rocích. To je změna oproti výměře 5 ha, kdy farmář spoří každý rok.

Celková hodnota účelové funkce je 289 432 PEN (5ha), což je v průměru 14 472 PEN za rok, 419 321 PEN (10ha), což je v průměru 20 966 PEN za rok, 577 598 PEN (25ha), což je v průměru 28 880 PEN za rok a 802 440 PEN (60ha), což odpovídá v průměru 40 122 PEN za rok.

### 10.2.2 Varianta 2

Jak plyne z již provedených analýz, nákup nebo prodej pracovních směn poskytují farmářovi alternativu k pěstování zemědělských plodin. Vzhledem k tomu, že se v základním modelu farmář rozhodl práci prodávat a žádnou nekoupit, lze usoudit, že má dostatečné množství pracovních směn. Varianta 2 bude proto analyzovat, jak bude farmář reagovat při nižších úrovních disponibilních pracovních směn. Byly vybrány dvě další možnosti – rozhodování farmáře při třetině množství pracovních směn, tzn. 173 a při polovině tohoto množství – 259 pracovních směn. Analyzovat výsledky řešení modelu při vyšším množství disponibilních pracovních směn, by vedlo k tomu, že by farmář volné směny prodával (viz výsledky základního modelu), proto tato možnost ve Variantě 2 není uvažována.

Tabulka č. 45: Vstupní údaje do modelu – Varianta 2

Údaj	Počet	Jednotka
Počet členů domácnosti	5	-
Úroveň spotřeby manioku	486	[kg/ha]
Disponibilní zemědělská plocha farmáře	4	[ha]
<b>Počet disponibilních pracovních směn</b>	<b>173/259</b>	<b>[ps]</b>
Výše počátečního kapitálu	11 048	[PEN]
Výše životních nákladů farmáře	3 583	[PEN/rok]
Diskontní faktor	10	[%]
Úroková míra (úspory v bance)	5	[%]

Zdroj: vlastní zpracování

Ukázalo se, že model s omezením 173 pracovních směn nemá přípustné řešení. Byla zkoumána hodnota, při které by měl model přípustné řešení a to se blíží 259 disponibilním pracovním směnám za rok. Byla proto zvolena další úroveň směn, která je 354.

Z Tabulky č. 46 lze vyčíst, že při polovičním množství disponibilních pracovních směn se farmář rozhodl obdělávat stejné množství půdy jako při původním množství – celkem 4 ha agrolesnických plodin. Změna přišla s dalším snížením směn, kdy se farmář rozhodl založit jen 1.2 ha disponibilní plochy.

Tabulka č. 46: Výsledná plocha agrolesnických parcel [ha] – Varianta 2

Počet pracovních směn	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	Celkem
518	2.397	0.049	0	1.082	0.381	0	0.032	0.011	0.049	<b>4.000</b>
354	0.966	0.049	0	0.434	0.656	1.269	0.387	0	0.239	<b>4.000</b>
259	0.198	0.049	0	0.069	0.136	0.275	0.112	0.095	0.297	<b>1.231</b>

Pozn.: vysvětlivky k proměnným viz kapitola 9.3.2

Zdroj: vlastní zpracování

Zajímavé údaje se týkají výsledné plochy monokulturního manioku (Tabulka č. 47). Jak z ní lze vyčíst, farmář se při snižujícím se počtu disponibilních pracovních směn rozhodl soustředit pěstování monokulturního manioku do prvního roku, kdy mu poskytuje vlivem počátečního kapitálu vyšší příjmy.

Tabulka č. 47: Výsledná plocha monokulturního manioku [ha] – Varianta 2

Počet pracovních směn	X50	X51	X52	X53	X54	X55	X56	Celkem
518	1.603	0	0	0	0	0	0	<b>1.603</b>
354	3.034	0	0	0	0	0	0	<b>3.034</b>
259	3.802	0	0	0	0	0	0	<b>4.118</b>

Pozn.: vysvětlivky k proměnným viz kapitola 9.3.2

Zdroj: vlastní zpracování

Při 4 ha disponibilní půdy v základním modelu obsadil maniokem pouze 1.6 ha, při 354 pracovních směnách je to už 3 ha, ale při 259 směnách je to již 4.1 ha. Vše investuje opět do prvního roku celého cyklu. Preference aktivity pěstování monokulturního manioku ovlivňuje také spotřebu pracovních směn během celého sledovaného období.

Tabulka č. 48: Prodej volných pracovních směn domácnosti farmáře [ps] – Varianta 2

Počet pracovních směn	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	8. rok	9. rok	10. rok
518	46	271	333	267	151	342	388	304	397	377
354	0	251	277	251	135	53	84	115	152	141
259	0	206	239	238	214	193	197	193	169	180
Počet pracovních směn	11. rok	12. rok	13. rok	14. rok	15. rok	16. rok	17. rok	18. rok	19. rok	20. rok
518	228	266	275	297	182	344	388	303	399	378
354	149	184	163	193	104	93	115	111	163	145
259	191	202	193	216	197	188	196	187	184	185

Zdroj: vlastní zpracování

Jak je vidět z Tabulky č. 48, farmář při všech uvažovaných variantách počtu disponibilních pracovních směn práci prodává. Zajímavé je, že při omezení 518 pracovních směn prodá celkem 5 937 pracovních směn během celého cyklu, při 354 pracovních směn je to 1 734 směn, ale v případě 259 směn je to 1 830 směn.

Při snižujícím se počtu disponibilních pracovních směn je také přinucen v prvním roce cyklu práci nakupovat. Při omezení 354 směn nakupuje 39 pracovních směn a při omezení 259 směn je to 92 pracovních směn. Farmář snaží utržit co nejvíce zisku v počátcích cyklu, kdy je také patrný vliv diskontu.

Tabulka č. 49: Nákup volných pracovních směn domácnosti farmáře [ps] – Varianta 2

Počet pracovních směn	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	8. rok	9. rok	10. rok
518	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
354	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
259	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Počet pracovních směn	11. rok	12. rok	13. rok	14. rok	15. rok	16. rok	17. rok	18. rok	19. rok	20. rok
518	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
354	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
259	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zdroj: vlastní zpracování

Lze tedy konstatovat, že při snižujícím se počtu disponibilních pracovních směn preferuje farmář investovat do aktivity pěstování monokulturního manioku a kvůli tomu je přinucen nakupovat stále více pracovních směn, aby byla splněna další podmínka modelu – pokrytí životních nákladů. Pro doplnění jsou v následující Tabulce č. 50 uvedeny výše úspor a zisků.

Tabulka č. 50: Úroveň zisků a úspor [PEN] – Varianta 2

Počet pracovních směn	Zisk	Průměr za 20 let	Úspory	Průměr za 20 let
518	80 888	4 044	208 544	10 427
354	45 154	2 258	125 226	6 261
259	17 063	853	37 044	1 852

Zdroj: vlastní zpracování

Jak je vidět, při snižujícím se počtu disponibilních pracovních směn se také výrazně snižuje úroveň zisků. Farmáři v oblasti dosahují ročních průměrných zisků 11 048 PEN, stanovený počet 518 pracovních směn se tedy nejvíce přibližuje skutečné situaci. Je ovšem nutné vzít v úvahu, že průměrné hodnoty zisků za dvacet let jsou již převedeny na současnou hodnotu.

Celková hodnota účelové funkce je 289 432 PEN (518 pracovních směn), což je v průměru 14 472 PEN za rok, 170 380 PEN (354 pracovních směn), což je v průměru 8 519 PEN za rok a 54 107 PEN (259 pracovních směn), což je v průměru 2 705 PEN.

### 10.2.3 Varianta 3

Varianta 3 bude pracovat se změnou výše počátečního kapitálu. Z rozboru výsledků Varianty 1 i 2 se zdá, že počáteční kapitál hraje v rozhodování farmáře významnou roli, protože jeho vlivem se první rok nedostává do minusových hodnot. Aktivita pěstování monokulturního manioku se přitom zdá být ovlivněna více než pěstování agrolesnických plodin.

Pro tuto variantu bylo uvažováno, že vlivem určité výše počátečního kapitálu jsou zisky v prvním roce aktivity pěstování monokulturního manioku i agrolesnických plodin rovny nule. Tím dáme oběma zemědělským aktivitám stejné výchozí podmínky a nebude zvýhodněna ani jedna z nich, i přes rozdílné vstupní náklady. Vzhledem k faktu, že nevíme, které aktivitě by dal farmář v reálné situaci při jakékoliv výši vstupního kapitálu přednost, napoví nám nulová hodnota zisků v prvním roce více o směru jeho rozhodování.

Tabulka č. 51: Vstupní údaje do modelu – Varianta 3

Údaj	Počet	Jednotka
Počet členů domácnosti	5	-
Úroveň spotřeby manioku	486	[kg/ha]
Disponibilní zemědělská plocha farmáře	4	[ha]
Počet disponibilních pracovních směn	518	[ps]
Výše počátečního kapitálu	<b>Vyrovná ztráty ze založení parcel v prvním roce u obou aktivit na nulovou hodnotu</b>	[PEN]
Výše životních nákladů farmáře	3 583	[PEN/rok]
Diskontní faktor	10	[%]
Úroková míra (úspory v bance)	5	[%]

Pozn.: ps = pracovní směna

Zdroj: vlastní zpracování

Jako doposud ve všech uvažovaných variantách je jako první uvedena výsledná plocha agrolesnických parcel. Jak je vidět v Tabulce č. 52, farmář se i při vyrovnání ztráty v prvním roce rozhodl pro maximální obsazení plochy agrolesnickými parcelami – celkem 4 ha. Rozdíl je v tom, že při původní výši vstupního kapitálu investoval nejvíce do parcely v prvním roce – celkem 2.4 ha, ale při uvažované změně ve výši vstupního kapitálu investoval o něco méně – necelé 2 ha. I když je výše zisků v prvním roce z první parcely nulová, je třeba si uvědomit, že další roky začnou přinášet farmáři zisk. Oproti původní variantě také více investoval do parcely především ve druhém a pátém roce.

Tabulka č. 52: Výsledná plocha agrolesnických parcel [ha] – Varianta 3

Výše počátečního kapitálu	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	Celkem
11 048 PEN	2.397	0.049	0	1.082	0.381	0	0.032	0.011	0.049	<b>4.000</b>
vyrovná náklady	1.994	0.246	0.072	0.943	0.653	0	0.032	0.011	0.049	<b>4.000</b>

Pozn.: vysvětlivky k proměnným viz kapitola 9.3.2

Zdroj: vlastní zpracování

Zajímavé zjištění přináší další Tabulka č. 53, ze které lze vysledovat, že se farmář nerozhodl založit ani jednu parcelu monokulturního manioku a jeho plocha je za celých sedm let rovna nule.

Tabulka č. 53: Výsledná plocha monokulturního manioku [ha] – Varianta 3

Výše počátečního kapitálu	X <sub>50</sub>	X <sub>51</sub>	X <sub>52</sub>	X <sub>53</sub>	X <sub>54</sub>	X <sub>55</sub>	X <sub>56</sub>	Celkem
11 048 PEN	1.603	0	0	0	0	0	0	<b>1.603</b>
vyrovná náklady	0	0	0	0	0	0	0	<b>0.000</b>

Pozn.: vysvětlivky k proměnným viz kapitola 9.3.2

Zdroj: vlastní zpracování

Lze konstatovat, že rozhodování farmáře ohledně založení agrolesnických plodin je významně ovlivněno výší vstupních nákladů na jejich založení, zvláště v prvním roce, kdy farmáři neplynou ještě žádné příjmy ze zemědělské činnosti, jen z prodeje práce. Zajímavé je také zjištění, že i při vyrovnání ztráty v prvním roce dal farmář přednost založení agrolesnických parcel, jen změnil rozložení parcel během cyklu.

Dalším analyzovaným výsledkem Varianty 3 jsou prodej a nákup práce, protože lze předpokládat, farmář bude přinucen donucen zvýšit prodej práce v počáteční fázi cyklu.

Tabulka č. 54: Prodej volných pracovních směn domácnosti farmáře [ps] – Varianta 3

Výše počátečního kapitálu	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	8. rok	9. rok	10. rok
11 048 PEN	46	271	333	267	151	342	388	304	397	377
vyrovná náklady	239	284	334	281	148	314	371	316	376	384
Výše počátečního kapitálu	11. rok	12. rok	13. rok	14. rok	15. rok	16. rok	17. rok	18. rok	19. rok	20. rok
11 048 PEN	228	266	275	297	182	344	388	303	399	378
vyrovná náklady	256	270	282	294	189	320	371	315	378	384

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky v Tabulce č. 54 potvrzují, že je farmář nucen prodat více pracovních směn, rozdíl je především v prvním roce cyklu. Při původní výši počátečního kapitálu prodá 46 směn, ale po změně výše kapitálu je nucen prodat už 239 směn. Při původní variantě prodá celkem 5 937 směn, po změně kapitálu prodá za celý cyklus 3 322 pracovních směn. Naopak během celých dvaceti let se farmář nerozhodl nakupovat žádné pracovní směny. V poslední Tabulce č. 55 je uvedena výše zisků a úspor za celých dvacet let.

Tabulka č. 55: Úroveň zisků a úspor [PEN] – Varianta 3

Výše počátečního kapitálu	Zisk	Průměr za 20 let	Úspory	Průměr za 20 let
11 048 PEN	80 888	4 044	208 544	10 427
vyrovná náklady	69 979	3 499	196 150	9 808

Zdroj: vlastní zpracování

Při původní výši počátečního kapitálu si farmář vydělá 80 888 PEN, což odpovídá průměrnému ročnímu zisku 4 044 PEN. Při výši, která vyrovná náklady se zisky je to 69 979 PEN, což odpovídá 3 499 PEN za rok.

Celková hodnota účelové funkce je 289 432 PEN (při výši vstupního kapitálu 11 048 PEN), což je v průměru 14 472 PEN za rok a 266 129 PEN (vyrovnání nákladů), což je v průměru 13 306 PEN za rok.

#### 10.2.4 Varianta 4

Poslední uvažovaná Varianta 4 se zaměřuje na to, jak ovlivní zisky za celých dvacet let výše diskontní sazby. Zdůvodnění vybraných sazeb uvažovaných v této variantě základního modelu je popsán v Kapitole 9. Jsou uvažovány další dvě diskontní sazby – 5% a 15%.

Tabulka č. 56: Vstupní údaje do modelu – Varianta 4

Údaj	Počet	Jednotka
Počet členů domácnosti	5	-
Úroveň spotřeby manioku	486	[kg/ha]
Disponibilní zemědělská plocha farmáře	4	[ha]
Počet disponibilních pracovních směn	518	[ps]
Výše počátečního kapitálu	11 048	[PEN]
Výše životních nákladů farmáře	3 583	[PEN/rok]
<b>Diskontní faktor</b>	<b>5/15</b>	<b>[%]</b>
Úroková míra (úspory v bance)	5	[%]

Pozn.: ps = pracovní směna

Zdroj: vlastní zpracování

Ve Variantě 4 je analyzována pouze výše zisků za celých dvacet let cyklu, protože výše diskontní sazby nemá vliv na velikost zemědělských parcel a spotřebu práce. V následující



Tabulce č. 57 jsou uvedeny výše zisků za dvacetileté období při různých výškách diskontních sazeb. Existuje předpoklad, že výše diskontní sazby bude výrazně působit na výši příjmů za celých dvacet let cyklu.

Tabulka č. 57: Úroveň zisků [PEN] – Varianta 4

Výše diskontní míra	Zisk	Průměr za 20 let
10%	80 888	4 044
5%	124 381	6 219
15%	56 569	2 828

Zdroj: vlastní zpracování

Zisků je dosahováno při všech úrovních diskontní míry. Při diskontní míře 10 %, jak bylo uvažováno v základním modelu, je celková současná hodnota zisků za celé dvacetileté období 80 888 PEN, což odpovídá ročnímu průměrnému zisku 4 044 PEN. Při nižší míře je dosaženo také většího zisku – 124 381 PEN, což v průměru odpovídá 6 219 PEN a při nejvyšší míře diskontní sazby 15% je dosaženo zisku 56 569 PEN, což je 2 828 PEN za rok. Výše zisků se mění dle výše diskontní sazby, ale i při 15% diskontní sazbě je dosaženo zisku.

Celková hodnota účelové funkce je 289 432 PEN (při diskontní sazbě 10%), což je v průměru 14 472 PEN za rok, 332 925 PEN (při diskontní sazbě 5%), což je v průměru 16 646 PEN za rok a 265 113 PEN (při diskontní sazbě 15%), což je v průměru 13 256 PEN za rok .

## 11 DISKUZE

V diskuzi budou jednak shrnuty dílčí závěry plynoucí z řešení základního řešení i jeho variant a také omezení, která jsou spojena se zvoleným postupem řešení.

### 11.1.1 *Dílčí závěry*

Model lineárního programování se ukázal být vhodným nástrojem pro zjištění, jak a čím je rozhodování farmáře ovlivňováno. Byly splněny všechny stanovené cíle, které byly před konstrukcí modelu stanoveny. Byla zjištěna optimální kombinace zemědělské výroby (pěstování agrolesnických plodin a monokulturního manioku) u základního modelu i všech jeho variant i čerpání jednotlivých disponibilních zdrojů. Rozhodování farmáře se řídilo maximalizací zisků ze zemědělských činností a prodeje práce během celého dvacetiletého cyklu a tím bylo ovlivněno to, pro kterou aktivitu se farmář nakonec rozhodl (pěstování agrolesnických plodin, doplňkového manioku, prodej/nákup práce nebo možnost úspor).

Z analýzy faktorů, které ovlivňují adopci agrolesnického systému u vzorku sledovaných domácností lze vyvodit tyto dílčí závěry:

- farmář obecně soustředí největší objem své zemědělské činnosti do prvních let dvacetiletého cyklu,
- pěstování monokulturního manioku dává farmář přednost v krátkém časovém období (ve většině případů toto období nepřesáhne jeden rok, a to první, respektive druhý rok cyklu), jedná se o operativní rozhodnutí,
- pěstování agrolesnických plodin farmář rozkládá do celého období, jde tedy o strategické rozhodnutí,
- farmář se obvykle věnuje vedle zemědělské činnosti i dalším aktivitám, tedy prodeji a nákupu pracovních směn a spoření,
- ve všech uvažovaných variantách investoval farmář svoje zisky více do úspor než do prodeje zemědělských činností a práce, tato aktivita se mu zdá být výnosnější,
- při růstu disponibilní zemědělské plochy dává farmář přednost aktivitě pěstování monokulturního manioku před agrolesnickými plodinami a začne nakupovat práci, aby pokryl pracovní náklady spojené s jeho pěstováním,

- výše vstupního kapitálu ovlivňuje při vyšších disponibilních plochách aktivitu pěstování monokulturního manioku spíše než pěstování agrolesnických plodin,
- při snižujícím se počtu disponibilních pracovních směn farmář preferuje investovat do aktivity pěstování monokulturního manioku před agrolesnickými plodinami a kvůli tomu je přinucen nakupovat stále více pracovních směn,
- při snižujícím se počtu disponibilních pracovních směn se výrazně snižuje úroveň celkových zisků,
- při stejných výchozích podmínkách (tzn. výše zisků v prvním roce je u obou plodin rovna nula) dává farmář přednost založení agrolesnických parcel a parcely monokulturního manioku vůbec nezaloží a následně kompenzuje ztrátu příjmů v prvním roce prodejem pracovních směn,
- i při vyšších mírách diskontní sazby se dosahuje zemědělskou aktivitou i prodejem práce zisku.

Z rozboru řešení základního modelu také vyplynulo, že hospodařením v navrhnutém systému s agrolesnickými plodinami se dosáhne vyšší úrovně zisku, než hospodařením v klasickém systému v oblasti, což znamená, že by z adopce navrhnutého systému měli drobní farmáři užitek. Z toho vyplývá, že existuje potenciál pro adopci agrolesnických systémů v dané oblasti.

Při srovnání dílčích závěrů s jinými autory lze zmínit Vostiho a kol. (1998), podle kterého snižuje vysoká úroveň vstupních investic, negativní hospodářský výsledek v prvních rocích a nejistá místní i mezinárodní poptávka adopční potenciál mezi drobnými farmáři. Dle analýzy 120 článků Pattayaka a kol. (2003) zabývajících se adopcí agrolesnických systémů mezi drobnými farmáři byla dostupnost disponibilních zdrojů statisticky významné v 65% všech studií.

Další studie od Coomesse a Burta (1997) z oblasti Amazonie týkající se agrolesnického systému využívajícího úhorové fáze se stromy prokázala, že nejvýznamnějším faktorem pro adopci agrolesnických systémů byla velikost disponibilní plochy, které měla následně vliv na délku fáze pěstování zemědělských plodin, úhorovou fází a diverzitu aktivit. Také ze studie Thangaty a kol. (2003) vyplývá, že nejdůležitějšími proměnnými ovlivňujícími přijetí zlepšeného úhoru jsou celková disponibilní plocha a počet lidí v domácnosti.

### 11.1.2 Diskuze ke zvolenému postupu řešení

Řešení pomocí této metody má ovšem také svá úskalí a omezení. Při konstrukci matematického modelu se není možné vyhnout zjednodušení reálné situace.

Proces adopce agrolesnických systémů, který je řešený v této práci, se zabývá rozhodováním na úrovni drobných farmářů. I když jde o primární a nejdůležitější aktéry v procesu jejich adopce, rozhodování je ovlivněno také dalšími aktéry – státními a místními institucemi, i mezinárodními organizacemi.

Model sestavený pro tuto disertační práci pracuje s předpokladem, že se zemědělci zabývají pouze rostlinnou výrobou. Ve skutečnosti se však část z nich věnuje také živočišné výrobě, ale tito farmáři patří k těm bohatším. Do modelu záměrně nebyly zapojeny, protože z terénního šetření provedeného v oblasti vyplynulo, že je živočišná výroba obecně ziskovější a existoval proto předpoklad, že by se farmář rozhodl spíše pro živočišnou výrobu než pro pěstování zemědělských plodin. Lze se opřít o studii Pattayaka a kol. (2003), kteří ve své analýze 120 článků mezi drobnými farmáři uvedli, že hospodářská zvířata byla statisticky významná pouze ve 33% případů, ve kterých byla hospodářská zvířata zahrnuta. Také Thangata a kol. (2003) využili metody lineárního programování při hodnocení faktorů a sestavili desetiletý model, který nezahrnoval chov dobytka, protože u většiny farmářů převládala rostlinná výroba.

Model je také ovlivněn zvoleným návrhem agrolesnického systému, volbou plodin a délkou celého cyklu. Tento postup ale sleduje své cíle: návrh agrolesnického systému s devíti parcelami je zvolen kvůli potřebě zajištění každoroční autospotřeby manioku a rozdělení vstupních nákladů do více roků, výběr plodin pak reprezentuje tradiční druhy v oblasti. Model lineárního programování je navržen na dobu 20 let, aby zahrnul dlouhý produkční cyklus bolainy.

V modelu lineárního programování jsou dvě zemědělské aktivity – pěstování agrolesnických plodin a monokulturního manioku. Obě plodiny se na parcelách střídají dle navrženého schématu ve dvacetiletém cyklu. V reálné situaci pěstují farmáři na svých polích maniok ve čtyřletém úhorovém systému (tzv. *improved fallow*), který se na poli střídá s úhorovou částí plevelu *Imperata*. Při této úvaze lze říci, že v modelu jsou proti sobě po dobu prvních sedmi

let, kdy je na volné půdě pěstován pouze monokulturní maniok, postaveny dva systémy – klasické pěstování monokulturního manioku a agrolesnických plodin. Výsledky týkající se preference mezi oběma aktivitami lze tedy při jisté úrovni zjednodušení chápat také jako volbu mezi tradičním a inovativním zemědělským přístupem.

Při sestavování metodiky disertační práce byl testován také model lineárního programování klasického úhorového systému v oblasti. Vzhledem k faktu, že se pěstuje pouze jedna plodina – maniok, byla reálná situace zjednodušená do té míry, že roční tržby z manioku a prodeje práce nestačily zajistit zvolená omezení modelu. Jde ale zajímavé zjištění z hlediska udržitelnosti obou systémů v oblasti.

Jedním z cílů modelu lineárního programování bylo zjistit, pro kterou aktivitu se farmář rozhodne, zda pro pěstování agrolesnických plodin nebo monokulturního manioku (případně nákupu a prodeji práce a možnosti spořit). Je ale třeba zmínit, jakým způsobem byl agrolesnický systém zvýhodněn, případně znevýhodněn oproti pěstování monokulturního manioku.

Zvýhodnění agrolesnického systému v modelu je vyjádřeno sníženou spotřebou pracovních směn v jedenáctém a dvanáctém roce cyklu, čímž se sníží pracovní náklady a dosahuje se vyšších zisků v těchto dvou letech. Je to způsobeno tím, že jsou tyto plodiny pěstovány na parcele po vykácení stromů a snižují se náklady na vyplevelení parcel. Tato parcela je zaplevelena daleko méně a nemusí být odplevelována od místního druhu *Imperata*, který je součástí klasického způsobu hospodaření v oblasti.

Agrolesnický systém je v celém modelu naopak znevýhodněn oproti monokulturnímu manioku – a to sníženými výnosy v případě pěstování manioku, které jsou způsobeny větší konkurencí mezi maniokem a stromy (kvůli efektu stínění). U pěstování monokulturního manioku jsou výnos a následně i tržby konstantní.

Jak ale vyplývá ze zkušeností s agrolesnickými systémy, tyto systémy poskytují celou řadu dalších přidaných hodnot. Pro tropické oblasti, jakými je i oblast, kde byl výzkum proveden, byl prokázán velice pozitivní vliv stromů v oblasti dostupnosti živin, chemických a biologických změn, ochrany půdy a redukce plevelů. Pozitivní vlivy se projevíly také ve fyzikálních změnách půd a výnosech plodin (výnosy plodin se ale u jednotlivých autorů liší).

Neutrální vliv je pozorován v dostupnosti vody a mikroklimatických změnách, negativní vlivy jsou pak prokázány v efektu stínění stromů.

Z uvedeného výčtu jasně vyplývá, že agrolesnické systémy poskytují daleko více pozitivních než negativních efektů. Některé z nich se nedají vždy vyjádřit v penězích, ale jisté zvýhodnění by se mohlo promítnout například do zvýšených výnosů plodin a celkové stability prostředí, která by se projevila například menší degradací půdy a vyváženým množstvím zásob vody. To by se následně mohlo opět odrazit ve zvýšeném výnosu pěstovaných plodin nebo snížení životních nákladů farmáře. Snížení těchto nákladů by mohlo být dosaženo například tím, že by farmářům nevznikaly náklady spojené se stěhováním do jiné oblasti, snížením potřeby zavlažování a nákupu hnojiv apod.

Většina z těchto pozitivních změn se ale projeví v delším časovém horizontu, naopak negativní vlastnost agrolesnických systémů stínění – se projeví ihned. Mercer (2004) také poukazuje na skutečnost, že v agrolesnických systémech trvá většinou tři až šest let, než se plně projeví pozitivní vlivy.

Do analýz bylo uvažováno o začlenění dalších zvýhodněních agrolesnického systému, jak vyplývá z uvedeného výčtu pozitivních vlivů. Ovšem zkušenost z agrolesnických demonstračních parcel u obou rozvojových projektů v oblasti je příliš krátká a nebyly doposud prokázány žádné další efekty tohoto systému. Z tohoto důvodu bylo zvýhodnění agrolesnického systému uvedeno v tom rozsahu, který je podrobně popsán a vysvětlen v této disertační práci.

V modelu se kalkuluje s tím, že je věk jednotlivých členů domácnosti stanoven jako konstanta. Od věku členů se následně odvíjí množství spotřebované práce a autospotřeba manioku na danou domácnost. Pokud je ale věk jednotlivých členů domácnosti po celou dobu cyklu považován za konstantu, jsou následně oba údaje také konstantní. Jde o jisté zjednodušení, které ale na rozhodování farmáře nemá zásadní vliv.

Pro účely modelování je v práci simulována situace, která odráží reálnou situaci farmáře – první rok svého hospodaření dostal farmář k dispozici vstupní kapitál, jehož výše byla zjištěna z terénního šetření. Tento kapitál je rozdělen stejným poměrem mezi agrolesnickou

parcelu a monokulturní maniok. Tím se sníží vstupní náklady u obou zemědělských systémů, ale jiným poměrem, protože každá z plodin má jinou úroveň těchto nákladů.

Varianta 3 pracuje se změnou výše počátečního kapitálu, ve kterém se experimentovalo s tím, že vlivem určité výše počátečního kapitálu jsou zisky v prvním roce aktivity pěstování monokulturního manioku i agrolesnických plodin nulové. Tím byla dána oběma zemědělským aktivitám stejná počáteční možnost, což znamenalo, že nebude zvýhodněna ani jedna z nich, i přes rozdílné vstupní náklady. Z rozboru výsledků vyplnilo, že se farmář rozhodl v prvním roce pro maximální obsazení plochy agrolesnickými parcelami a naopak nezaložil ani jednu parcelu monokulturního manioku.

To dokazuje, že je farmář při svém rozhodování o tom, které zemědělské aktivitě dá přednost, významně ovlivněn především vstupními náklady na založení agrolesnické parcely. Následný tok zisků se zdá farmáři výhodný, a proto investuje do této plodiny spíše, než do monokulturního manioku. Tohle zjištění se prokázalo i u dalších variant.

To, co nelze v této situaci vymodelovat je, které z aktivit by dal farmář v reálné situaci opravdu přednost. V případě, že by byl přesvědčen o dlouhodobých pozitivních efektech agrolesnictví a byl by informován o budoucím toku zisků, mohl by se nakonec rozhodnout právě pro agrolesnické plodiny a celý vstupní kapitál by tedy mohl pokrýt vysoké vstupní náklady na založení agrolesnických plodin.

Při dřívějších analýzách bylo uvažováno prognózovat cenu dřeva bolainy. Pro budoucnost agrolesnických systémů v oblasti by tato prognóza napověděla více o tom, zda se farmářům vyplatí investovat do aktivity pěstování a prodeje stromů. Bohužel se nepodařilo zjistit potřebné údaje, což ovšem svědčí o tom, že ani samotné instituce, které řídí a kontrolují těžbu dřeva v oblasti, nemají potřebná data pro svoji práci nebo nejsou ochotny je poskytnout.

## 12 ZÁVĚR

Drobní farmáři ve sledované oblasti sledují při své hospodářské aktivitě mnoho různých cílů, což dělá jejich životní systém ucelený a komplexní. Při hodnocení jejich činnosti se není možné vyhnout jisté úrovni zobecnění a je třeba mít stále na paměti, že jejich charakteristiky nejsou homogenní. Farmáři se od sebe navzájem liší v mnoha aspektech – ať se jedná o rodinná specifika jako velikost rodiny, poměr mužů a žen nebo věk jednotlivých členů rodiny; dále v přístupu ke zdrojům jako je půda a další přírodní zdroje a v neposlední řadě také hospodářské aktivitě.

Dále je třeba si uvědomit, že výzkum a jeho výsledky jsou provedeny v oblasti, která má daná specifika. Výhodnou je, že je region Ucayali svými vlastnostmi velice podobný jiným regionům v Amazonii a výsledky výzkumu se tedy dají aplikovat také v jiných částech, které ale vykazují stejné nebo velmi podobné socio-ekonomické podmínky. Region Ucayali prošel navíc takovou úrovní změn, ať už se jedná o využití půdy nebo odlesňování, že jeho zkušenost může sloužit jako „zkušební laboratoř“ pro to, aby se v dalších oblastech, kterým hrozí stejná rizika, předešlo zbytečným ztrátám přírodních zdrojů.

Řešení a výsledky obsažené v této disertační práci jsou výsledkem dlouhodobého výzkumu agrolesnických systémů. Byl splněn hlavní, stejně jako dílčí cíle, které si autorka stanovila. Závěry disertační práce umožnily poznat ekonomiku zemědělských domácností ve vztahu k agrolesnickému produkčnímu cyklu a mohou tak přispět k procesu implementace agrolesnických systémů vedoucímu ke zvýšení udržitelného zemědělství v regionu Ucayali.

Přehled řešené problematiky se zaměřuje na oblasti, které jsou vodítkem pro pochopení celé problematiky, kterou se disertační práce věnuje. Podává přehled o definicích, dělení, výhodách a nevýhodách agrolesnických systémů a shrnuje metody jejich hodnocení.

Proces adopce agrolesnických systémů, který je řešený v této práci, se zabývá rozhodováním o adopci agrolesnických systémů na úrovni drobných farmářů. Zda budou agrolesnické systémy v oblasti přijaty ovšem nezávisí pouze na nich. Jsou další aktéři, jako vláda, místní instituce a nadnárodní instituce, které mohou v tomto procesu sehrát velice důležitou roli. Farmáři jsou těmi, kteří je budou implementovat v praxi, je k tomu ale potřeba finanční



i technologické podpory ze strany vlády i místních institucí. Nejdůležitější role mezinárodních institucí je pak v jejich vlivu na národní a místní vlády.

Provedené terénní šetření zjistilo ekonomickou situaci farmářů v oblasti, jejichž hospodářská činnost je neoddelitelně spojena s využíváním přírodních zdrojů a významným podílem je ovlivňuje. Převládající činností je rostlinná výroba, což svědčí o tom, že je sledovaná oblast celkově velmi málo rozvinutá. Rozvoji a stabilitě oblasti by mohlo přispět zpracování zemědělských surovin. Specifické pro celou oblast je také to, že většinu farmářů tvoří přistěhovalci z jiných částí Peru, což může ovlivnit celkový vztah farmářů k půdě a jejich zapojení do zemědělské činnosti.

Pozitivní je zjištění, že i když drobní farmáři neměli přístup k dostatečnému vzdělání, téměř polovina by dala přednost tomu, aby jejich děti studovaly, protože věří, že jim to přinese lepší budoucnost a svoje znalosti budou následně moci využít při zemědělské praxi. To je jistě dobrým předpokladem pro další rozvoj celé oblasti.

Metoda lineárního programování se ukázala být vhodným nástrojem pro *ex-ante* hodnocení adopce agrolesnických systémů, jelikož umožnila zhodnotit navržený agrolesnický systém ještě před svou implementací v praxi. Hlavní přínos celé disertační práce je v detailním metodickém postupu, který může být se změněnými vstupními údaji aplikován také v jiných regionech. Výsledky provedené studie se také dají zobecnit a vztáhnout na ty oblasti, které mají stejné agro-environmentální charakteristiky.

Z uvedených zjištění lze odvodit hlavní závěry, které jsou zároveň předpoklady pro přijetí agrolesnických systémů drobnými farmáři v oblasti:

- poskytnout farmářům finanční podporu pro překonání vstupních nákladů na založení parcel agrolesnického systému,
- zajistit, aby měli farmáři dostatečné informace o výhodách agrolesnického systému a začali se řídit strategickým rozhodováním,
- lze konstatovat, že agrolesnictví je udržitelným zemědělským systémem i při omezených rozhodovacích možnostech místních farmářů, ale záleží na úrovni disponibilních zdrojů, které má farmář k dispozici.

V krátkém časovém období, kdy je farmář ovlivněn operativním rozhodováním, je jeho zemědělská aktivita zaměřena především na pěstování monokulturního manioku. Agrolesnický systém je naopak preferován v dlouhém časovém horizontu, jedná se strategické rozhodování farmáře. V reálné situaci se ale farmáři strategickým rozhodováním neřídí, převládá u nich operativním rozhodováním.

Je to způsobeno úrovní jeho znalostí a vědomostí a také nedostatečnými zkušenostmi s inovativními zemědělskými postupy. Pokud farmář není informován o výhodách, které mu agrolesnický systém přináší v dlouhém časovém horizontu, je velice těžké jej přesvědčit a překonat jeho nedůvěru. Dle Mercera (2004) agrolesnictví a další inovativní postupy v oblasti řízení přírodních zdrojů vyžadují vyšší úroveň znalostí než soubory moderních zemědělských metod. Vlivem tohoto faktu hraje vzdělání farmáře a jeho zkušenost větší roli u agrolesnictví a v řízení přírodních zdrojů, než v konvenčním zemědělství.

K tomuto přispívá také fakt, že je agrolesnický systém spojen s vysokými vstupními náklady i skutečnost, že většina z pozitivních změn agrolesnického systému se projeví v delším časovém horizontu, naopak negativní vlastnost – stínění zemědělským plodinám – se projeví ihned. Dle Mercera (2004) je nejistota spojená s těmito novými produkčními systémy důležitým prvkem pro celkově pomalejší proces adopce a lze usuzovat, že agrolesnické projekty budou vyžadovat delší časové období před tím, než se začnou se šířit samovolně.

Dle Pattayaka a kol. (2003) je běžné, že většina tropických oblastí nemá dostatečný přístup k úvěrům. Jak potvrzují také výsledky terénního šetření, pouze necelá třetina farmářských domácností má půjčku od banky nebo místních finančních institucí. Pomoc národní i místní vlády v oblasti je v současné době nedostatečná. Pro budoucnost udržitelných zemědělských systémů v oblasti je proto podpora v podobně finančních i dalších druhů pomoci ze strany státu i nadnárodních institucí naprosto nezbytná. Otázkou je, do jaké míry je současná vláda ochotna porozumět situaci spojené s farmáři. Oba projekty realizované ITS ČZU v rámci oficiální rozvojové pomoci ČR tak částečně nahrazují nedostatečnou podporu ze strany vlády a to finanční i technologickou. V budoucnu se bude aktivita ITS v dané oblasti zaměřovat především na výzkum a technologickou podporu ve spolupráci s univerzitou v Pucallpě<sup>32</sup>.

---

<sup>32</sup> Universidad Nacional de Ucayali

Lze také konstatovat, že primárním problémem spojeným se zemědělskou činností, kterým farmáři v oblasti čelí, je odlesňování. Vzhledem k tomu, že odlesněné půdy, na kterých farmáři hospodaří, podléhají rychlé degradaci a zarůstají invazivními druhy plevelů, jsou farmáři nuceni hledat další zemědělské půdy a vypalovat původní části pralesa.

Farmáři v oblasti praktikují tradiční zemědělské systémy – úhorové zemědělství – a nově získané půdy velice rychle podléhají degradaci. Pěstování zemědělských plodin proto nepřináší veliké zisky vlivem nízkých výnosů, které jsou způsobeny rychlou ztrátou půdní úrodnosti. V klasickém systému jsou vypalovány zatravněné plochy a to je spojeno s rizikem požárů, což je většinou farmářů v oblasti vnímáno jako veliký problém.

Drobní farmáři tržní obvykle velice nízkou cenu za dřevo, které mají na svém pozemku. Jeho hodnota ale rychle nabývá na své ceně v případě dalšího zpracování. Chudí drobní farmáři nemají ve většině případů žádnou techniku ani prostředky, aby mohli svoje zásoby dřeva zpracovat a dodat tak dřevu přidanou hodnotu. Z tohoto faktu profitují především těžařské firmy v okolí, které zpracovávají dřevo ve velkých pilách a dále prodají na místním trhu nebo jej vyexportují. Farmáři tak logicky nevidí žádnou motivaci, v tomto případě tržní, aby pěstovali stromy na svých pozemcích. Farmářům by pomohlo spojit se do skupin a družstev, které by mohly mít silnější vyjednávací pozici a konkurovat velkým a silným dřevařským společnostem.

Většina pralesa regionu je ve vlastnictví státu a ten ji za účelem zisku pronajímá velkým těžařským společnostem, které lesy vytěží a následně by se měly postarat o jeho revitalizaci, to se ale ve většině případů neděje. Velikým problémem, který je spojen s revitalizací tropického lesa je skutečnost, že obnovení jeho funkcí trvá několik desítek let, ale zájem člověka se upíná většinou k uspokojení krátkodobých potřeb. Politická rozhodnutí, která by mohla zvrátit tento vývoj, většinou nepřekonají horizont jednoho volebního období.

Kdo ale opravdu stojí za odlesňováním a následnou degradací přírodních zdrojů v Amazonii? Jsou to chudí, drobní farmáři, kteří se starají především o to, aby přežili a zajistili základní příjem a uživili svoji rodinu? Je to jejich nevzdělanost, která jim stojí jako překážka v cestě za novými, lepšími a účinnějšími technologiemi? Nebo je to způsobeno velkými těžařskými společnostmi, jejichž jediným cílem je zisk? Dalším z viníků může být místní a národní vláda, která nemá dostatečný zájem ani kontrolu nad přírodními zdroji a prostředky na to, aby mohla

poskytnout finance a další podporu drobným farmářům. Roli v tomto procesu hrají všichni tito aktéři, ale problémy spojené s odlesňováním v Amazonii přesahují místní i národní úroveň, protože bez mezinárodní poptávky po dřevě a dřevařských produktech by neměla žádná firma zájem na tom, aby dřevo z tropických lesů těžila.

Budoucnost přírodních zdrojů v Amazonii je třeba vnímat komplexně a zajistit účinnou formu kontroly nad lesními zdroji, aby se zamezilo ilegální těžbě a podnítila se revitalizace vytěženého lesa. Stát by měl také farmářům poskytnout finanční a jiné druhy podpor, zvláště pak zajistit nové a účinnější technologie, aby byla zachována co největší část přírodních zdrojů a farmáři nebyli nuceni hledat stále další oblasti pro svoji hospodářskou činnost.

Důkazem toho, že i místní farmáři a domorodí obyvatelé Amazonie chtějí hájit právo na životního prostředí, jsou nedávné protesty, kterých se zúčastnilo přes třicet tisíc lidí. Indiánské kmeny zahájily pokojné protesty v dubnu 2009 s cílem přimět parlament k odvolání zákonů, které umožňují těžebním a energetickým společnostem pronikat do dosud málo narušených deštných pralesů v horní části Amazonie. Domorodé obyvatelstvo došlo k závěru, že miliardovými investicemi vesměs zahraničních koncernů ztrácí kontrolu nad svým tradičním životním prostředím a zdroji, zatímco zisk shrabují elity v Limě a zahraniční koncerny.

Peruánský prezident Alan Garcia se k celé záležitosti vyslovit tak, že by z přírodních zdrojů země měli profitovat všichni Peruánci a ne jenom malá skupina místních. „Musíme pochopit, že když jsou zde zásoby ropy, plynu a dřeva, nepatří pouze lidem, kteří měli to štěstí a narodili se v oblasti Amazonie,“ konstatoval Garcia (Týden, 2008).

Vyplývá z toho, že místní obyvatelé si začínají uvědomovat alarmující situaci, ve které žijí a která je dlouhodobě neudržitelná. Zvyšující se poptávka po zásobách přírodních zdrojů však začíná narážet na své limity. Základem k pochopení celé situace je skutečnost, že rozhodnutí učiněná v jedné oblasti světa mají dopad i na vývoj v ostatních oblastech světa.

Klíčovou otázkou však zůstává, jak zajistit chudým regionům při nedokonalém politickém a ekonomickém systému, při klesající úrovni životního prostředí a omezených zdrojích, aby mohly dosáhnout uspokojivé ekonomické úrovně a materiálního zajištění obyvatel. Důležitou roli by v tomto případě mohl v budoucnu sehrát vývoj technologií a vědy, který by v rozvojových zemích urychlil proces přechodu k perspektivnějším metodám.