

**Mendelova univerzita v Brně  
Provozně ekonomická fakulta  
Ústav statistiky a operačního výzkumu**

---

# **Optimalizace osevního plánu v zemědělském podniku Rakovec, a. s.**

**Diplomová práce**

**Vedoucí práce:**

**doc. Ing. Josef Holoubek, CSc.**

**Bc. Lenka Ondráčková**

**Brno 2015**



Volná strana pro zadání práce



Touto cestou bych ráda poděkovala doc. Ing. Josefu Holoubkovi za vedení mé diplomové práce, za jeho cenné rady a připomínky. Rovněž děkuji zaměstnancům společnosti Rakovec, a. s., kteří mi poskytli potřebné informace ke zpracování DP a ochotně mi zodpověděli veškeré dotazy.



Prohlašuji, že jsem tuto práci Optimalizace osevního plánu v zemědělském podniku Rakovec, a. s., vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 12. května 2015

---





## **Abstract**

ONDRÁČKOVÁ, L. *Optimization the structure of crop production of agricultural company Rakovec, a. s.* Diploma thesis. Brno: Mendel University in Brno, 2015.

This diploma thesis deals with finding the optimal structure of plant production in agriculture company Rakovec, a. s. The thesis consists of two main parts. The theoretical part describes the operations research includes linear programming and in the practical part there is optimized concrete crop rotation with the assistance of MS Excel programme. In conclusion are contained relevant recommendations.

## **Keywords**

Operational research, linear programming, optimization, crop production, costs, profit.

## **Abstrakt**

ONDRÁČKOVÁ, L. *Optimalizace osevního plánu v zemědělském podniku Rakovec, a. s.* Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015.

Diplomová práce se zabývá nalezením optimální struktury rostlinné výroby v zemědělském podniku Rakovec, a. s. Práce se skládá ze dvou hlavních částí. Teoretická část je orientována na operační výzkum včetně lineárního programování a v praktické části je optimalizován konkrétní osevní plán s použitím programu MS Excel. V závěru jsou uvedena příslušná doporučení.

## **Klíčová slova**

Operační výzkum, lineární programování, optimalizace, rostlinná výroba, náklady, zisk.



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a metodika</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>15</b>
3.1	Operační výzkum .....	15
3.1.1	Lineární programování .....	19
3.1.2	Matematický model LP .....	19
3.1.3	Dualita v lineárním programování .....	20
3.1.4	Řešení úloh LP .....	22
3.1.5	Analýza citlivosti .....	27
3.2	Rostlinná produkce.....	28
3.3	Ekonomické ukazatele .....	34
<b>4</b>	<b>Vlastní práce</b>	<b>36</b>
4.1	Charakteristika zemědělského podniku Rakovec, a. s. ....	36
4.1.1	Celková charakteristika.....	36
4.1.2	Charakteristika současného osevního plánu .....	38
4.2	Vymezení problému a slovní formulace úlohy .....	41
4.3	Matematický model .....	42
4.3.1	Definice proměnných.....	42
4.3.2	Maximalizační účelová funkce.....	42
4.3.3	Minimalizační účelová funkce .....	47
4.3.4	Omezující podmínky .....	48
4.4	Řešení modelu .....	53
4.4.1	Maximalizační model.....	53
4.4.2	Minimalizační model .....	55
4.5	Vyhodnocení výsledků, návrh řešení.....	57
4.5.1	Maximalizační model.....	57
4.5.2	Minimalizační model .....	59
4.5.3	Analýza citlivosti .....	60

---

4.5.4	Porovnání výsledků optimalizace se skutečným osevním plánem	.62
4.5.5	Doporučení pro společnost Rakovec, a. s. ....	64
<b>5</b>	<b>Diskuse a závěr</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>Literatura</b>	<b>68</b>
<b>7</b>	<b>Seznam tabulek a obrázků</b>	<b>71</b>
<b>8</b>	<b>Přílohy</b>	<b>73</b>

# 1 Úvod

Zemědělství bylo od počátku dějin významným zdrojem obživy. Jeho principy poskytly lidstvu návod na přetváření přírodních zdrojů v bohatství. Stejně jako lesnictví či těžební průmysl, patří zemědělství do primárního sektoru národního hospodářství, kde jsou statky získávány přímo z přírody obděláváním půdy a chovem zvířat.

První Jednotná zemědělská družstva se začala vytvářet po roce 1949. Tvořily se zemědělské organizace za účelem společného hospodaření na družstevním principu, na základě sdružení movitého a nemovitého majetku. Vznikem zemědělských družstev se naše převážně rodinné zemědělství přetvářelo a vznikala zemědělská velkovýroba, která se postupně rozvíjela až do roku 1991, kdy byla zákonem vyhlášena transformace zemědělských družstev. To představovalo návrat zemědělství soukromým subjektům.

V posledních letech již zemědělská půda ustupuje ve prospěch environmentálního využití. Ovšem stejně jako v průmyslu, i zemědělci se snaží prosazovat své zájmy a dosahovat nejvyšších zisků.

Optimalizace osevního plánu je klíčovým problémem, který řeší každá společnost zaměřená na rostlinnou výrobu. Struktura plodin v osevním plánu a jejich hektarové výnosy se významně odráží v ziskovosti i konkurenceschopnosti společnosti. Záleží na nastavení cílů společnosti, jejich možnostech i omezeních. Vhodně zvolený osevní postup (plán účelného střídání plodin), má respektovat zásady rostlinné výroby, tzn. příznivě působit na úrodnost půdy, snižovat výskyt škůdců, chorob i plevelů, vytvářet příznivé podmínky pro následnou plodinu vhodně zvolenou předplodinou, podporovat růst dostatkem živin a minerálů.

Z dlouhodobého hlediska dochází ve struktuře zemědělských plodin dle ČSÚ k významným změnám. Tyto změny se týkají jak druhového zastoupení plodin, tak i podílu na osevních plochách. Zatímco v roce 1946 se na 53,1 % osevních ploch pěstovaly obiloviny, zastoupené všemi hlavními druhy, v roce 2013 se pšenice a ječmen pěstovaly již na více než 80 % osevních ploch obilovin. Dohromady s řepkou a kukuřicí zabíraly necelé tři čtvrtiny všech osevních ploch v ČR. Převaha těchto čtyř základních druhů komodit svědčí o snižování rozmanitosti na našem území (LHOTSKÁ, FIEDLEROVÁ, 2014).

Využití metod lineárního programování v rostlinné výrobě umožňuje do rozhodování o optimální struktuře osevního plánu zahrnout současně všechny nezbytné faktory ovlivňující daný osevní plán. Jsou to např. náklady, výnosy, tržní ceny, dotace, včetně nejrůznějších druhů omezení, kterým může společnost čelit (zásady střídání plodin, skladovací prostory, rozpočet na rostlinnou výrobu, atd.). Součástí jednoho matematického modelu jsou tak všechny faktory, které je třeba brát v úvahu při hledání odpovědi, jaká je optimální struktura osevního plánu.

## 2 Cíl práce a metodika

Cílem práce je optimalizace osevního plánu společnosti Rakovec, a. s. To znamená nalézt vhodnou kombinaci zemědělských plodin v osevním plánu tak, aby byl maximalizován zisk nebo minimalizovány náklady. Současně musí být osevní plán v souladu s principy rostlinné výroby, ekonomickými záměry společnosti i požadavky na odbyt. Pro návrh vhodného osevního plánu jsou využity prostředky lineárního programování. Praktická část práce je zpracována za pomoci programu Microsoft Office Excel 2007.

První část práce je zaměřena na shromáždění teoretických poznatků z oblasti operačního výzkumu, tzn. lineární programování, matematický model LP, simplexová metoda, aj. Také jsou vysvětleny obecné principy rostlinné produkce včetně zásad pro střídání plodin. Potřebné poznatky byly získány na základě literární rešerše.

V druhé části práce jsou teoretické znalosti aplikovány na společnost Rakovec, a. s. V úvodu je společnost představena, včetně historického vývoje a aktuální situace. Dále jsou podrobně charakterizovány požadavky na skutečný osevní plán společnosti užívaný v současnosti.

Na základně reálných údajů za rok 2013 a 2014, získaných v uvedené společnosti, je popsán optimalizační problém, který je převeden do matematického modelu a řešen pomocí metod lineárního programování v modulu Řešitel v MS Office Excel 2007. S ohledem na omezující podmínky jsou navrženy dva osevní plány, při kterých je nejprve maximalizován zisk a poté minimalizovány náklady. Dále je provedena analýza citlivosti. Navržené osevní plány jsou srovnány se skutečným stavem ve společnosti. S výsledky práce a návrhy vhodných osevních plánů pro maximální zisk a minimální náklady, se seznámí i zástupci společnosti Rakovec, a. s. Závěr práce shrnuje doporučení pro společnost, která by na základě výsledků optimalizace mohla vést k lepším výsledkům hospodaření.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Operační výzkum

Předmět zájmu a cíle operačního výzkumu byl popsán různými autory. Od definic *Vědeckého přístupu k rozhodování*, přes *Použití kvantitativních nástrojů pro systémy, které pocházejí z reálného života*, až po *Vědecká rozhodování* a mnohé další. Vše dohromady jednoduše znamená, že věda používá kvantitativní techniky, aby se určil nejúčinnější způsob jednání za daných okolností. Jinými slovy, operační výzkum určí, jak dělat věci efektivně (EISELT, SANDBLOM, 2012)

Operační výzkum pomáhá řešit takové rozhodovací situace, u kterých nestačí pracovat s jednoduchými postupy. Vzhledem k tomu, že špatná rozhodnutí mohou mít často fatální důsledky, ke snížení rizik z takových rozhodnutí přispívají matematické metody shrnuté pod názvem operační výzkum (DUDORKIN, 2002).

Jak uvádí Jablonský (2007), jde o disciplínu zabývající se zkoumáním operací v rámci určitého systému. Výsledkem je pak určení takové úrovně provádění těchto operací nebo jejich vztah, aby byla zabezpečena nejlepší možná funkce celého systému. Pro posouzení správného fungování systému, je třeba stanovit jistá omezení. V konečném důsledku je možné nalézt optimální řešení daného problému.

Matematické programování je základní nástroj operačního výzkumu. Modelování značně zjednoduší reálný systém, proto je třeba brát v úvahu, že model je jen zjednodušeným obrazem skutečného systému. Mezi výhody modelového systému podle Jablonského (2007) patří:

- možná strukturalizace systému a specifikace všech případných variant stavu systému, jichž může být i nekonečné množství,
- možná analýza systému chování v čase - procesy modelované na počítačích zkrátí dobu trvání ze dnů, měsíců či let na pouhé zlomky sekundy,
- změnou parametrů modelu lze jednoduše ovlivňovat model a provádět nejrozsáhlejší pokusy,
- náklady na realizaci modelu jsou nižší než při experimentování s reálným systémem (i když nejsou zanedbatelné).

Řešení daného problému, od jeho objevení až po nalezení řešení metodami operačního výzkumu, představuje sled na sebe navazujících činností podřízených určitému pevnému řádu (DUDORKIN, 2002).

Podle Dudorkina se člení jednotlivé etapy tohoto řádu takto:

1. *Analýza a formulace úlohy* – před vlastní formulací úlohy nastává proces analýzy řešené situace, která se zakládá především na formulaci a přezkoumání cílů a účelu řešení úlohy. Dudorkin (2002) tuto činnost přirovnal

k celkovému vyšetření pacienta před stanovením diagnózy a způsobu léčby. Cílem analýzy je popsat hlavní problém a stanovit možnosti jeho řešení. Dále se určí existující omezení a kritéria pro hodnocení variant řešení. Fáze formulace úlohy obsahuje předběžné určení rozměru úlohy, uvážení možných přístupů k řešení úlohy a určení doby předpokládané životnosti modelu. Poslední částí etapy formulace úlohy je určení důležitých faktorů. Z nichž je třeba oddělit faktory, které mohou být měněny (řiditelné proměnné) a faktory, jsou považované za dané (neřiditelné proměnné).

2. *Sběr a zpracování informací* – tato etapa využívá statistické metody a metody hromadného zpracování dat. Pokud má organizace již vytvořenou informační základnu, je práce v této etapě značně usnadněna. V opačném případě musí organizace provést speciální šetření a měření potřebných veličin. Získané údaje musí utřídit a zpracovat do ucelené informační soustavy. Takto utvořená základna je východiskem pro konstrukci matematického modelu zkoumané operace. Ten se musí „vyplnit“ aktuálními číselnými údaji (pokud dochází k jejich změně) před každým opakovaným použitím modelu.
3. *Konstrukce matematického modelu* – jde o kreativní činnost, která je značně subjektivní a výsledek je odvislý od osoby řešitele. Na jedné straně je požadavek co nejuvěrohodnějšího odrazu skutečnosti, z druhé strany je nutné, aby model nebyl moc komplikovaný z důvodu jeho řešitelnosti a analyzovatelnosti. Základem je určit řiditelné a neřiditelné proměnné, tvar kritériální funkce a omezující podmínky.
4. *Řešení matematického modelu* – představuje výběr jednoho nebo více řešení pro daný matematický model. Tato etapa je především technickou záležitostí. K řešení jsou využity nejrůznější metody a postupy operačního výzkumu a vhodné počítačové programy.
5. *Testování modelu* – je založeno na potvrzení, zda je správně zobrazena modelovaná skutečnost. Důležitou částí je zjištění přiměřené citlivosti modelu na změnu proměnných a ověření jeho „pracovní“ schopnosti.
6. *Interpretace výsledků* – jde o slovní překlad číselných výsledků matematického modelu. Patří sem také porovnání výsledků se zavedenými hypotézami o předmětu modelování, vysvětlení paradoxních výsledků, vyhodnocení smyslu řešení.
7. *Implementace* – je chápána jako začlenění konkrétních výsledků modelu do reálné situace. Ve většině případů jde o řešení složitých situací, kde model je pouze podkladem pro rozhodování.

Modely operačního výzkumu bylo nutné vzhledem k jejich heterogenitě seskupit do jednotlivých tříd problémů. Postupem času se z těchto tříd staly samostatné disciplíny či odvětví operačního výzkumu (JABLONSKÝ, 2007).



Holoubek (2010) rozdělil operační výzkum na tyto disciplíny:

- *matematické programování* – cílem je řešit optimalizační úlohu a najít extrém daného kritéria. Omezující podmínky jsou zapsány do soustavy lineárních nebo nelineárních rovnic (či nerovnic).

Tato práce je zaměřena na matematické programování, speciálně na lineární programování. Typická úloha matematického programování vypadá dle Holoubka (2010) takto:

$$\begin{aligned} z_{ext} &= f(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &\geq \leq b_1 \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &\geq \leq b_2 \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) &\geq \leq b_m \\ x_j &\geq 0 \end{aligned}$$

kde  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Funkce  $g_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) představují jednotlivé omezující podmínky.

Funkce  $f$  představuje kritérium, díky němuž lze určit optimální řešení (kde funkce  $f$  dosáhne extrému – maximální nebo minimální hodnoty).

V úloze s  $n$  proměnnými  $x_j$  a  $m$  vlastními omezujícími podmínkami je cílem nalézt hodnoty proměnných, které vyhovují všem omezením, a zároveň účelová funkce nabude extrémní hodnoty.

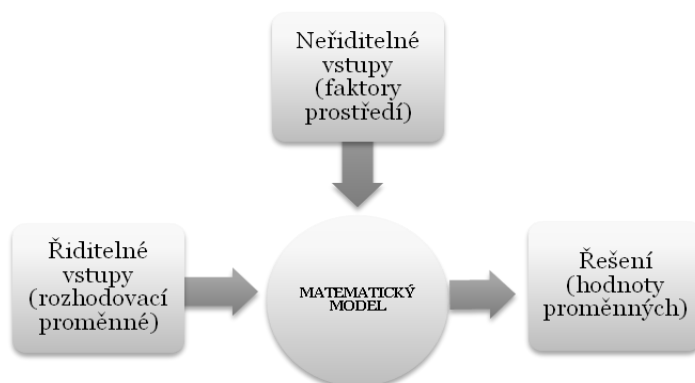
Pokud má účelová funkce  $f$  i funkce  $g_i$  lineární charakter, bude problém řešen v rámci lineárního programování. Je-li některá z funkcí  $f$  nebo  $g_i$  nelineární, pak jde o problém nelineárního programování.

Grafické znázornění modelu matematického programování z hlediska vstupů a výstupů je zobrazeno na obrázku č. 1 (PLEVNÝ, ŽIŽKA, 2005).

Další součásti operačního výzkumu (vedle zmíněného matematického programování) představují:

- *Síťová analýza* – složité procesy je možné zobrazit graficky pomocí sítí.
- *Strukturní analýza* – zaměřeni na kvantitativní stránky výrobního procesu.
- *Teorie zásob* – umožňuje určit řízení zásob s minimálními náklady.
- *Teorie obnovy* – určí prvky modelu, které se na konci určitých období vyřadí.
- *Teorie hromadné obsluhy* – cílem je takový výsledek, na základně kterého se minimalizují ztráty zákazníků i obsluhy.

- *Teorie her* – věnuje se optimálnímu řešení konfliktů, které vznikají mezi účastníky, jenž sledují své vlastní cíle a zájmy.



Obr. 1 Vstupy a výstupy modelu matematického programování

Každý model operačního výzkumu obsahuje parametry a proměnné. Parametry jsou hodnoty, které nejsou pod naší kontrolou, ale zároveň je známe (nebo je můžeme určit). Naopak mezi proměnné patří takové hodnoty, které neznáme (chceme je zjistit) a které můžeme ovlivňovat. Eiselt a Sandblom (2012) vysvětlují rozdíly mezi parametry a proměnnými na příkladu přepravy zboží. Typ vozíku použitého pro přepravu a cesta jsou proměnné, umístění skladu našeho zákazníka je parametr, který nemůžeme ovlivnit. Cílem řešení modelu je nalézt takový typ vozíku a cestu, které budou vyhovovat zadaným podmínkám.

V praxi je prostor pro uplatnění operačního výzkumu v celé řadě situací (HIRA, 1992):

1. *V průmyslu* – existuje zde řetězec problémů, od nákupu surovin až po expedici hotových výrobků. Cílem je mít přehled o způsobu optimalizace zisku. Aby to bylo možné, je nutné udělat rozhodnutí na vědeckých základech a vzít v úvahu různé alternativy.
2. *V oblasti obrany* – v oblasti obrany země jsou prováděny různé činnosti, které je třeba koordinovat s cílem dospět k optimální strategii a k dosažení obranných cílů.
3. *V plánování* – ekonomický plán většiny zemí je zajistit maximální růst příjmů na osobu v co nejkratším čase, s přihlédnutím k národním cílům a omezením dané země.
4. *V zemědělství* – s rostoucí populací a následným nedostatkem potravin jsou země postaveny před problém optimální alokace plodin v souladu s klimatickými a přírodními podmínkami.
5. *Ve veřejných službách* – metody operačního výzkumu mohou být také aplikovány v nemocnicích k redukci čekacích dob, v dopravě k regulaci vlakových spojů, atd.

### 3.1.1 Lineární programování

Lineární programování je základní technikou řešení matematických modelů. Termín *lineární* vysvětluje vazby všech matematických funkcí popsaných v modelu – tedy funkce lineární. Slovo *programování* by se dalo interpretovat jako plánování nebo vytváření předpovědí budoucího vývoje (JABLONSKÝ, 2007).

Wöhe a Kislingerová (2007) považují lineární optimalizaci za jednu z nejdůležitějších dílčích oblastí operačního výzkumu. V této oblasti lze pomocí lineárních rovnic a/nebo nerovnic řešit problémy plánování.

Dle Brožové a Houška (2002) mohou lineární modely zobrazovat systém s určitou mírou nepřesnosti, která vyplývá z předpokladu linearit zobrazovaných procesů a deterministického charakteru parametrů modelu. I tak ovšem poskytují tyto modely důležité informace při rozhodování.

### 3.1.2 Matematický model LP

Důležitým krokem při aplikaci lineárního programování je stanovení ekonomického a dále pak matematického modelu daného problému. Při formulaci ekonomického modelu jde zpravidla o složitý proces vycházející ze zkoumání a poznání reálného ekonomického systému. Pokud máme definovaný a verbálně popsaný ekonomický model, měl by správně obsahovat definici procesů (jež v systému probíhají), definici činitelů (omezujících jednotlivé probíhající procesy), definici cíle optimalizace. Transformací získaných informací lze dle Jablonského (2007) získat model matematický.

Jak upozorňuje Brožová a Houška (2002), lineární optimalizační úloha není matematicky složitá, ovšem její obtížnost se skrývá v její aplikaci, protože neexistuje univerzální návod na její formulaci.

Jak uvádí Holoubek (2010), úlohy lineárního programování se dají řešit relativně jednoduchou metodou. Záměrně se tak dopouštíme v řešeném problému vhodného zjednodušení, díky němuž je možné využít obecné metody řešení. Z daného slovního modelu musí být vždy jasně stanovené:

- proměnné,
- omezení,
- kritérium rozhodování.

Lineární matematický model má v rozepsané formě obecný tvar:

$$\begin{aligned} z_{extr} &= c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \\ a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\geq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\geq b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n &\geq 0 \end{aligned}$$

První řádek rovnice se označuje jako *účelová funkce*, která představuje sumu součinů koeficientů účelové funkce  $c_j$  se strukturálními proměnnými  $x_j$ .

Účelová (kriteriální) funkce vyjadřuje jistý efekt, jehož velikost se může maximalizovat (často např. u zisku), nebo se může minimalizovat (např. u nákladů). Tato funkce je tvořena vždy lineární funkcí (FOTR, SOUČEK, 2005).

Na posledním řádku jsou vyznačeny *podmínky nezápornosti*.

Podmínky nezápornosti hodnot jsou velmi přirozené z hlediska praktické aplikace lineárního modelu v praxi. Představit si proces se zápornou hodnotou a záporným rozsahem můžeme jen těžko. Hlavní důvod této podmínky je však v simplexovém algoritmu, jehož jednotlivé kroky by bez tohoto požadavku nebylo možno dokázat (BROŽOVÁ, HOUŠKA, 2002).

Soustava rovnic a nerovnic mezi prvním a posledním řádkem nese označení *vlastní omezující podmínky*. Ty jsou složeny ze součinu strukturálního koeficientu  $a_{ij}$  se strukturální proměnnou  $x_j$ , na levé straně rovnice.

Jde o soustavu omezení, kterým musí hledané řešení vyhovovat. Omezení mohou být opět tvořena lineárními rovnicemi či nerovnicemi. Využitím modelu lineárního programování najdeme takový výrobní program (např. ve výrobě), který maximalizuje hodnotu zvolené účelové funkce (např. výši zisku) a současně splňuje daná omezení (např. poptávku po produktech, omezené výrobní kapacity a další) (FOTR, SOUČEK, 2005).

### 3.1.3 Dualita v lineárním programování

Pro každou úlohu lineárního programování lze sestavit související úlohu LP, která také popisuje původní problém, tzv. duální úlohu. Každá maximalizační úloha LP má odpovídající duální, minimalizační úlohu LP. Stejně tak ke každé minimalizační úloze lze získat odpovídající duální, maximalizační úlohu LP. Tato dualita je nesmírně důležitá a zajímavá vlastnost úloh lineárního programování. Zajímavá fakta vyplývající z teorie duality uvádí Cheema (2005):

- Optimální řešení duální úlohy poskytuje kompletní informace o optimálním řešení úlohy primární a naopak.
- Někdy může převedení primární úlohy na duální poskytovat mnoho výhod. Například v případě, že primární úloha obsahuje velké množství omezení v podobě řad a relativně menší počet proměnných ve formě sloupců, řešení

může být značně jednodušší, pokud se dříve převede původní problém do duální podoby.

- Dualita může poskytnout užitečné ekonomické informace pro management. Proto má dalekosáhlé důsledky na hospodaření podniku a pomáhá při rozhodování manažerů.
- Duální úloha k duální úloze je úlohou primární.

Vazbu mezi primární a duální úlohou vyjadřuje věta o dualitě. Ta říká, že existuje-li optimální řešení pro primární úlohu, má ho i úloha duální a naopak. To znamená, že hodnoty účelových funkcí primární a duální úlohy se sobě rovnají (GROS, 2003).

Jak uvádí Holoubek (2010), mezi dvojicí primární a duální úlohy neexistuje vztah nadřazenosti a podřazenosti. Jsou označovány jako duálně sdružené úlohy, které mohou být sdružené buď souměrně nebo nesouměrně.

Mezi *souměrně sdruženými úlohami* platí následující vztahy:

1. Je-li primární účelová funkce maximalizační, potom je duální účelová funkce minimalizační (a naopak).
2. Počet strukturních proměnných v duální úloze je určen počtem vlastních omezujících podmínek úlohy primární.
3. Počet vlastních omezujících podmínek v duální úloze je určen počtem strukturních proměnných úlohy primární.
4. Koeficienty primární účelové funkce se stávají hodnotami pravých stran vlastních omezujících podmínek v duální úloze (a naopak).
5. Matice  $A$  strukturních koeficientů z primární úlohy se objevuje jako transponovaná matice  $A^T$  v duální úloze.
6. Je-li účelová funkce duální úlohy minimalizační (maximalizační), musí mít v dané úloze všechny omezující podmínky relaci  $\geq$  ( $\leq$ ).
7. Je-li účelová funkce primární úlohy maximalizační (minimalizační), musí mít v dané úloze všechny omezující podmínky relaci  $\leq$  ( $\geq$ ).

*Souměrně sdružené úlohy* jsou zvláštním případem duálních úloh, kde všechny vlastní omezující podmínky původní primární úlohy jsou formulované jako nerovnice stejného typu. Je-li účelová funkce primární úlohy maximalizační, potom musí být všechny vlastní omezující podmínky nerovnicemi typu  $\leq$ . V případě minimalizační účelové funkce primární úlohy, musí mít omezující podmínky relaci typu  $\geq$ . V případě, že některá z vlastních omezujících podmínek nevyhovuje tomuto požadavku, musí se tato podmínka vynásobit hodnotou  $-1$ .

Vztah mezi souměrně a nesouměrně sdruženými úlohami ukazuje tabulka č. 1, kde matice  $A^T$  je transponovaná matice strukturních koeficientů rozměru  $n \times m$  a  $\vec{y}$  je sloupcový vektor s  $m$  složkami.

Tab. 1 Vztah souměrně a nesouměrně sdružených úloh

Souměrně sdružené úlohy		Nesouměrně sdružené úlohy	
primární úloha	duální úloha	primární úloha	duální úloha
$Z_{\max} = \vec{c} \vec{x}$	$g_{\min} = \vec{b} \vec{y}$	$Z_{\max} = \vec{c} \vec{x}$	$g_{\min} = \vec{b} \vec{y}$
$A \vec{x} \leq \vec{b}$	$A^T \vec{y} \geq \vec{c}$	$A \vec{x} = \vec{b}$	$A^T \vec{y} \geq \vec{c}$
$\vec{x} \geq \vec{0}$	$\vec{y} \geq \vec{0}$	$\vec{x} \geq \vec{0}$	

Zdroj: Holoubek (2010)

### 3.1.4 Řešení úloh LP

Z matematického hlediska se podle Jablonského (2007) při řešení úloh lineárního programování jedná o určení hodnot proměnných tak, aby žádná z vlastních omezujících podmínek nebyla porušena (včetně podmínek nezápornosti). A současně musí být maximalizována (minimalizována) účelová funkce.

Brožová a Houška (2002) definují tzv. malé modely, které obsahují maximálně dvě proměnné nebo dvě omezující podmínky. Takové modely můžeme řešit graficky. Postup je založen na geometrické interpretaci lineárních nerovnic, vlastnostech konvexních množin a grafickém sčítání vektorů. Převážně mohou pomoci při chápání zákonitostí lineárních modelů a vlastností jejich řešení. Především pro modely s více proměnnými byla vyvinuta univerzální matematická metoda zvaná Simplexová metoda. Ta je založena na Jordanově eliminační metodě a jejím výpočtem získáme nejen matematické optimální řešení úlohy, ale i další potřebné údaje pro analýzu tohoto řešení a pro další tzv. post optimalizační úvahy, jejichž cílem je zkoumat reakci optimálního řešení na případné změny výchozích podmínek.

#### Grafické řešení

Jestliže jsou v úloze LP definovány maximálně tři strukturální proměnné, lze využít grafické řešení pro nalezení optima. Celý problém lze znázornit v rovině, pokud jsou proměnné pouze dvě. Takový postup není v praxi použitelný s ohledem na omezený počet proměnných. Často obsahují skutečné úlohy až několik desítek, set nebo i tisíce proměnných.

Jak uvádí Holoubek (2010), při geometrickém řešení úlohy lineárního programování se převádí celý matematický model problému do grafické podoby a to tak, že se zobrazí jednotlivé části modelu (tzn. účelová funkce, vlastní omezující podmínky, podmínky nezápornosti) pomocí příslušných grafických výrazových prostředků.

Jablonský (2007) rozděluje grafické řešení úlohy lineárního programování do dvou kroků:

1. Grafická znázornění množiny přípustných řešení úlohy LP – v této části se na základě podmínek nezápornosti (první kvadrant grafu) a vlastních ome-

zujících podmínek určí množina přípustných řešení. Pouze v této množině se může nalézat optimální řešení úlohy.

2. Určení optimálního řešení úlohy LP – do množiny přípustných řešení je doplněna účelová funkce.

Hodnota účelové funkce, která odpovídá optimálnímu řešení, se zjistí dosazením souřadnic bodu, ve kterém nastal extrém, do účelové funkce.

### **Simplexová metoda**

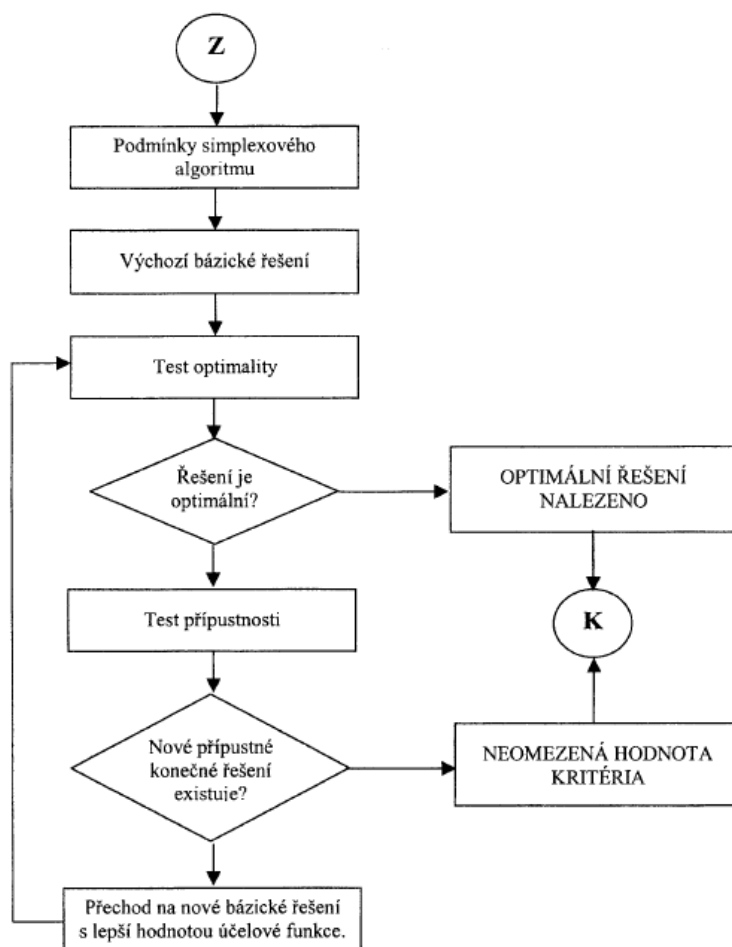
Obecně je postup matematického řešení lineárního optimalizačního modelu založen na řešení soustavy lineárních rovnic a nerovnic, která odpovídá omezujícím podmínkám takovým způsobem, aby účelová funkce nabývala své maximální či minimální hodnoty. Nejznámější obecnou metodou pro řešení úloh lineárního programování je tzv. Simplexová metoda. Je to opakovatelná metoda, umožňující nalézt optimální řešení. Byla vyvinuta v roce 1947 G. Dantzigem (BROŽOVÁ, HOUŠKA, 2002).

Simplexová metoda se zakládá na několika krocích, po jejichž ukončení musí tento výpočetní postup nalézt základní řešení s nejlepší hodnotou účelové funkce. Nebo může dojít ke zjištění, že takové řešení neexistuje (JABLONSKÝ, 2007)

Od vzniku simplexové metody tento algoritmus prošel značným vývojem. Jeho základní principy ovšem zůstávají stejné. Simplexová metoda je výpočetně náročný proces, který vyžaduje i použití počítačů. Rostoucí potřeba řešení problémů lineárního programování v reálném životě se výrazně podílela na vývoji počítačů v 50. a 60. letech 20. století (MAROS, 2003).

Brožová a Houška (2002) uvádí postup simplexového algoritmu. V následujícím vývojovém diagramu (obrázek č. 2) je znázorněno několik po sobě následujících kroků, v jejichž opakování algoritmus spočívá.

Z Jordanovy eliminační metody je zřejmé, že simplexový algoritmus vyžaduje lineární optimalizační model s omezujícími podmínkami v rovnicovém tvaru, kanonickém tvaru a s nezápornými hodnotami pravých stran podmínek. Následným určením bázičkových proměnných, jejichž hodnoty jsou rovny hodnotám pravých stran, se stanoví výchozí bázičkové řešení. Poté následuje test optimality.



Obr. 2 Schéma simplexového algoritmu (BROŽOVÁ, HOUŠKA, 2002)

Celý postup řešení lze přehledně znázornit v *simplexové tabulce*. Existuje více možností, jak simplexovou tabulku uspořádat. Holoubek (2010) vychází z kanonického tvaru lineární úlohy upravené tak, aby bylo možné jednoduše provádět testování a případnou změnu báze.

Sloupce simplexové tabulky:

- „ $\vec{C}_B^T$ “ - koeficienty účelové funkce bázeických proměnných v transformované podobě,
- „báze“ – seznam bázeických proměnných,
- „ $\vec{b}$ “ – hodnoty pravých stran vlastních omezujících podmínek,
- „ $x_1 - x_n$ “, „ $c_1 - c_n$ “ – strukturní a přídavné proměnné a jejich příslušné koeficienty účelové funkce.

Řádky simplexové tabulky:

- 1. řádek – záhlaví jednotlivých sloupců,



- 2. a další řádky – od čtvrtého sloupce jednotlivé strukturální koeficienty vlastních omezujících podmínek v kanonickém tvaru,
- poslední řádek – vypočtená hodnota účelové funkce (třetí sloupec), hodnoty  $\Delta$  pro všechny proměnné použité v úloze.

Tab. 2 Simplexová tabulka

$c_B^T$	Báze	$\vec{b}$	$c_1$	$c_2$	...	$c_m$	$c_{m+1}$	...	$c_n$
			$x_1$	$x_2$	...	$x_m$	$x_{m+1}$	...	$x_n$
$c_1$	$x_1$	$\beta_1$	1	0	...	0	$\alpha_{1,m+1}$	...	$\alpha_{1n}$
$c_2$	$x_2$	$\beta_2$	0	1	...	0	$\alpha_{2,m+1}$	...	$\alpha_{2n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$c_m$	$x_m$	$\beta_n$	0	0	...	1	$\alpha_{m,m+1}$	...	$\alpha_{mn}$
0. krok		ZV BŘ	$\Delta_1 = 0$	$\Delta_2 = 0$	...	$\Delta_m = 0$	$\Delta_{m+1}$	...	$\Delta_n$

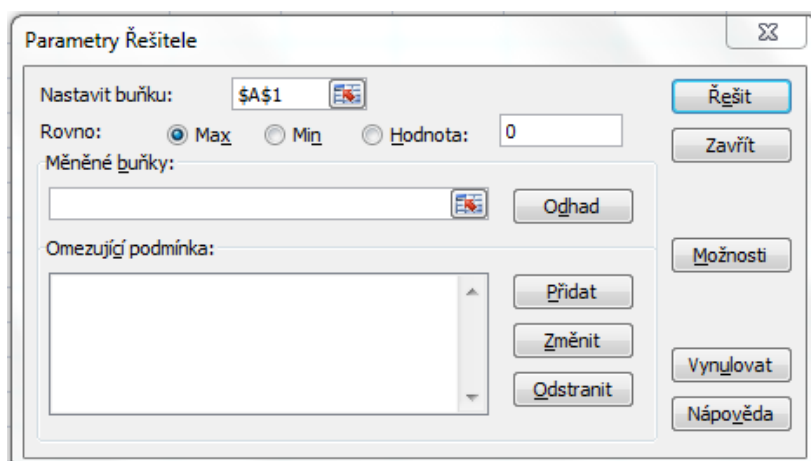
Zdroj: Holoubek (2010)

### Řešení v prostředí Microsoft Office Excel

Úlohy lineárního programování lze řešit v prostředí tabulkového procesu MS Office Excel za pomoci funkce „Řešitel“. Jak uvádí Gros (2003), postup řešení lze popsat dvěma kroky:

1. Do nového souboru v Excelu umístit tabulku, která obsahuje data pro výpočet účelové funkce, omezující podmínky, určit pole pro optimalizované proměnné a v dalších polích zapsat pravé strany omezení.
2. V nabídce „Nástroje“ spustit funkci „Řešitel“. Pro správný výsledek LP je nutné zkontrolovat nastavené parametry „Řešitele“. V poli „Nastavit buňku“ zaznamenáme označení takové buňky, ve které je zapsán vztah pro kritérium optima. V nabídce „Rovno“ vyznačíme typ hledaného extrému, v poli „Měněné buňky“ budou hodnoty optimalizovaných proměnných. Prostor pro „Omezující podmínky“ je největší a je zde třeba postupně zapsat buňky, ve kterých jsou omezení, jejich typ a pravé strany.

Nabídka „Možnosti“ nastavuje parametry řešení. Ty ve většině případů mohou zůstat na nabídkové úrovni, pouze je třeba zvolit nabídku „Lineární model“ pro případ, že jsme přímo v omezujících podmínkách nedefinovali požadavek nezápornosti. Potom zvolíme nabídku „Nezáporná čísla“. Řešení úlohy LP spustíme tlačítkem „Řešit“ po návratu do počáteční nabídky.



Obr. 3 Funkce Řešitel v Microsoft Excel (Zdroj: Vlastní práce)

### Interpretace výsledků

Interpretace výsledků, tedy hodnoty strukturních a přídatných proměnných je jednou z nejdůležitějších částí analýzy celého problému. Jablonského (2007) vysvětlení optimálního řešení shrnuje:

- strukturní proměnné – jejich hodnoty vyjadřují úroveň jednotlivých procesů, které v systému probíhají,
- přídatné proměnné – vztahují se k jednotlivým omezujícím podmínkám (nerovnice typu  $\leq$  nebo  $\geq$ ).
  - U nerovnic typu  $\leq$  jde o rozdíl mezi pravou stranou omezující podmínky a její levou stranou. Často zobrazuje bilanci mezi spotřebou nějakého činitele na straně jedné a disponibilním množstvím takového činitele na druhé straně. Hodnota přídatné proměnné v takovém případě vyjadřuje nevyužitou kapacitu činitele.
  - U nerovnic typu  $\geq$  jde o rozdíl mezi levou stranou omezující podmínky a její pravou stranou. Může jít o vyjádření potřeby zabezpečit nějaký minimální požadavek (např. minimálně stanovená energetická hodnota). Hodnotu převyšující tento minimální požadavek vyjadřuje přídatná proměnná.
- Stínové ceny – hodnoty přiřazené k omezujícím podmínkám typu  $\leq$  nebo  $\geq$ . Označují se také jako duální proměnné a jsou uvedeny v posledním řádku simplexové tabulky ve sloupcích s přídatnými proměnnými.
- Redukované ceny – hodnoty přiřazené ke strukturálním proměnným uvedené v posledním řádku tabulky.

Tab. 3 Redukované a stínové ceny

	strukturní proměnné				přídavné proměnné				pravá strana
	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$	$x_{n+1}$	$x_{n+2}$	...	$x_{n+m}$	
základní proměnné	strukturní koeficienty				strukturní koeficienty				hodnoty základních proměnných
$z_j$	$z_1$	$z_2$	...	$z_n$	$u_1$	$u_2$	...	$u_m$	hodnota účelové fce
	redukované ceny				stínové ceny				

Zdroj: Jablonský (2007)

### 3.1.5 Analýza citlivosti

Určením rozsahu změn výchozích údajů úlohy lineárního programování, v rámci kterých nedochází ke změně báze (tj. optimální struktury řešení), se věnuje analýza citlivosti. Stabilita získaného řešení roste s možným rozsahem přípustných změn v rámci optimální báze (HAVLÍČEK, ZÍSKAL, 2009).

Postoptimalizační úvahy řeší otázky týkající se změny optimálního řešení při změně vstupních údajů. Odpovídají na otázku, jak velké budou tyto změny v optimálním řešení vyvolané uvažovanou změnou vstupních údajů (HOLOUBEK, 2010).

Jak uvádí Jablonský (2007), softwary pro řešení úloh lineárního programování obsahují informace ohledně analýzy citlivosti optimálního řešení ve vztahu ke změnám ve vektoru pravých stran a vektoru cenových koeficientů.

Analýza citlivosti pravých stran se zabývá takovými změnami vybraných složek vektoru pravých stran, které zajistí, aby optimální řešení určené stávajícími základními proměnnými zůstalo přípustné. Je uvažována vždy pouze změna v jedné složce vektoru  $b$  za předpokladu, že ostatní složky se nemění. Potom lze pro každou složku vektoru pravých stran určit interval, ve kterém se může tato složka pohybovat, aby řešení zůstalo přípustné, tzn. *interval stability pro hodnoty vektoru pravých stran  $b$* .

Analýza citlivosti cenových koeficientů se zabývá změnami zvolené složky vektoru  $c$  tak, aby stávající řešení zůstalo optimální. Hledá interval pro každou složku vektoru  $c$ , ve kterém se může měnit, tzn. *interval stability pro složky vektoru cenových koeficientů*.

### 3.2 Rostlinná produkce

Zemědělství patří k nejstarším odvětvím a je fakticky nenahraditelné. Šnobl, Pulkrábek a kol. (2007) označují za hlavní úkol zemědělství:

- zajistit výrobu potravin,
- vyrobit dostatek krmiv a steliva pro živočišnou výrobu,
- zabezpečit kvalitní suroviny pro průmysl potravinářský, krmivářský, textilní, kožedělný, chemický, energetický, farmaceutický, kosmetický a další,
- vytvářet a chránit krajinu,
- plnit na venkově sociální a osídlovací funkci.

Rostlinnou produkci lze označit jako základní odvětví zemědělství. Je úzce spojena s chovem hospodářských zvířat – živočišnou produkcí. Jejich rozvoj se vzájemně ovlivňuje a dohromady utváří koloběh látek a energií.

Jak uvádí Kostelanský (2008), pro Českou republiku je typické pestré zastoupení půd, a to jak po stránce druhové, tak typové. Nároky pro pěstování plodin jsou tedy velmi rozdílné. Rozmístění zemědělské produkce s ohledem na přírodní podmínky, tzv. rajonizace, je proto velmi podstatným předpokladem pro optimální využití půdního fondu. Základem pro efektivní rostlinnou produkci je správně provedená makrorajonizace druhů polních plodin (volba příznivých oblastí a stanovišť) a mikrorajonizace odrůd (umístění na jednotlivé pozemky v krajině).

Na základě výsledků bonitace zemědělských půd ČR, byly zavedeny v roce 1996 nové zemědělské výrobní oblasti (ZVO) a podoblasti. Ty charakterizují produkční podmínky a využití zemědělského půdního fondu z hlediska půdně klimatického (bez ohledu na administrativní hranice vyšších územních celků, např. okresů či regionů). Takto nastavená kategorizace území tvoří řídicí základnu katastrálních území a zemědělských podniků, které v nich hospodaří.

Zemědělsky využívané území České republiky je s ohledem na agroekologické a ekonomické předpoklady členěno do 5 výrobních oblastí a 21 výrobních podoblastí:

1. *Zemědělská výrobní oblast kukuřičná (K)* – typ kukuřično-řepařsko-obilnářský (zahrnuje podoblasti K1-K5).

Zahrnuje nejintenzivnější zemědělské území ČR, vhodné pro pěstování kukuřice na zrno, cukrovky, teplomilné zeleniny a ovoce, vinné révy a ostatních teplomilných plodin. Klimaticky je kukuřičná ZVO charakterizována průměrnou roční teplotou vzduchu nad 9 °C a 30-40 % pravděpodobnosti výskytu suchých vegetačních období. Nadmořská výška je převážně do 250 m. Na celkové výměře zemědělské půdy České republiky se tato oblast podílí 6,7 %.

2. *Zemědělská výrobní oblast řepařská (Ř)* – typ řepařsko-obilnářský (zahrnuje podoblasti Ř1-Ř5).

Tento typ pojímá území se základním zaměřením na pěstování cukrovky. Jde o teplé, suché až mírně vlhké území s průměrnou roční teplotou 8-9 °C. Nadmořská výška je převážně v rozmezí 250-350 m. Řepařské oblasti se 24,3 % podílí na celkové výměře zemědělské půdy ČR.

3. *Zemědělská výrobní oblast obilnářská (O)* – typ obilnářsko-krmivářský (zahrnuje podoblasti O1-O4).

Základním zaměřením jsou zde obilniny a některé technické plodiny (např. řepka). Tato oblast není vůbec vhodná pro pěstování brambor či cukrovky a to z důvodu nesplnění agroekologických a technologických předpokladů i kvůli nízké koncentraci vhodných ploch. Rozdílem od ostatních ZVO je, že není tato oblast agroekologicky vyhraněna a z hlediska klimatických podmínek může zahrnovat jak přechody do oblasti řepařské, tak i bramborářské. Na celkové výměře zemědělské půdy se podílí 40,5 %.

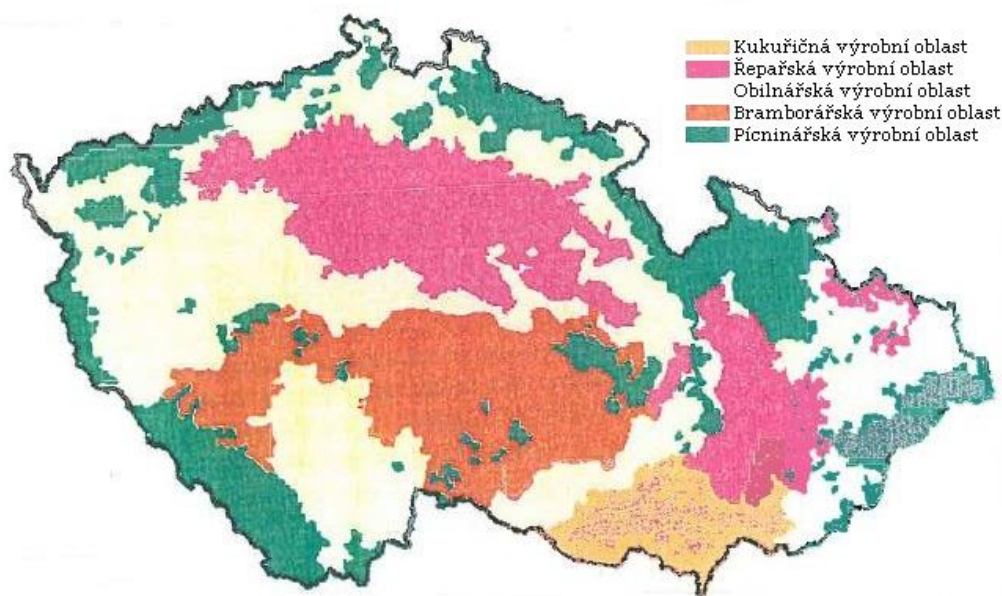
4. *Zemědělská výrobní oblast bramborářská (B)* – typ bramborářsko-obilnářský (zahrnuje podoblasti B1-B4).

Zahrnuje území s dispozicemi pro pěstování konzumních, průmyslových a sadbových brambor. V nadmořské výšce 400-600 metrů s terénem většinou mírně až středně zvlňeným je zpravidla základní zaměřením na produkci brambor, avšak záleží na zvolené specializaci. Na celkové výměře zemědělské půdy se tato výrobní oblast podílí 18,5 %.

5. *Zemědělská výrobní oblast píceňářská (P)* – typ píceňářský s rozhodujícím uplatněním chovu skotu (podoblasti P1-P3).

Zahrnuje zpravidla nejméně příznivé území pro rostlinnou výrobu s ohledem na klimatické a terénní podmínky. Převážná část těchto oblastí leží v mírně chladných a chladných regionech a zemědělské podniky se v těchto oblastech zaměřují převážně na živočišnou výrobu. Ve struktuře rostlinné výroby jsou zastoupeny převážně víceleté pícniny. Na celkové výměře se tato ZVO podílí 10,0 %.

Podrobná charakteristika zemědělských výrobních oblastí a podoblastí je uvedena v příloze č. 1.



Obr. 4 Zemědělské výrobní oblasti (KOSTELANSKÝ, 2008)

### Střídání plodin

Problémem střídání plodin se zabývá rolník od dob, když se na půdě trvale usídlil a zjistil, že neustálým pěstováním stejné plodiny na témže místě se úrodnost půd vyčerpává. Správné obdělávání a hnojení pomáhá úrodnost půdy udržet a zvyšovat. Ovšem pouhé hnojení a zpracování půdy by nestačilo. Důležité je také účelné střídání plodin. Při střídání plodin je zvláště důležité zdůraznit přírodou dané zákonitosti a biologickou povahu této otázky.

Osevní postup je definován jako střídání plodin v prostoru (na pozemcích) a v čase (v jednotlivých letech) podle nároků plodin a záměrů produkce. V rámci tzv. rotace plodin se střídají na jednotlivých polích a současně v letech za sebou plodiny osevního postupu. Správný osevní postup nezvyšuje náklady na výrobu, ale následkem je růst produkce optimálním využitím přírodních podmínek při redukci negativních vlivů zemědělské činnosti na životní prostředí. Z hlediska zachování a zvyšování půdní úrodnosti je tedy střídání plodin nutné (KOSTELANSKÝ, 2008).

Střídání plodin, jako omezující podmínka při tvorbě osevního plánu, má zajistit, aby půdní prostřední nebylo jednostranně zatěžováno. Různé plodiny mají různé nároky, které se projeví např. na (ŠNOBL, PULKRÁBEK A KOL., 2007):

- *vztahu plodin k vodě* – např. vojtěška má značné nároky na vláhu a v sušších oblastech znemožní následné zařazení pšenice ozimé,
- *vztahu plodin k živinám* – plodiny na jedné straně při růstu odčerpávají z půdy živiny, ale na straně druhé zanechávají posklizňové zbytky,
- *vlivu plodin na strukturu půdy* – přímé (mechanické) působení se vyznačuje tlakem kořenů, „sešíváním“ kořenových mikroagregátů a „slepováním“

pomocí kořenových výměšků. To vytváří základ půdní struktury. Nepřímé působení zajišťuje ochranu půdy (před deštěm, vysycháním). Mezi strukturnotvorné plodiny patří jeteloviny, luskoviny; plodiny s negativním vlivem na půdní strukturu jsou okopaniny,

- *vliv plodin na hloubku prokořeněné půdy* – mezi mělce kořenící plodiny (do 0,3 m hloubky) patří obilniny, plodiny středně kořenící (0,5 – 1 m) jsou luskoviny a kukuřice a mezi hluboce kořenící plodiny (3 – 4 m) patří vojtěška, konopí, cukrovka,
- *vztahu plodin k plevelům* – existují plodiny vytvářející hustě zapojené porosty (vojtěška, jetel), středně zapojené porosty (obilniny pěstované na zrnno), řídky zapojené porosty (okopaniny),
- *vztahu plodin k rozvoji specifických chorob a škůdců* – výskyt určitých chorob a škůdců představuje likvidaci a následně až několik let nepěstování dané rostliny (např. nádorovitost košťálovin je předpokladem pro 6 let nepěstování rostliny z čeledi Brassicaceae),
- *vztahu plodin ke hnojení statkovými hnojivy* – nejnáročnější na animální hnojení jsou okopaniny,
- *vztahu plodin k posklizňovým zbytkům* – posklizňové zbytky (nadzemní a kořenová hmota) se liší kvalitou, rychlostí rozkladu, tvorbou inhibičních látek,
- *vztah plodin k délce meziporostního období* – jde o období mezi sklizní hlavní plodiny a zasetí plodiny následující,
- *vztah plodin k únavě půdy* – únava půdy představuje všeobecnou vyčerpanost, která může být způsobena nedostatkem živin, zhoršením fyzikálního stavu půdy, porušením biologické rovnováhy v půdě, rozšířením specifických škůdců, atd.

Nároky hlavních plodin na zařazení do osevního postupu, definují Chloupek, Procházková, Hrudová (2005):

*Ozimá pšenice* – patří k nejvýznamnějším obilninám. Je pěstována na čtvrtině orné půdy. Její náročnost na půdu je značná. Z obilnin je nejvíce napadána chorobami pat stébel. Dobře roste na půdách středních až těžších s dostatkem pohotových živin a vody. Ze všech obilnin nejcitlivěji reaguje výnosem na předplodinu.

*Jarní pšenice* – nároky na předplodinu se shodují s pšenicí ozimou. Mimo to je u ní možný širší výběr předplodiny, protože ji je možné zařadit i po pozdě sklizených okopaninách.

*Ozimé žito* – pěstuje se na půdách s nižší úrodností (převážně bramborářské a pícninářské ZVO). Žito lépe chrání půdu než pšenice ozimá, protože je vzrůstnější a již od podzimu vytváří zapojený porost. Vyžaduje předplodiny, které se brzy sklízí. Z obilnin je po sobě nejsnášenlivější.

*Jarní ječmen* – vhodné ZVO jsou pro něj řepářská, kukuřičná, obilnářská a lepší půdy bramborářské. Tato plodina má mělký a slabší kořenový systém. S tím je

spojena i větší náročnost na pohotové živiny, ovšem nadbytek dusíku zvyšuje náchylnost k poléhání a snižuje sladovou hodnotu zrna. Tak je předplodina, vedle výživy dusíkem, hlavním faktorem ovlivňujícím kvalitu zrna. Ječmen vyžaduje setí co nejdříve na jaře. Trpí méně chorobami pat stébel než pšenice, ovšem více je přenáší na následující obilninu. Limitující faktor pro pěstování sladového ječmene je půdní kyselost (vysoká kyselost má negativní vliv na růst jarního ječmene i na sladovou kvalitu).

*Ozimý ječmen* – není doporučeno pěstování ozimého ječmene po sobě a po jarním ječmeni, vzhledem k tomu, že se tím podporuje šíření padlí trávního a hnědé skvrnitosti. Z ozimých plodin se vysévá nejčasněji a vyžaduje předplodiny rychle pouštějící pozemek.

*Oves* – pěstuje se na méně úrodných půdách (v bramborářské a pícinářské ZVO). Vyžaduje dostatečnou vláhu (více než ostatní obilniny) a dostatek pohotových živin, převážně dusíku. Vzhledem k dobře vyvinutému kořenovému systému a vysoké absorpční schopnosti, si zvládne lépe opatřit potřebné živiny. Oves je plodina nejvíce tolerantní na obilní předplodinu. Je ale nesnášenlivý sám po sobě (nebezpečí rozšíření háďátka ovesného).

*Kukuřice* – je možné ji pěstovat na zrno, na siláž, případně na přímé zelené krmení. S ohledem na požadavky na agrotechniku a hnoje má kukuřice charakter okopaniny. Je vhodná jako přerušovač obilních sledů v osevních postupech.

*Hrách* – patří k našim nejdůležitějším luskovinám. Je zařazován po obilninách (v lepších podmínkách). V horších podmínkách se mu daří po hnojených okopaninách. Většinou je jako kukuřice zařazen jako přerušovač obilných sledů. Doporučenou předplodinou jsou jeteloviny. Sám po sobě je nesnášenlivý a při jeho opakovaném pěstování na stejném pozemku je potřeba dodržet odstup 3 až 4 roky.

*Sója* – teplomilná plodina s dlouhou dobou růstu. Vůči chorobám je odolnější a většinou bývá zařazována mezi dvě obilniny. Sama po sobě je snášenlivá.

*Ozimá řepka* – je naše nejvýznamnější olejovina. Oblasti řepařská, obilnářská a bramborářská jsou pro ni vhodné. Vyžaduje dostatečné množství pohotových živin v půdě. Seje se brzy a tak vyžaduje také brzy sklizené předplodiny. Působí příznivě na strukturní stav půdy, její kořenové i strništní zbytky mají dobrou kvalitu. Vzhledem k šíření chorob a škůdců při opakovaném zařazování je po sobě nesnášenlivá a vyžaduje odstup 4 – 6 let.

*Slunečnice* – olejovina patřící do teplejších oblastí. Má dlouhou vegetační dobu a je náročná na dostatek pohotových živin, i vodu. Po sklizni zanechá velké množství špatně rozložitelných posklizňových zbytků. V osevním postupu se doporučuje odstup 6 – 7 let.

*Mák* – je jarní olejovina řepařské, obilnářské a částečně i bramborářské výrobní oblasti. Půdy musí mít dostatek živin a vody. Vhodné předplodiny pro mák jsou takové, které nechávají půdu v dobrém strukturním stavu a nezaplevelenou (organicky hnojené okopaniny, jeteloviny a luskoviny). Často je zařazen v osevním postupu po obilninách a jeho odstup pěstování na stejném místě je za 3 až 4 roky.



*Cukrovka* – hluboko kořenící plodina vyžadující hluboké a dobře zpracovatelné půdy. Je hlavní okopaninou řepařské a částečně i kukuřičné výrobní oblasti. Po sobě je nesnášenlivá, nutný je minimální odstup 4 roky z důvodu možného napadení škůdcem háďátka řepného v zapouzdřených cystách v půdě. Cukrovka je dobrou předplodinou pro obilniny (zejména sladový ječmen).

*Brambor* – potřebuje lehčí propustné půdy, dostatek vláhy a živin. Často je v osevním postupu zařazován po obilninách a i po něm jsou obilniny pěstovány. Také je velmi dobrou předplodinou pro jeteloviny. Vyžaduje časový odstup při zařazení na stejný pozemek 3 – 4 roky.

### 3.3 Ekonomické ukazatele

Jak uvádí Synek a kol. (2011), základní ekonomické ukazatele podniku jsou zisk, náklady, objem výroby, ceny produkce a tržby. Za cíl a podnět pro veškeré podnikání je považovaný zisk, není však jediným cílem. Podnikatelé sledují nejen finanční cíle (pro zajištění platební schopnosti, maximalizaci obrátu, atd.), ale i cíle nefinanční (jako získání nezávislosti a samostatnosti, dobré jméno firmy, získání hospodářské moci, atd.). Primární cíl by měl být takový, u něhož převládá dlouhodobý pohled před krátkodobým. Pro strategické a taktické rozhodování je důležitý zisk a rentabilita (výnosnost), pro operativní rozhodování může požadavek na dosažení zisku ustoupit do pozadí, např. při platební neschopnosti podniku.

Podniky se snaží při své činnosti dodržovat tzv. princip hospodárnosti. Tedy maximalizovat výstup, minimalizovat vstup nebo optimalizovat vztahy mezi vstupy a výstupy (ČVANČAROVÁ, 2007).

Primární cílová funkce podniku je původně chápána jako maximalizace zisku. Pro hodnocení tohoto cíle se dříve sledoval celkový zisk, později různé ukazatele rentability (výnosnosti) – např. výnosnost investic (Return On Investment). Postupem času, s ohledem na vývoj v zemědělství, se při plnění primárního cíle maximalizace zisku začaly sledovat hodnoty ukazatelů rentability vlastního kapitálu (Return On Equity), nebo zisku připadajícího na jednu akcii (Earnings Per Share) (ČVANČAROVÁ, 2007).

#### Dotace

V České republice rozdělujeme dotační zdroje do dvou skupin a to podle zdroje, odkud jsou finanční prostředky získávány. Patří tam evropské dotační programy, většinou z části kofinancované ze státního rozpočtu ČR. Druhou skupiny tvoří národní dotační programy, které jsou zcela hrazeny ze státního rozpočtu.

Základními dotačními nástroji v České republice jsou:

- *Přímé platby* – zahrnují jednotnou platbu na plochu, oddělenou platbu za cukr a rajčata, národní doplňkové platby.
- *Program rozvoje venkova* – evropský zdroj fin. prostředků, které jsou kofinancovány částečně ze zdrojů ČR.
- *Operační program Rybářství* – evropský zdroj fin. prostředků, které jsou kofinancovány částečně ze zdrojů ČR.
- *Dotace v rámci Společné organizace trhu* – podpory na organizovanost producentů základny v rámci komodit ovoce a zelenina (evropské z části kofinancované ze státního rozpočtu ČR).
- *Národní dotace* – podpory hrazené pouze ze státního rozpočtu ČR, administrované Ministerstvem zemědělství ČR:
  - podpory různého charakteru,
  - podpory lesního hospodářství,

- podpory vodního hospodářství.
- *Podpůrný garanční a lesnický fond* – poskytuje finanční prostředky ze státního rozpočtu na podporu ve formě dotací na úroky a garance jistiny úvěrů.

Návrh rozpočtu Státního zemědělského intervenčního fondu pro rok 2015 byl schválen s celkovou částkou 40,3 miliardy korun. Ze zdrojů EU má plynout 34,3 miliardy korun. Zbylých 6 miliard má pocházet ze státního rozpočtu.

Na největší části výplat z rozpočtu se mají podílet přímé platby zemědělcům (23,6 miliardy korun z prostředků EU). Z rozpočtu ČR je připraveno 880 milionů korun na přechodnou vnitrostátní podporu. Na Program rozvoje venkova je určeno 13,6 miliardy korun (10,2 miliardy z evropských zdrojů a 3,4 miliardy z národních zdrojů).

Návrh rozpočtu SZIF schvaluje Poslanecká sněmovna Parlamentu České republiky, dříve je projednán Zemědělským výborem Poslanecké sněmovny.

## 4 Vlastní práce

### 4.1 Charakteristika zemědělského podniku Rakovec, a. s.

Společnost Rakovec, a. s. se zabývá zemědělskou výrobou se zaměřením na rostlinnou produkci. Vznikla po ustavující valné hromadě zápisem do Obchodního rejstříku dne 8. 2. 1994.

#### 4.1.1 Celková charakteristika

Společnost Rakovec, a. s. je zemědělská organizace, která vznikla po transformaci zemědělského družstva ve Velešovicích, jako akciová společnost, která není nástupnickou organizací družstva. Jednotné zemědělské družstvo Velešovice bylo založeno 26. dubna 1951 na ustavující členské schůzi. Majetek drobných zemědělců se sloučil a začaly se vytvářet velké celky.

JZD Velešovice obhospodařovalo půdu asi 20 km východně od Brna, v řepařsko-obilnářské oblasti. V roce 1960 družstvo obdělávalo 466 ha půdy. Začínalo s pěstováním ozimé pšenice, jarního a ozimého ječmene, cukrové a krmné řepy, brambor, kukuřice, vojtěšky, červeného jetele, později i hrachu, máku a slunečnice. V roce 1960 došlo ke sloučení s JZD Holubice a navýšila se rozloha obhospodařované půdy na 998 ha. Další sloučení proběhlo roku 1975 s JZD Křenovice, čímž vzrostla rozloha půdy o dalších 648 ha. Celkově bylo obhospodařováno 1 792 ha zemědělské půdy, včetně vinic a ovocných sadů.

Koncem roku 1984 se v zemědělských družstvech začaly zavádět různé přidružené výroby, které měly za cíl vylepšení zisku. V JZD Velešovice byla zavedena velká stavební skupina a kovo výroba, které se později na zisku podniku výrazně podílely.

V průběhu 70. – 80. let byly budovány a zrekonstruovány důležité zemědělské stavby. Podnik vlastnil velkokapacitní kravín, vepřín, drůbežárnu, porodnu prasnic, sklady na obilí, sušku na sušení vojtěškové moučky, seníky, garáže, dílny, mostní váhy, silážní jámy, sklady na ovoce. Nakupovala se nová výkonnější technika, čímž docházelo ke snižování potřeby ruční práce a tím k menší potřebě pracovních sil.

Počátkem 90. let došlo k výrazným změnám. Přijetím zákona č. 42/1992 Sb. o úpravě majetkových vztahů a vypořádání majetkových nároků v družstvech, byla zahájena transformace zemědělských družstev. Vypracovaný Transformační projekt byl schválen na valné hromadě 30. října 1992. Z důvodu vydávání majetku oprávněným osobám docházelo k nízké rentabilitě výroby a hospodaření družstva se celkově zhoršovalo. Od 1. září 1995 vstoupilo Zemědělské družstvo Velešovice do likvidace.

Založení akciové společnosti iniciovalo několik mladých členů původního družstva. Jako vlastníci majetkových podílů, chtěli udržet stabilizovaný zemědělský podnik, kde se dají využít stávající velkokapacitní stavby a stroje. Tak byla založena společnost akcionářů, jejíž název je odvozen od říčky Rakovec,

kteřá protéká třemi obcemi – středisky zemědělské výroby – Velešovicemi, Holubicemi a Křenovicemi. Do společnosti vnesli svůj majetek vypočítaný transformací formou postoupené pohledávky všichni, kdo měli zájem zemědělskou výrobu v obcích zachovat. Tak začala, vedle drobných soukromých zemědělců, od roku 1994 hospodařit na zemědělské půdě jmenovaných středisek i společnost Rakovec, a. s. Dnes, 24 let po transformaci, zůstali jen ti nejschopnější.

Společnost byla zapsána do Obchodního rejstříku vedeného Okresním soudem Brno-venkov dne 8. února 1994 pod obchodní firmou RAKOVEC, a. s. Hlavním předmětem podnikání je základní zemědělská výroba, na kterou navazují další související činnosti. Předmět podnikání dle OR:

- zemědělská výroba,
- opravy silničních vozidel,
- silniční motorová a nákladní doprava,
- činnost účetních poradců, vedení účetnictví, vedení daňové evidence,
- výroba elektřiny,
- výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona,
- truhlářství, podlahářství,
- hostinská činnost.

Živočišná výroba se začala od roku 2009 omezovat. První byl ukončen chov dojníc, z důvodu tržní ceny mléka, která byla dlouhodobě pod úrovní nákladů. To způsobovalo ztrátu v oblasti chovu dojníc a zhoršovalo hospodaření podniku.

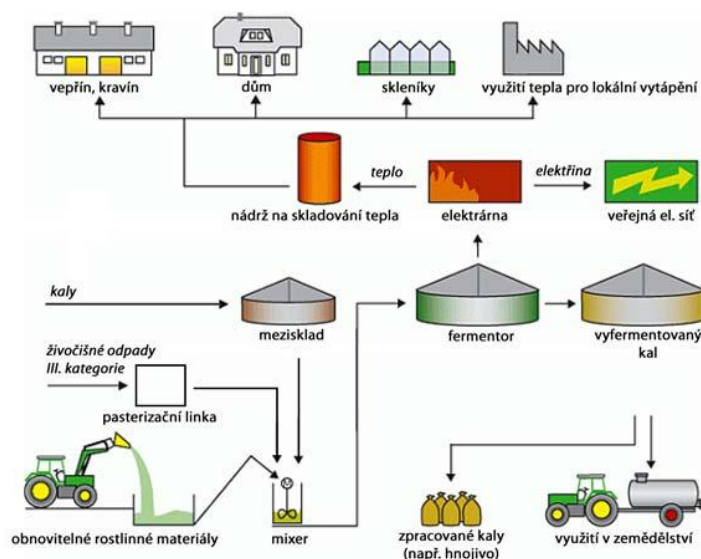
Dále se také zrušil chov selat, který byl ztrátový. V dnešní době se selata pouze nakupují na výkrm. Výkrm selat opět není ziskový, ale společnost potřebuje pro bioplynovou stanici (BPS) prasečí kejdu. Proto v současné době řeší možnosti nákupu kejdy nebo změny v organizaci odchovu selat tak, aby tato činnost nevytvářela společnosti ztrátu.

Chov kuřecích brojlerů trvá od roku 1997. V posledních letech se nezastavuje v zimním období ani z důvodu snížení nákladů na vytápění stájí.

Výraznou změnou společnost prošla v roce 2012. V tomto roce byla zavedena do provozu bioplynová stanice, která měla výrazně zlepšit ekonomickou situaci společnosti. Byla vybudována na středisku ve Velešovicích s výkonem 526 kW, s návratností nákladů za 7 let (JARUŠKOVÁ, 2010).

Bioplynové systémy a bioplyn prezentují energetické zdroje s podporou ochrany životního prostředí. Jejich pozice na trhu s energiemi se nadále upevňuje, a přestože nejsou prozatím schopni zcela nahradit fosilní paliva, bioplyn má značné perspektivy pro využití i v budoucnosti (CZBA, 2014). Zjednodušené schéma fungování typické bioplynové stanice zobrazuje obrázek č. 5.

Rakovec, a. s. se v současné době zaměřuje převážně na rostlinnou výrobu. Obhospodařuje aktuálně 1304,06 ha orné půdy, na níž pěstuje 9 druhů plodin.



Obr. 5 Schéma BPS (CZBA, 2014)

#### 4.1.2 Charakteristika současného osevního plánu

Rostlinná výroba je v rámci celé společnosti plánována centrálně tak, aby byly respektovány přírodní podmínky a pro potřeby živočišné výroby byly přesuny krmiv a steliv co nejmenší.

Struktura plodin odráží zařazení společnosti do zemědělské výrobní oblasti. Půda obhospodařovaná společností Rakovec, a. s. spadá do řepařské oblasti a tedy správně se soustředí společnost převážně na plodiny, které jsou pro tuto oblast nejvhodnější – cukrová řepa, pšenice, kukuřice, ječmen. Mimo tyto základní komodity jsou také pěstovány plodiny, které jsou na trhu žádané a pro společnost cenově výhodné. Vzhledem k nestabilitě v rostlinné výrobě a menší míře předvídatelnosti ohledně výnosů jednotlivých plodin, společnost dříve pěstovala více druhů plodin na menší ploše. Snažila se tak předejít větším ztrátám, které by mohly vzniknout z neúrody konkrétní plodiny či malé poptávky. Z toho důvodu mimo základní plodiny pěstovala i mák, hrách, slunečnici, atd. V současné době, i vzhledem k bioplynové stanici, kterou podnik v roce 2012 uvedl do provozu, se specializuje pouze na ječmen jarní, pšenici ozimou, kukuřici na siláž, kukuřici na zrno, cukrovou řepu, řepku ozimou, vojtěšku, krmnou řepu a žito.

V současnosti společnost obhospodařuje 1304,06 ha orné půdy. Ve svém osevním plánu dodržuje základní zásady střídání plodin. Pokud by se zaměřila na tzv. monokulturu, tedy pěstování jedné plodiny, docházelo by k rozmnožování škůdců a chorob, vyčerpání živin z půdy i snižování biodiverzity. Pro společnost by to představovalo velké dodatečné náklady. Proto je osevní postup nastavený tak, aby se těmto negativním vlivům co nejvíce zamezilo nebo snížilo jejich působení. To zabezpečí právě pravidelné střídání plodin a dodržování základních zásad rostlinné výroby.

Osevní plán společnosti vychází již z dlouhodobě dodržovaného postupu. Podle aktuálního stavu se vždy na 50 % až 55 % pěstují klasické obiloviny (pšenice, ječmen). Ostatní plodiny jsou na zbylé části obhospodařované půdy. Jejich rozlohy jsou určeny aktuální potřebou společnosti, nároky na pěstování i poptávkou na trhu.

Rok 2012 byl prvním celým rokem výroby elektrické energie pomocí bioplynové stanice, což ovlivňuje od roku 2011 strukturu zemědělských plodin. Do té doby byla struktura plodin rozmanitější. Po startu BPS se např. ukončila produkce hořčice, která se sklízí v období srpen-září a to by mohlo časově ohrozit silážování, nutné pro chod BPS.

Živočišná výroba osevní plán výrazně neovlivňuje, protože se na výkrm používají krmné směsi, které se převážně nakupují.

### **Půda**

Během roku 2014 společnost započala ve větším množství nakupovat od vlastníků zemědělskou půdu, která je v jejím užívání. Snahou je vybírat a nakupovat hlavně parcely v bezpodílovém vlastnictví, anebo odkupovat jednotlivé podíly listu vlastnictví současně. K datu 31. 12. 2014 bylo ve vlastnictví společnosti 95,42 ha zemědělské půdy. I během roku 2015 se předpokládá další zvyšování této výměry zhruba ve stejném tempu jako v roce 2014.

Společnost Rakovec, a. s. vlastní půdu ve čtyřech katastrech:

- Křenovice – 35,95 ha + 1,64 ha ve spoluvlastnictví,
- Velešovice – 34,18 ha + 1,15 ha ve spoluvlastnictví,
- Holubice – 19,60 ha + 2,35 ha ve spoluvlastnictví,
- Slavkov u Brna – 0,47 ha + 0,086 ha ve spoluvlastnictví.

V roce 2014 činila obhospodařovaná výměra 1323,83 ha zemědělské půdy, z toho 1304,06 ha orné půdy. Největším úbytkem oproti minulému roku 2013, byla výměra cca 5 ha v k. ú. Křenovice, kde obec buduje systém rybníků a mokřadů, dále stavební pozemky v Holubicích (o výměře 2,27 ha).

V katastrálním území Velešovice probíhala během celého roku komplexní pozemková úprava, která by měla být ukončena v první polovině roku 2015. S velkým napětím se očekává, jak dopadnou v tomto katastru církevní restituční, které se týkají až 80 ha půdy, která je v současné době v pronájmu společnosti od Pozemkového úřadu ČR.

Z k. ú. Křenovice došlo v roce 2014, mimo uvedených změn s ohledem na nový systém rybníků a mokřadů, k doručení několika výpovědí smluv z pronájmu půdy. 28 ha orné půdy je s jednoletou výpovědní lhůtou s platností od 1. 1. 2015. Pro rok 2016 společnost počítá se snížením výměry o tuto část.

V katastrálním území Holubice je situace relativně stabilní. V budoucnu je v plánu komplexní pozemková úprava, drobné změny se očekávají pouze v souvislosti s výstavbou čistírny odpadních vod a celkovou rekonstrukcí kanalizace v obci.

Mapa obhospodařovaných půd v katastrálním území Velešovice, Křenovice a Holubice je zobrazena v příloze č. 2.

Pro formulaci matematického modelu bude k dispozici 1323,83 ha zemědělské půdy, z toho 1304,06 ha orné půdy.

### **Skladovací kapacity a technika**

Skladovací prostory společnosti Rakovec, a. s. jsou při běžných objemech hektarových výnosů dostatečné a proto nevstupují do modelu jako omezující podmínka. V roce 2008 nechala společnost postavit tři nová sila, což zvýšilo její skladovací kapacity. Další prostory jsou k dispozici také ve skladovacích halách na střediscích v Křenovicích a Velešovicích. Nyní lze uskladnit až 5000 tun úrody z RV. Převážně se skladuje řepka, pšenice, ječmen a kukuřice. Menší část úrody se ihned po sklizni prodává, obvykle z důvodu aktuálně nutného zajištění peněžního toku.

Stroje a další techniku potřebnou pro rostlinnou výrobu má společnost Rakovec, a. s. zajištěnu dostatečně. Ve vlastnictví má 2 kombajny, 13 traktorů (z toho 7 nových), 4 nákladní auta (z toho 1 s přívěsem). V případě, že je nedostatek strojů, např. v období sklizňových prací, řeší to společnost využitím cizích služeb či krátkodobým pronájemem techniky. Služby dodavatelů v plné míře jsou využity například při sklizení cukrové řepy, z důvodu velmi vysoké pořizovací ceny potřebného stroje. Rovněž také silážování kukuřice je prováděno službou od externího dodavatele, specializovaného na tyto sklizňové práce.

### **Dotace a DZES**

Konkrétní osevní plán záleží na vnitřním rozhodnutí společnosti. Přesto s ohledem na možnost získat podpory ve formě dotací, musí Rakovec, a. s. respektovat daná pravidla. Jednou z podmínek pro získání některých podpor je dodržování standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (DZES, původně GAEC z ang. Good Agricultural and Environmental Conditions). Kontrolu dodržování standardů provádí Státní zemědělský a intervenční fond (SZIF). Ten dohlíží na aktuální stav všech obhospodařovaných půd, které má žadatel o dotace v registru půdy LPIS. Standardy DZES se postupem času neustále vyvíjí a mění. K celé řadě změn dochází s ohledem na nové programové období Společné zemědělské politiky 2014–2020.

Dle pátého standardu DZES, společnost obhospodařuje asi 30 % půd, které spadají do kategorie „rizikové“. Na takových půdách, nebo jejich části, se vyskytuje riziko erozního ohrožení půdy, a proto je zde možné pěstovat erozně nebezpečné plodiny (kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, čirok, slunečnice) jen s využitím půdoochranných technologií. Při dodržení předepsaných postupů tedy lze, na takto vyznačených polích, pěstovat všechny plodiny, které společnost běžně produkuje.



## 4.2 Vymezení problému a slovní formulace úlohy

Společnost pravidelně obhospodařuje okolo 1300 ha orné půdy. Základním problémem v oblasti rostlinné výroby je vhodně rozhodnout, kolik hektarů půdy připadne jednotlivým plodinám osevního plánu. Cílem úlohy je nalézt vhodnou kombinaci plodin osevního plánu tak, aby byl maximalizován zisk z rostlinné výroby. Jiný pohled na optimální osevní plán je s ohledem na vynaložené náklady. Jsou hledány výměry jednotlivých plodin osevního plánu, jejichž pěstování zajistí minimální náklady rostlinné výroby.

Společnost Rakovec a. s. pěstuje plodiny na orných půdách v souladu s principy rostlinné výroby. Dodržuje zásady střídání plodin, snaží se o podporu tvorby živin a o kvalitu rostlinné produkce, usiluje o minimální šíření škůdců a chorob. Při rozhodování o vhodné kombinaci plodin v osevním plánu bere společnost ohled na nejrůznější faktory, např.:

- rozloha obhospodařované orné půdy – z celkové rozlohy zemědělské půdy má společnost k dispozici 1304,06 ha orné půdy pro optimalizaci osevního plánu.
- Pravidla pro střídání plodin – společnost dbá na principy rostlinné výroby. Pravidla pro střídání plodin omezují opakované pěstování plodin na stejném místě. Mimo pšenice ozimé a ječmene jarního jsou všechny plodiny v osevním plánu společnosti Rakovec, a. s. po sobě nesnášenlivé, tzn. vyžadují časový odstup při pěstování na jednom místě.
- Skladovací kapacity a technika – objem skladovacích prostor je dostatečný a při běžných hektarových výnosech nejsou se skladováním plodin kapacitní problémy. Společnost vlastní zemědělské stroje a další techniku, využívá také služby dodavatelů (především na sklizňové práce).
- Podpory z dotačních programů – společnost přijímá dotace z národních i evropských fondů, což je podmíněno dodržováním standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy.
- Potřeby surovin pro bioplynovou stanici – minimální výměra pro pěstování kukuřice na siláž je důležitou podmínkou pro bezproblémový chod BPS.
- Dlouhodobé dodavatelské smlouvy – smlouva s cukrovarem společnosti zajišťuje odkup cukrové řepy v předem stanoveném množství. To se projevuje v osevním plánu, kde musí být stanovena minimální výměra půdy pro cukrovou řepu tak, aby byla zajištěna sklizeň plodiny v dostatečném množství.

Bude-li výsledná kombinace plodin osevního plánu respektovat všechny omezující podmínky a zároveň bude nejvýhodnější (např. přinese nejvyšší zisk nebo nejnižší náklady), potom takový osevní plán bude pro společnost optimální.

### 4.3 Matematický model

Pro získání požadovaných výsledků převedeme slovní formulaci úlohy do matematické podoby. Základem pro sestavení matematického modelu je definice proměnných (včetně jejich jednotkového vyjádření). Musíme se rozhodnout, které plodiny zařadíme do matematického modelu a popřípadě které z modelu hned na začátku vyřadíme. Poté bude možné přejít k formulaci účelové funkce, omezujících podmínek a také podmínek nezápornosti. Po sestavení celého modelu bude úloha řešena za pomoci tabulkového procesoru Microsoft Office Excel 2007. Výsledkem výpočtu bude stanovení hledaných výměr u jednotlivých plodin v hektarech. Posledním krokem je správná interpretace výsledků a návrhy konkrétních řešení.

#### 4.3.1 Definice proměnných

Společnost Rakovec, a. s. rozhoduje sama o struktuře rostlinné výroby. Limitovaná je rozlohou obhospodařované půdy, potřebným množstvím produkce pro bioplynovou stanici, popřípadě smlouvami s dlouhodobými odběrateli.

Struktura plodin se skládala v roce 2014 z 9 druhů plodin a to z pšenice ozimé, řepky ozimé, ječmene jarního, cukrové řepy, kukuřice na zrno, kukuřice na siláž, vojtěšky seté, krmné řepy a žita pro bioplynovou stanici. V posledních letech dodržuje společnost přibližně stejnou strukturu plodin, která je potřebná a vyhovující z hlediska principů rostlinné výroby a ekonomických potřeb společnosti.

Proměnné tohoto matematického modelu jsou definovány takto:

- $x_1$  – pšenice ozimá [ha]
- $x_2$  – ječmen jarní [ha]
- $x_3$  – řepka ozimá [ha]
- $x_4$  – cukrová řepa [ha]
- $x_5$  – kukuřice na zrno [ha]
- $x_6$  – kukuřice na siláž [ha]
- $x_7$  – vojtěška setá [ha]
- $x_8$  – žito pro BPS [ha]
- $x_9$  – krmná řepa [ha]

Definované proměnné představují výměry jednotlivých plodin v hektarech.

#### 4.3.2 Maximalizační účelová funkce

V maximalizační úloze bude omezen počet proměnných, protože všechny plodiny společnost neprodává na trhu. Některé jsou vypěstovány jako vstupy do bioplynové stanice (kukuřice na siláž, žito), nebo jsou zařazeny do osevního plánu, ovšem ne za účelem zvýšení zisku (krmná řepa). U takových plodin není

vhodné v maximalizačním modelu řešit jejich možné zisky z prodeje na trhu. Požadavky na jejich pěstování (počet hektarů) budou v modelu zahrnuty jako omezení.

Účelová funkce maximalizační úlohy při optimalizaci osevního plánu má tvar:

$$Z_{\max} = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

kde  $x_j$  představuje strukturální proměnné, tedy výměry jednotlivých plodin v hektarech. Pro maximalizační model jsou vybrány proměnné:

- $x_1$  – pšenice ozimá [ha]
- $x_2$  – ječmen jarní [ha]
- $x_3$  – řepka ozimá [ha]
- $x_4$  – cukrová řepa [ha]
- $x_5$  – kukuřice na zrno [ha]
- $x_7$  – vojtěška setá [ha]

$c_j$  představuje koeficienty účelové funkce. Hodnota těchto koeficientů při maximalizaci zisku prezentuje zisk v korunách z jednoho hektaru dané plodiny. Pro získání skutečných hodnot koeficientů účelové funkce v matematickém modelu, je zapotřebí znát u jednotlivých plodin jejich náklady, hektarové výnosy, tržní ceny, popřípadě hodnotu dotací.

### Náklady

Náklady na jednotlivé plodiny se skládají z přímých nákladů, ke kterým se připočítávají náklady na spotřebu vlastních výrobků, tj. např. spotřeba vlastních hnojiv – močůvka, chlévská mrva, kejda.

Vzhledem k tomu, že společnost sleduje náklady strojů samostatně, např. traktory, nákladní auta, kombajny, těžké mechanismy, je potřeba na konci roku rozpustit tyto náklady na jednotlivé plodiny. Rozpouští se kvalifikovaným odhadem.

Dále součástí nákladů plodin je poměrná část nákladů režijních, tj. nákladů režie RV a celopodnikové režie. Celkový součet tvoří skutečné náklady na komoditu za rok.

Celkové náklady roku 2013 na jednotlivé plodiny sleduje tabulka č. 4. V maximalizačním modelu nebereme v úvahu kukuřici na siláž a žito, protože to nejsou plodiny prodávané na trhu, ale slouží jako vstupy do bioplynové stanice. Pro přehlednost jsou náklady rozděleny na přímé náklady a nepřímé náklady.

Tab. 4 Celkové náklady v roce 2013 [Kč]

	Přímé náklady				Nepřímé náklady			Celkem [Kč]	Celkem [Kč/ha]
	Osivo, sadba	Hnojiva, chemie	Posklizňové práce	Ostatní	Stroje	Režie RV	Správní režie		
Pšenice ozimá	1 391 000	5 073 864	417 136	540 227	5 248 002	1 047 095	1 222 686	<b>14 940 009</b>	<b>31 445</b>
Ječmen jarní	557 014	1 261 984	144 943	180 869	2 014 037	421 269	408 747	<b>4 988 863</b>	<b>26 325</b>
Řepka ozimá	363 160	2 204 432	37 840	389 727	1 668 343	315 034	444 290	<b>5 422 826</b>	<b>38 272</b>
Cukrová řepa	460 810	1 672 901	908 037	355 595	897 222	208 320	402 823	<b>4 905 708</b>	<b>52 061</b>
Kukuřice na zrno	250 390	369 956	140 959	245 614	773 132	157 397	171 792	<b>2 109 239</b>	<b>29 800</b>
Kukuřice na siláž	639 605	1 580 167	860 051	730 910	2 316 565	521 957	921 336	<b>7 570 592</b>	<b>32 262</b>
Vojtěška setá	17 200	2 800	45 160	32 464	313 922	54 973	592	<b>464 311</b>	<b>20 249</b>
Žito pro BPS	377 000	638 200	130 085	138 651	751 727	167 234	195 488	<b>2 398 385</b>	<b>31 902</b>

Zdroj: Vlastní práce

V prvním sloupci jsou náklady na nakoupená osiva a sadbu. Hodnota v druhém sloupci se skládá z nákladů na nakoupená hnojiva a chemické prostředky včetně vlastních vyrobených hnojiv (močůvka, kejda, chlévská mrva) používané v rostlinné výrobě. Sloupec Posklizňové práce zahrnuje nejen polní práci, ale také čištění a sušení včetně ostatních prací a služeb. Přímé náklady uzavírá sloupec Ostatní, ve kterém jsou zahrnuty veškeré další přímé náklady, jako např. náklady na pohonné hmoty, náklady na odměňování zaměstnanců (mzdy, příplatky, prémie), elektrická energie, odpisy strojů a zařízení, přepravné.

Celkové přímé náklady na stroje se rozpouští na jednotlivé plodiny. Rozpouští se podle osetých hektarů a podle náročnosti konkrétní plodiny (pátý sloupec). Nepřímé náklady režie rostlinné výroby jsou vynakládány na zabezpečení řádného chodu RV, ale nelze je přímo přiřadit ke konkrétní plodině. Mohou to být např. pracovní oděvy a ochranné pomůcky, nájem, ostatní práce a služby, revize strojů a zařízení. Tyto náklady, uvedené ve sloupci Režie RV, jsou sníženy o případné výnosy režijního výkonu RV. Na jednotlivé plodiny se rozpouští podle výměry. Poslední sloupec u nepřímých nákladů zahrnuje náklady správní režie, např. úroky z úvěrů, odpisy budov a staveb, daň z nemovitostí a další náklady, které se vztahují k chodu ředitelství a administrativy. Tyto jsou rovněž sníženy o případné výnosy a teprve poté rozpuštěny dle koeficientu k celkovým nákladům.

Protože společnost nepředpokládá žádné významné změny v rostlinné výrobě a chce si udržet podobnou výši nákladů, můžeme pro další výpočet použít náklady roku 2013 uvedené v tabulce č. 4.

### Hektarový výnos

Hektarový výnos plodin je ovlivněn především počasím, které nelze dopředu předvídat, výše výnosů plodin je tedy nestálá. Jak ukazuje tabulka č. 5, odhad pro rok 2015 je získán jako aritmetický průměr skutečných hektarových výnosů společnosti za posledních 5 let.

Tab. 5 Hektarové výnosy plodin v letech 2010–2014 [q/ha]

	r. 2010	r. 2011	r. 2012	r. 2013	r. 2014	<b>Odhad pro r. 2015</b>
Pšenice ozimá	63,20	78,79	39,46	70,37	67,73	<b>63,91</b>
Ječmen jarní	48,20	67,23	34,09	65,11	50,88	<b>53,10</b>
Řepka ozimá	32,80	35,28	15,33	40,13	40,61	<b>32,83</b>
Cukrová řepa	629,60	775,60	659,00	719,97	808,50	<b>718,53</b>
Kukuřice na zrno	77,30	91,30	90,37	85,59	103,10	<b>89,53</b>
Vojtěška setá	137,70	50,10	-	45,70	46,90	<b>70,10</b>

Zdroj: Vlastní práce

### Tržní ceny

Vývoj tržních cen, stejně jako hektarový výnos, nelze u rostlinných výrobků předikovat. Ceny jsou závislé především na aktuální situaci na trhu dané komodity, tedy na střetu nabídky s poptávkou. Dále také na kvalitě rostlinné produkce, na okolnostech v zemědělství (dotační programy, konkurence, aj.) i na politické situaci. Pro matematický model jsou tržní ceny odvozeny v tabulce č. 6. Odhad cen odráží ceny z Agroserversu, který pravidelně zveřejňuje předpověď tržních cen u plodin, podle aktuálních informací ze světových komoditních burz. Vojtěška setá nepatří mezi běžně obchodované plodiny na burze, tak je výše její tržní ceny určena dle prodejní ceny společnosti Rakovec, a. s. V modelu je použita pesimistická varianta a ceny jsou vybrány z dolní hranice intervalu.

Tab. 6 Odhad tržních cen pro rok 2015 [Kč/q]

	Odhad tržních cen	
	nejnižší	nejvyšší
Pšenice ozimá	<b>504,70</b>	523,30
Ječmen jarní	<b>609,50</b>	619,60
Řepka ozimá	<b>968,60</b>	984,00
Cukrová řepa	<b>78,40</b>	88,40
Kukuřice na zrno	<b>444,70</b>	458,40
Vojtěška setá	<b>240,00</b>	260,00

Zdroj: Agroservers.cz, Rakovec, a. s.

### Dotace

Společnost přijímá podpory ve formě dotací z národních i evropských fondů. Pro rok 2015 nejsou plánovány žádné změny v rozsahu podávaných žádostí o dotace. Pro matematický model bude využito údajů ohledně přiznaných podpor z předchozího roku 2014.

Přehled dotací, rozpočítaných na všechny plodiny podle hektarů, je uveden v tabulce č. 7. Do matematického modelu budou opět použity pouze hodnoty proměnných, které byly do maximalizační úlohy vybrány.

Tab. 7 Odhad dotací pro rok 2015 [Kč]

	SAPS	Biologická ochrana osiva	SSP	PVP (Top- Up) - orná půda	Celkem [Kč]	Odhad dotace [Kč/ha]
Pšenice ozimá	2 666 759	-	-	82 060	<b>2 748 819</b>	<b>6 174</b>
Ječmen jarní	1 268 091	-	-	39 021	<b>1 307 112</b>	<b>6 174</b>
Řepka ozimá	878 937	73 000	-	27 046	<b>978 983</b>	<b>6 672</b>
Cukrová řepa	552 675	-	1 185 000	17 007	<b>1 754 681</b>	<b>19 017</b>
Kukuřice na zrno	207 785	-	-	6 394	<b>214 178</b>	<b>6 174</b>
Kukuřice na siláž	1 643 469	-	-	50 572	<b>1 694 041</b>	<b>6 174</b>
Vojtěška setá	137 345	-	-	4 226	<b>141 571</b>	<b>6 174</b>
Žito pro BPS	449 351	-	-	13 827	<b>463 179</b>	<b>6 174</b>
Krmná řepa	6 589	-	-	203	<b>6 791</b>	<b>6 174</b>

Zdroj: Vlastní práce

**SAPS** – jednotná platba na plochu, představuje hlavní platbu přímých plateb. Žadatel může být fyzická nebo právnická osoba uvedená v evidenci LPIS. Je plně hrazena z prostředků EU. Musí dodržovat sedm standardů DZES, které se týkají:

1. ochranných pásů podél vodních toků,
2. zavlažovacích soustav,
3. ochrany podzemních vod znečištěním,
4. minimálního pokryvu půdy,
5. minimální úrovně obhospodařování půdy k omezování eroze,
6. zachování úrovně organických složek půdy, včetně zákazu vypalování strnišť,
7. zachování krajinných prvků a opatření proti invazním druhům rostlin.

**BIOLOGICKÁ OCHRANA** – dotační program v rámci Podpory ozdravování polních a speciálních plodin. Účelem je nahrazením chemického ošetření a prevencí šíření chorob zvýšit kvalitu rostlinné produkce. Výše dotace je do 25 % u polních druhů plodin řepka, kukuřice a slunečnice.

**ODDĚLENÁ PLATBA ZA CUKR (SSP)** – administraci cukerní platby provádí Státní zemědělský a intervenční fond (hrazeno plně z prostředků EU, forma

přímé platby). Jde o kompenzační opatření pro pěstitele, kterým je tak nahrazena ztráta příjmů spojená se snížením garantované ceny cukrové řepy.

**PŘECHODNÉ VNITROSTÁTNÍ PODPORY (PVP)** – nahrazují Národní doplňkové platby (Top-Up), které byly poskytovány v letech 2007 až 2012. Podpora je poskytována na zemědělskou půdu, chov ovcí a koz, chov krav bez tržní produkce mléka, na chmel, bramborový škrob a přežvýkavce, z rozpočtu ČR. Stejně jako Top-Up platby, jsou poskytovány k Jednotné platbě na plochu (SAPS), i jejich všeobecné podmínky jsou shodné. V případě, že žadateli není přiznána přímá platba SAPS, nevznikne mu ani nárok na platbu PVP.

### Účelová funkce - maximalizační

Hodnoty koeficientů maximalizační účelové funkce, představují zisk z jednoho hektaru vypěstované plodiny. Vzorec pro výpočet zisku je následující:

$$Z = \text{tržby} - \text{náklady} + \text{dotace} \quad [\text{Kč/ha}]$$

$$\text{Tržby} = \text{hektarový}_\text{výnos} * \text{tržní}_\text{cena}$$

Zisk, vypočítán jako součin odhadovaných tržních cen a hektarového výnosu, snížený o náklady a zvýšený o dotace, zobrazuje tabulka č. 8.

Tab. 8 Koeficienty účelové funkce

	Náklady [Kč/ha]	Hektarový výnos [q/ha]	Tržní ceny [Kč/q]	Dotace [Kč/ha]	Odhad zisku [Kč/ha]
Pšenice ozimá	31 445	63,91	504,70	6 174	<b>6 984</b>
Ječmen jarní	26 325	53,10	609,50	6 174	<b>12 215</b>
Řepka ozimá	38 272	32,83	968,60	6 672	<b>198</b>
Cukrová řepa	52 061	718,53	78,40	19 017	<b>23 289</b>
Kukuřice na zrno	29 800	89,53	444,70	6 174	<b>16 189</b>
Vojtěška setá	20 249	70,10	240,00	6 174	<b>2 749</b>

Zdroj: Vlastní práce

Účelová funkce maximalizační úlohy LP má tvar:

$$Z_{\max} = 6984x_1 + 12215x_2 + 198x_3 + 23289x_4 + 16189x_5 + 2749x_7 \quad [\text{Kč}]$$

### 4.3.3 Minimalizační účelová funkce

Minimalizační účelová funkce hledá vhodnou rozlohu jednotlivých komodit do osevního plánu, s ohledem na jejich náklady. Výsledkem je rozloha každé plodiny v hektarech s minimálními náklady na rostlinnou výrobu.

Účelová funkce matematické minimalizační úlohy má tvar:

$$Z_{\min} = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

kde  $x_j$  představuje proměnné matematického modelu, tedy výměry jednotlivých plodin v hektarech:

- $x_1$  – pšenice ozimá [ha]
- $x_2$  – ječmen jarní [ha]
- $x_3$  – řepka ozimá [ha]
- $x_4$  – cukrová řepa [ha]
- $x_5$  – kukuřice na zrno [ha]
- $x_6$  – kukuřice na siláž [ha]
- $x_7$  – vojtěška setá [ha]
- $x_8$  – žito pro BPS [ha]

$c_j$  – koeficienty matematické modelu. V minimalizační funkci jsou tvořeny náklady jednotlivých plodin v korunách na hektar.

### Náklady

Pro získání koeficientů účelové funkce sledujeme přímé i nepřímé náklady všech plodin modelu. Jak je uvedeno na str. 43, celkové náklady rostlinné výroby (přímé i nepřímé) jsou rozpočítány na jednotlivé plodiny. Tabulka č. 4 (str. 44) zobrazuje náklady, které jsou použity jako odhad nákladů v matematickém modelu.

Ani v minimalizačním modelu nesledujeme náklady pro krmnou řepu. Tržby a náklady této komodity jsou téměř totožné. Společnost pěstuje krmnou řepu z dobré vůle, bez plánovaného zisku, pro potřeby občanů.

Rok 2013 nebyl nijak výjimečný s ohledem na sledované náklady. Můžeme proto hodnoty z tabulky č. 4 použít do našeho modelu.

### Účelová funkce - minimalizační

Minimalizační účelová funkce úlohy LP má tvar:

$$Z_{\min} = 31445x_1 + 26325x_2 + 38272x_3 + 52061x_4 + 29800x_5 + 32262x_6 + 20249x_7 + 31902x_8$$

[Kč]

#### 4.3.4 Omezující podmínky

##### Střídání plodin

Ve volné přírodě je na jednom místě směs různých druhů plodin, aby se vytvořila rovnováha. I zemědělské plodiny na polích se musí střídat, aby byl v půdě zachován dostatek živin, nemnožili se škůdci, atd.



V tabulce č. 9 je u všech plodin osevního plánu uveden počet let, po které se plodina opakovaně nepěstuje na jednom místě. Tuto základní zásadu RV společnost pečlivě dodržuje, aby předcházela případné slabé úrodě spojené s poklesem výnosů.

Tab. 9 Časový odstup plodin pěstovaných na jednom místě

	Opakované pěstování [min. počet let]
Pšenice ozimá	0-1
Ječmen jarní	0-1
Řepka ozimá	4
Cukrová řepa	4
Kukuřice	3
Vojtěška setá	3
Žito pro BPS	0-1
Krmná řepa	4

Zdroj: Vlastní práce

U pšenice, ječmene a žita záleží na předplodině, jejíž kvalita rozhodne o opakovaném setí na tomtéž místě.

Na základě uvedených časových odstupů v tabulce č. 9, lze sestavit řadu omezujících podmínek pro matematický model:

$$x_3 \leq 326$$

$$x_4 \leq 326$$

$$x_5 + x_6 \leq 434$$

$$x_7 \leq 434$$

$$x_9 \leq 326$$

### Diverzifikace plodin

Z osvědčeného dlouhodobého postupu vychází, že společnost pěstuje vždy na asi 50 % půdy klasické obiloviny, tedy pšenici a ječmen. Je to jedna z podmínek osevního plánu, kterou chce společnost i v budoucnu dodržet.

$$x_1 + x_2 \geq 650$$

Zároveň vyžaduje společnost pěstování ječmene jarního na maximální rozloze 300 ha orné půdy. Tato podmínka vychází z vyšší náročnosti na pěstování i skladování ječmene. Má vysoké nároky na půdu (kvůli slabšímu kořenovému systému), krátkou vegetační dobu, sklizené osivo je potřeba provětrávat (z důvodu udržení maximální vlhkosti 15 %). Aby bylo dosaženo vysoké sladovnické

jakosti ječmene, je třeba dodržet celou řadu agrotechnických zásad, od přípravy půdy přes sklizeň, až po skladování. U ječmene, jako citlivější plodiny, se každý nedostatek nebo opomenutí projeví na kvalitě zrna.

$$x_2 \leq 300$$

Diverzifikace plodin je jedno z pravidel, které žadatelé musí dodržet, pokud chtějí čerpat platby ve formě dotací. Pro rok 2015 se na společnosti s více než 75 ha výměry vztahuje povinnost pěstovat minimálně 3 druhy plodin. Hlavní plodina může pokrývat maximálně 75 % výměry.

S podmínkou minimálního počtu druhů plodin většina společností, včetně Rakovce, a. s., nemá problém. Pokud dodržují zásady střídání plodin, potom pěstování minimálně třech druhů plodin je žádoucí (s ohledem na úrodnost, škůdce, živiny, atd.).

Hlavní plodinou společnosti je pšenice ozimá. Z požadavku čerpání dotací tedy vyplývá, že se může pěstovat na maximálně 978 ha orné půdy.

$$x_1 \leq 978$$

## Rozloha

Společnost hospodařila v roce 2014 na výměře 1304,06 ha orné půdy. Výměra se každoročně mění v závislosti na nákupu půdy a vydávání půdy majitelům. Společnost se snaží v současné době nakupovat půdu do vlastnictví, což rozlohu nezmění.

Smlouvy na pronájem s majiteli půdy jsou ve většině případů s desetiletou výpovědní lhůtou. Tyto smlouvy zaručují, že by se neměla rozloha orné půdy v blízké budoucnosti výrazně měnit. V současné době se začínají řešit smlouvy na půdu s církvemi. Nyní není společnost schopna odhadnout požadavky církví na budoucí podmínky pronájmu půdy.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 \leq 1304,06$$

Pro maximalizační úlohu byly z matematického modelu vyloučeny vstupní plodiny pro bioplynovou stanici (kukuřice na siláž, žito) a krmná řepa. Společnost vyžaduje jejich produkci a v modelu představuje tato plocha, potřebná pro jejich pěstování, omezení. Celková výměra půdy je o tuto část snížena.

Stejně tak je z minimalizačního modelu vyřazena krmná řepa. Z celkové rozlohy je tedy odečtena velikost výměry orné půdy pro tuto plodinu, tzn. celkově je k dispozici v minimalizačním modelu 1302,96 ha půdy.

### *Bioplynová stanice*

Výstavbou a uvedením do provozu bioplynové stanice v roce 2012 se z agronomického hlediska společnost zcela změnila. Osevní plán se musí přizpůsobit tak, aby byly zajištěny dostatečné vstupy potřebné na provoz BPS, tzn. důraz je kladen na dostatek kukuřice na siláž. Té musí být vždy dostatečná zásoba na 13 měsíců (jeden měsíc v roce slouží jako rezerva). U kukuřice pro bioplyno-

vou stanici se sleduje minimální obsah sušiny, která musí být vyšší než 36 %. To znamená, že si tak společnost vědomě snižuje hektarový výnos (např. pro živočišnou výrobu by byla dostačující i kukuřice s nižším obsahem sušiny). Osevní postup přizpůsobuje společnost potřebám BPS podle toho, kolik tun vstupů (kukuřice na siláž, žito, kejda, šrot – odpad ječmene, pšenice, kukuřice) bude potřebovat. Minimální množství na den je 33 tun (z toho asi 27 tun silážní kukuřice). Průměrný hektarový výnos z kukuřice za posledních 5 let je 350 q/ha. Je tedy nutné vymezit alespoň 281 ha půdy pro kukuřici na siláž, aby nebyl narušen chod bioplynové stanice.

$$x_6 \geq 281$$

Žito nebude do maximalizačního modelu vstupovat ani jako omezující podmínka. V posledních dvou letech bylo pěstováno na zkoušku, jako náhrada části kukuřice na siláž. Zástupci společnosti vyhodnotili substrát (tedy vstup pro BPS) s využitím žita za méně kvalitní. Pro rok 2015 nebylo ještě upuštěno od jeho pěstování, proto bude součástí minimalizačního matematického modelu. Není ovšem součástí osevního plánu pro následující rok 2016, proto v maximalizačním modelu není zahrnuto ani jako podmínka.

#### *Krmná řepa*

Krmná řepa se pěstuje pro potřeby občanů v přilehlých obcích. Poptávka je v posledních letech konstantní, výměra se mění jen v závislosti na velikosti zvoleného honu, vždy cca 1 ha. Řepa se pouze vyseje, aplikuje se postřik proti plevelům, další ošetřování a sklizeň si provádí občané sami.

$$x_9 = 1,10$$

U krmné řepy se náklady a výnosy téměř rovnají. I když si je společnost vědoma, že přichází o hektar orné půdy, který by mohl být využit pro jinou komoditu s větším ziskem, i tak chce z dobré vůle poskytnout tuto službu občanům, většinou bývalým zemědělcům.

V maximalizačním modelu je výměra dostupné orné půdy 1021,96 ha. Jde o celkovou výměru bez části určené pro krmnou řepu a bez 281 ha, které představují minimum pro pěstování kukuřice na siláž.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_7 \leq 1021,96$$

#### **Dodavatelské smlouvy – cukrovar**

Společnost má dlouhodobou smlouvu s cukrovarem, proto pěstuje tolik cukrové řepy, aby splnila předepsané kvóty. Aktuálně je předepsáno pro rok 2015 sklídit 3300 až 4000 tun cukrové řepy. Počet potřebných hektarů pro splnění kvóty se dopočítává z pětiletého průměrného hektarového výnosu, tzn. 700 q/ha. Podmínkou pro společnost je mít 47-57 ha cukrové řepy.

$$47 \leq x_4 \leq 57$$

Při odkupu sklizené cukrové řepy se na základě sjednané smlouvy přepočítává cukernatost na 16 %. Podaří-li se vypěstovat cukrovou řepu s vyšším obsahem cukru, dostává Rakovec, a. s. od cukrovaru při odkupu příplatky. V opačném případě jde o srážky snižující celkový výnos z prodeje.

S cukrovarem byly doposud podepsané čtyřleté smlouvy. Poslední byla ukončena v roce 2014. Od roku 2015 byla již uzavřena smlouva pouze na dva další roky a to z důvodu, že od 1. ledna 2017 končí výrobní a vývozní kvóty na cukr a obilná sladidla (v souvislosti s plánovanými změnami ve společné zemědělské politice) Jak uvádí Žlábková (2015), nově se šlechtí odrůdy cukrové řepy, která by mohla odolat až mínus 10 °C. To umožní dřívější osetí polí, čímž se posunou žně kolem 25. srpna a ihned se může začít cukrovka sklízet. Předejde se tak riziku mrazů, které mohou úrodu znehodnotit při čekání na polích na odvoz do cukrovaru.

### **Zbytkové plochy orné půdy**

Některé části z orné půdy jsou tzv. zbytkové. Jde o části na okrajích honů, podél cest, různé cípy a kousky orné půdy. Na takových plochách většinou společnost pěstuje vojtěšku setou. Důvodem je nejen horší manipulace se stroji na menší ploše, ale i špatně přístupné plochy při krajích honů, apod. Jde tedy o více menších ploch ve všech čtyřech katastrech, které společnost obhospodařuje. Maximální výměra této plochy je 25 ha půdy.

$$x_7 \leq 25$$

## 4.4 Řešení modelu

### 4.4.1 Maximalizační model

Maximalizační účelová funkce včetně omezujících podmínek a podmínek nezápornosti má následující tvar:

$$Z_{\max} = 6984x_1 + 12215x_2 + 198x_3 + 23289x_4 + 16189x_5 + 2749x_7 \text{ [Kč]}$$

$$x_3 \leq 326$$

$$x_4 \leq 326$$

$$x_5 \leq 153$$

$$x_7 \leq 434$$

$$x_1 + x_2 \geq 650$$

$$x_2 \leq 300$$

$$x_1 \leq 978$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_7 \leq 1021,96$$

$$x_4 \geq 47$$

$$x_4 \leq 57$$

$$x_7 \leq 25$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_7 \geq 0$$

Pro řešení úlohy je v programu MS Excel vytvořena jednoduchá tabulka (obrázek č. 6), v níž jsou vypočítány výsledky pomocí modulu Řešitel.

Ve sloupci E jsou uvedeny hledané výsledky, tedy výměry orné plochy pro jednotlivé plodiny. Před zahájením výpočtu jsou tyto hodnoty nulové. Řešitel zamění nulové hodnoty za hledané výsledky, které mají odpovídat maximálnímu zisku a respektovat všechny omezující podmínky.

Řádky 9 až 19 představují právě omezující podmínky. Pravé strany podmínek zachycuje sloupec D. Levé strany podmínek jsou zaznamenány jako vzorce ve sloupci C (sloupec B: předpis vzorce). První čtyři podmínky (řádky 9 až 12) definují zásady pro střídání plodin. Tedy řepka ozimá a cukrová řepa se pěstují na stejných polích maximálně po čtyřech letech, u kukuřice (na zrno + na siláž) dodržuje společnost odstup alespoň 3 roky. Vzhledem k tomu, že kukuřice na siláž není zahrnuta do optimalizace, je podmínka upravena jen pro kukuřici na zrno. Vojtěšku je vhodné střídat na polích po 3 letech. Další skupina podmínek (řádky 13 až 15) je pro diverzifikaci plodin. Řádek 13 popisuje podmínku pěstování alespoň na 50 % půdy klasické obiloviny, řádek 14 zajišťuje dodržení podmínek DZES (tzn. pěstovat hlavní plodinu na max. 75 % výměry), podmínka na řádku 15 je dána rozhodnutím společnosti o maximální rozloze ječmene. Následující omezující podmínka (řádek 16) prezentuje maximální možnou výměru obhospodařované půdy. Dodržení dodavatelské smlouvy s cukrovarem zajišťují

požadavky dané na řádcích 17 a 18. Posledním omezením (řádek 19) je dodržení maximální výměry pro pěstování vojtěšky, kterou si společnost stanovila. Podmínky nezápornosti nejsou uvedeny přímo v tabulce pro výpočet. Nezápornost hledaných hodnot se nastavuje v rámci Řešitele, na kartě Možnosti.

Dosažený maximální zisk pro celou úlohu je vypočítán na řádku 21, jako součin odhadovaných zisků jednotlivých plodin a jejich výměry.

Takto nachystaná tabulka je podkladem pro výpočet prováděný přes doplněk aplikace Excel, Řešitel. Nastavení parametrů Řešitele pro maximalizační úlohu je zobrazeno v příloze č. 3.

	A	B	C	D	E
1				$c_j$ - koeficienty úč. funkce	$x_j$ - strukturní proměnné
2	Účelová funkce	Pšenice ozimá ( $x_1$ )		6 984	<b>511,96</b>
3		Ječmen jarní ( $x_2$ )		12 215	<b>300,00</b>
4		Řepka ozimá ( $x_3$ )		198	<b>0,00</b>
5		Cukrová řepa ( $x_4$ )		23 289	<b>57,00</b>
6		Kukuřice na zrno ( $x_5$ )		16 189	<b>153,00</b>
7		Vojtěška setá ( $x_7$ )		2 749	<b>0,00</b>
8					
9	Podmínky		=E4	0,00	326
10			=E5	57,00	326
11			=E6	153,00	153
12			=E7	0,00	434
13			=E2+E3	811,96	650
14			=E2	511,96	978
15			=E3	300,00	300
16			=SUMA(E2:E7)	1021,96	1021,96
17			=E5	57,00	47
18			=E5	57,00	57
19			=E7	0,00	25
20					
21	<b>Celkový zisk</b>		=SOUČIN.SKALÁRNÍ(D2:D7;E2:E7)		<b>11 044 419</b>

Obr. 6 Vstupní data a výsledky maximalizačního modelu (Zdroj: Vlastní práce)

Řešitel stanovil hledané výměry osevních ploch následujícím způsobem. S ohledem na maximalizaci zisku by společnost Rakovec, a. s. měla pěstovat na:

- 511,96 ha pšenici ozimou,
- 300 ha ječmen jarní,
- 57 ha cukrovou řepu,
- 153 ha kukuřici na zrno.

Nesmíme zapomenout na plodiny, které byly z maximalizačního modelu vyřazeny, ale jejich výměry jsou definované na základě rozhodnutí společnosti:

- 281 ha kukuřice na siláž,
- 1,1 ha krmná řepa.

#### 4.4.2 Minimalizační model

Účelová funkce pro minimalizační model a její podmínky jsou následující:

$$Z_{\min} = 31445x_1 + 26325x_2 + 38272x_3 + 52061x_4 + 29800x_5 + 32262x_6 + 20249x_7 + 31902x_8$$

[Kč]

$$x_3 \leq 326$$

$$x_4 \leq 326$$

$$x_5 + x_6 \leq 434$$

$$x_7 \leq 434$$

$$x_1 + x_2 \geq 650$$

$$x_2 \leq 300$$

$$x_1 \leq 978$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 \leq 1302,96$$

$$x_6 \geq 281$$

$$x_4 \geq 47$$

$$x_4 \leq 57$$

$$x_7 \leq 25$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8 \geq 0$$

Výsledky optimalizační úlohy pro model, který hledá výměry plodin v hektarech s ohledem na minimální náklady, zachycuje obrázek č. 7. Podobně jako u úlohy maximalizační, jsou v tabulce zachyceny podklady pro výpočet.

Ve sloupci E jsou hledané výměry v hektarech pro jednotlivé plodiny. Z plodin je vyloučena pouze krmná řepa, která do optimalizace není zahrnuta.

Na řádcích 11 až 22 jsou vymezeny jednotlivé omezující podmínky. Dodržení zásady pro střídání plodin na polích se stanovenými časovými odstupy zabezpečují podmínky na řádcích 11 až 14. Stejně jako u maximalizační úlohy, podmínky týkající se diverzifikace plodin jsou zde zachyceny řádkem 15, 16 a 17. Řádek 18 je určený pro omezující podmínku celkové rozlohy obhospodařované půdy. Tedy plodiny, zahrnuté do optimalizace, mohou být pěstovány na maximální výměře orné půdy, tzn. na 1302,96 ha. Bezproblémový chod bioplynové stanice zajišťuje dostatečné množství vstupů. Tento požadavek hlídá podmínka na řádku 19, tzn. minimální výměra pro kukuřici na siláž. Dodavatelská smlouva s cukrovarem je v minimalizačním modelu zabezpečena podmínkami na řádcích 20 a 21. Na posledním místě je maximální výměra pro vojtěšku, kterou si společnost sama určila (řádek 22).

Celkové minimální náklady, kterých lze dosáhnout při dodržení doporučeného osevního plánu, jsou zaznamenány na řádku 24.

Parametry Řešitele nastaveny pro minimalizační model jsou uvedeny v příloze č. 4. Možnosti modulu Řešitel jsou zachovány stejně jako v maximalizační úloze.

	A	B	C	D	E
1				$c_j$ - koeficienty úč. funkce	$x_j$ - strukturní proměnné
2	Účelová funkce	Pšenice ozimá ( $x_1$ )		31 445	350,00
3		Ječmen jarní ( $x_2$ )		26 325	300,00
4		Řepka ozimá ( $x_3$ )		38 272	0,00
5		Cukrová řepa ( $x_4$ )		52 061	47,00
6		Kukuřice na zmo ( $x_5$ )		29 800	0,00
7		Kukuřice na siláž ( $x_6$ )		32 262	281,00
8		Vojtěška setá ( $x_7$ )		20 249	0,00
9		Žito pro BPS ( $x_8$ )		31 902	0,00
10					
11	Podmínky	=E4	0,00	326	
12		=E5	47,00	326	
13		=E6+E7	281,00	434	
14		=E8	0,00	434	
15		=E2+E3	650,00	650	
16		=E3	300,00	300	
17		=E2	350,00	978	
18		=SUMA(E2:E9)	978,00	1302,96	
19		=E7	281,00	281	
20		=E5	47,00	47	
21		=E5	47,00	57	
22		=E8	0,00	25	
23					
24	Celkové náklady	=SOUČIN.SKALÁRNÍ(D2:D9,E2:E9)		30 415 739	

Obr. 7 Vstupní data a výsledky minimalizačního modelu (Zdroj: Vlastní práce)

Program MS Excel vyhodnotil optimální osevní plán s minimálními náklady takto:

- 350 ha pšenice ozimá,
- 300 ha ječmen jarní,
- 47 ha cukrová řepa,
- 281 ha kukuřice na siláž.

Z modelu byla tentokrát vyloučena pouze jedna plodina, a to krmná řepa. Společnost si nastavila podmínku pro pěstování krmné řepy, tedy musí být zařazena do osevního plánu:

- 1,1 ha krmná řepa.



## 4.5 Vyhodnocení výsledků, návrh řešení

### 4.5.1 Maximalizační model

Hledané výměry plodin v maximalizační úloze byly vypočítány modulem Řešitel v MS Office Excel. Daný osevní plán, maximalizující zisk z rostlinné výroby, shrnuje tabulka č. 10.

Tab. 10 Osevní plán při maximalizaci zisku

	Osevní plocha [ha]
Pšenice ozimá	511,96
Ječmen jarní	300,00
Cukrová řepa	57,00
Kukuřice na zrn	153,00
Kukuřice na siláž	281,00
Krmná řepa	1,10
<i>Celkem</i>	<i>1304,06</i>

Zdroj: Vlastní práce

Při respektování návrhu osevního plánu by měla společnost Rakovec, a. s. maximalizovat zisk z rostlinné výroby v hodnotě 11 044 419 Kč.

Výhodou modulu Řešitel je, že lze sledovat naplnění jednotlivých podmínek úlohy. To znamená, že je vidět do jaké míry byla využita dostupná orná půda.

Hned u první podmínky maximalizačního modelu pozorujeme, že dostupná výměra pro řepku ozimou nebyla vůbec využita a řepka se do výsledku výpočtu dostala s hodnotou 0 ha, to znamená, že nebude nadále součástí osevního plánu. Tento výsledek je pochopitelný s ohledem na odhadovaný zisk, který řepka přináší. Náklady na jeden hektar řepky ozimé jsou v porovnání s ostatními plodinami vyšší. Příčinou jsou především vyšší náklady na hnojivo a chemické prostředky. Tržby z pěstování jednoho hektaru řepky naopak patří k nejnižším. Dohromady to znamená, že odhadovaný zisk je tak nízký, že je v modelu věnován větší prostor plodinám, přinášejícím vyšší zisk (s ohledem na omezující podmínky). Tržby z jednoho hektaru plodiny a jednotlivé položky nákladů plodin přepočítané na hektar jsou přílohou č. 5.

Cukrovou řepu doporučuje Řešitel pěstovat na 57 hektarech. Jde o horní hranici nastavené podmínky, která se týká dodavatelské smlouvy s cukrovarem. Náklady jsou u cukrové řepy daleko vyšší než u ostatních plodin. Především přímé náklady (na osivo a sadbu, hnojiva a chemii, na posklizňové práce). Zároveň jsou i vysoké tržby, které se ovšem odvíjí od nastavené smlouvy s cukrovarem. Pokud se společnosti podaří pěstovat cukrovou řepu s minimální cukernatostí 16 % (aby si cukrovar neúčtoval srážky jako náhradu za nižší obsah cukru,

než je domluveno ve smlouvě), je doporučeno držet se horní hranice nastaveného intervalu.

Z dlouhodobého sledování vyplývá, že společnost Rakovec, a. s. pěstuje vždy na minimálně 50 % orné půdy klasické obiloviny (pšenici, ječmen). Zároveň požaduje pěstování ječmene na maximálně 300 ha, z důvodu jeho větší citlivosti i nárokům na skladování. Při splnění těchto dvou podmínek Řešitel doporučuje vyhradit 300 ha půdy pro ječmen a 511,96 ha pro pšenici. V tabulce č. 8 lze pozorovat, že pěstování ječmene přináší dvakrát vyšší zisk než je u pšenice. To je důvodem, proč doporučuje Řešitel využití maximálně dostupnou výměru pro pěstování ječmene. Zajímavé je, že i když přináší ječmen daleko vyšší zisk, společnost dávala vždy přednost pšenici (jak ukazuje tabulka č. 11). I přes svou větší citlivost a vyšší nároky při pěstování, by měla společnost Rakovec, a. s. uvažovat o využití větší výměry orné půdy pro ječmen na úkor pšenice.

Tab. 11 Struktura klasických obilovin [ha]

	2010	2011	2012	2013	2014
Pšenice ozimá	461,27	425,41	416,86	470,78	437,03
Ječmen jarní	202,67	138,76	278,67	189,51	211,71

Zdroj: Vlastní práce

Do osevního plánu zahrnuje model kukuřici na zrno o výměře 153 ha orné půdy. Jak je vidět na řádce 11 (obrázek č. 6), podmínka je splněna na její horní hranici, tzn. orná půda je pro kukuřici na zrno maximálně využita. Podmínka je dána rozhodnutím společnosti dodržovat zásady střídání plodin, tedy pěstovat kukuřici na stejných polích jednou za tři roky tak, aby byla úroda co nejvyšší. Nebýt této podmínky, model by navrhl do optimálního osevního plánu větší výměru pro kukuřici na zrno, z důvodu poměrně vysokého zisku na hektar v porovnání s ostatními plodinami.

Výsledek optimalizace zcela vyřadil z osevního plánu vojtěšku setou. Přestože náklady této plodiny jsou nejnižší, stejně je to i s tržbami a celkový zisk je po řepce ozimé (která je z osevního plánu také vyřazena) nejnižší. Vojtěška je pěstována převážně na okrajových částech orné půdy, kde je riziko poškození úrody. Model nabízí i tyto části využít pro ziskovější plodiny, konkrétně pšenici, jejíž podmínka maximální výměry pro pěstování ještě není zcela naplněna. V případě, že by se společnost i přesto rozhodla na 25 ha pěstovat vojtěšku, klesl by její zisk z rostlinné výroby o 105 865 Kč.

Plodiny, které nepodléhají optimalizaci při maximalizaci zisku, ale jsou zařazeny na přání společnosti Rakovec, a. s. do osevního plánu, jsou kukuřice na siláž a krmná řepa. Důvody zařazení těchto plodin jsou vysvětleny v kapitole Omezující podmínky (str. 50, 51).

#### 4.5.2 Minimalizační model

Pro výpočet optimalizačního modelu, který je zaměřen na hledané výměry plodin při minimálních nákladech, byl opět použit program Microsoft Excel Office 2007 a jeho doplněk Řešitel. V tabulce č. 12 jsou uvedeny výměry v hektarech, které respektují dané omezující podmínky, podmínky nezápornosti a zároveň jejich využití minimalizuje náklady rostlinné výroby.

Tab. 12 Osevní plán při minimalizaci nákladů

	Osevní plocha [ha]
Pšenice ozimá	350,00
Ječmen jarní	300,00
Cukrová řepa	47,00
Kukuřice na siláž	281,00
Krmná řepa	1,10
<i>Celkem</i>	<i>979,10</i>

Zdroj: Vlastní práce

Hodnota účelové funkce (bez nákladů na pěstování krmné řepy) je 30 415 739 Kč.

Na rozdíl od maximalizační úlohy, je podmínka pro pěstování cukrové řepy naplněna na její dolní hranici, tj. při pěstování cukrovky na 47 ha orné půdy. V porovnání s ostatními plodinami jsou u cukrové řepy velmi vysoké náklady na hnojiva a také na posklizňové práce. Tyto práce jsou prováděny službou od externího dodavatele, což je důvodem vyšších nákladů u této položky.

Pro klasické obiloviny, tedy pšenici a ječmen, je navržena optimální výměra 350 ha a 300 ha. Výměra pro ječmen se opět nachází na horní hranici podmínky, z důvodu jeho výše nákladů. Ty jsou druhé nejnižší (po vojtěšce) mezi optimalizovanými plodinami. V případě, že by podmínka pro maximální výměru ječmene byla uvolněna nebo nastavena méně přísně, model by přiřadil k ječmenu vyšší výměru orné půdy na úkor pšenice, jejíž náklady jsou vyšší.

Z osevního plánu minimalizujícího náklady model úplně vyřadil řepku ozimou. Náklady na pěstování této plodiny patří k nejvyšším (hned za cukrovou řepou), dostupná orná půda omezená podmínkou pro střídání plodin není vůbec využita. Řepka ozimá tedy není součástí osevního plánu s minimálními náklady.

Podobně jako řepka, jsou z osevního plánu vyřazeny i kukuřice na zrno, vojtěška setá a žito. Zajímavé je, že model vyloučil celkem čtyři plodiny a přitom není plně využita dostupná obhospodařovaná půda. Řešitel navrhl v modelu s minimálními náklady využít pouze 979,10 ha orné půdy, tzn., nevyužil celých 324,96 ha půdy. Protože model hledá minimální náklady, pak každé rozšíření výměry u plodin pro něj představuje zvýšení nákladů. Navržen je tedy optimální

osevní plán, který prezentuje dodržení omezujících podmínek na jejich dolní hranici tak, aby náklady RV byly co nejnižší. Po splnění podmínek zbytek orné půdy řešitel nevyužije, protože by to zvyšovalo celkové náklady.

Nevyužití veškeré dostupné půdy není pro společnost Rakovec, a. s. přijatelnou variantou. Opravením relace ( $\leq$ ) u podmínky s rozlohou orné půdy, bude levá a pravá strana po výpočtu modelu vyrovnána. Nový tvar omezující podmínky je následující:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 = 1302,96$$

Jak je vidět v tabulce č. 13, upravený osevní plán rozděluje nevyužitých 324,96 ha orné půdy mezi pšenici ozimou, kukuřici na zrno a vojtěšku. Nejprve byla vybrána plodina s nejnižšími náklady (vojtěška setá). Po maximálním využití dostupné půdy z omezující podmínky u vojtěšky, se zbytek volné výměry přesunul ke kukuřici na zrno, jejíž pěstování je spojeno s druhými nejnižšími náklady. Po dosažení maximální volné výměry dané omezující podmínkou u kukuřice na zrno, se posledních 146,96 volných hektarů přesunulo k pšenici.

K plodinám z optimalizace se do osevního plánu zapojí také krmná řepa, u které se náklady nesledují, ale společnost ji pěstuje v minimálním množství (1,10 ha) pro potřeby občanů.

Upravením osevního plánu o podmínku 100% využití dostupné půdy, vzrostly sledované náklady z původních 30 415 739 Kč na 40 102 521 Kč (bez krmné řepy).

Tab. 13 Upravený osevní plán při minimalizaci nákladů [ha]

	Osevní plocha [ha]
Pšenice ozimá	496,96
Ječmen jarní	300,00
Cukrová řepa	47,00
Kukuřice na zrno	153,00
Kukuřice na siláž	281,00
Krmná řepa	1,10
Vojtěška setá	25,00
<i>Celkem</i>	<i>1304,06</i>

Zdroj: Vlastní práce

### 4.5.3 Analýza citlivosti

Analýza citlivosti sleduje stabilitu řešení optimalizace. Čím větší jsou intervaly, ve kterých se mohou vstupní proměnné měnit, aniž by došlo ke změně složení báze, tím stabilnější získané řešení je.

Analýza citlivosti je řešena opět pomocí MS Office Excel 2007, přes doplněk Řešitel, který současně s výsledky optimalizace nabízí i tzv. *citlivostní zprávu*. Ta obsahuje intervaly stability pro cenové koeficienty a pro hodnoty pravé strany omezujících podmínek.

První tabulka citlivostní zprávy pro maximalizační model optimalizace osevního plánu (obrázek č. 8) udává pro každou proměnnou její název, hodnotu (konečná hodnota), redukovaný cenový koeficient (snížené náklady), koeficient účelové funkce (cílový koeficient) a interval stability pro tento koeficient (povolený nárůst/pokles).

Mimo vlastního řešení optimalizace ve sloupci Konečná hodnota, lze z tabulky vyčíst informace ohledně možných změn koeficientů účelové funkce. Sloupce Povolený nárůst a Povolený pokles udávají interval, ve kterém se může koeficient účelové funkce změnit, aniž by došlo ke změně optimálního řešení úlohy.

Sloupec Snížené náklady představuje tzv. redukovaný cenový koeficient. Tento koeficient udává, jak moc se musí změnit hodnota koeficientu účelové funkce (odhad zisku v Kč/ha) u dané proměnné (plodiny), aby byla zařazena do návrhu osevního plánu. Např. v případě řepky ozimé musí vzrůst její původní odhadovaný zisk až o 6786 Kč, aby byla zařazena do osevního plánu.

A	B	C	D	E	F	G	H
6	Měněné buňky						
7			Konečná	Snížené	Cílový	Povolený	Povolený
8	Buňka	Název	hodnota	náklady	koeficient	nárůst	pokles
9	ŠE\$2	Pšenice ozimá (x1)	511,96	0,00	6 984,00	5 231,00	4 235,00
10	ŠE\$3	Ječmen jarní (x2)	300,00	0,00	12 215,00	1E+30	5 231,00
11	ŠE\$4	Řepka ozimá (x3)	0,00	-6 786,00	198,00	6 786,00	1E+30
12	ŠE\$5	Cukrová řepa (x4)	57,00	0,00	23 289,00	1E+30	16 305,00
13	ŠE\$6	Kukuřice na zrno (x5)	153,00	0,00	16 189,00	1E+30	9 205,00
14	ŠE\$7	Vojtěška setá (x7)	0,00	-4 235,00	2 749,00	4 235,00	1E+30
15							
16	Omezující podmínky						
17			Konečná	Stínová	Omezující podmínka	Povolený	Povolený
18	Buňka	Název	hodnota	cena	Pravá strana	nárůst	pokles
19	ŠC\$9	Střídání plodin - řepka ozimá	0,00	0,00	326,00	1E+30	326,00
20	ŠC\$10	Střídání plodin - cukrová řepa	57,00	0,00	326,00	1E+30	269,00
21	ŠC\$11	Střídání plodin - kukuřice na zrno	153,00	9 205,00	153,00	161,96	153,00
22	ŠC\$12	Střídání plodin - vojtěška setá	0,00	0,00	434,00	1E+30	434,00
23	ŠC\$19	Nedostupné plochy (vojtěška setá)	0,00	0,00	25,00	1E+30	25,00
24	ŠC\$18	Dodavatelské smlouvy (cukrová řepa)	57,00	16 305,00	57,00	161,96	10,00
25	ŠC\$17	Dodavatelské smlouvy (cukrová řepa)	57,00	0,00	47,00	10,00	1E+30
26	ŠC\$16	Dostupná rozloha orné půdy	1 021,96	6 984,00	1 021,96	466,04	161,96
27	ŠC\$14	Diverzifikace plodin - pšenice ozimá	511,96	0,00	978,00	1E+30	466,04
28	ŠC\$13	Diverzifikace plodin - pšenice + ječmen	811,96	0,00	650,00	161,96	1E+30
29	ŠC\$15	Diverzifikace plodin - ječmen jarní	300,00	5 231,00	300,00	511,96	300,00

Obr. 8 Citlivostní zpráva maximalizačního modelu (Zdroj: Vlastní práce)

Druhá tabulka citlivostní zprávy pro maximalizační model se věnuje omezujícím podmínkám. Obsahuje pro každou podmínku její název, hodnotu levé a pravé strany (konečná hodnota a pravá strana podmínky), stínovou cenu a interval stability pro hodnotu pravé strany podmínky (povolený nárůst a povolený pokles).

V tabulce lze pozorovat, do jaké míry byly naplněny omezující podmínky. Tam kde se hodnoty sloupců Konečná hodnota a Pravá strana podmínky rovnají, byla podmínka splněna na její horní hranici (např. na řádce 26 u podmínky dostupné rozlohy orné půdy). Podmínka není naplněna v plné výši např. na řádce 20, kde zásada střídání plodin udává možnost pěstovat cukrovou řepu na maximální rozloze 326 ha, přičemž ve výsledku optimalizace bylo řepě věnováno pouze 57 ha.

Hodnota stínové ceny v citlivostní zprávě udává, jak by se změnila hodnota účelové funkce, kdyby se pravá strana podmínky změnila o jednotku. Např. změnou rozlohy obhospodařované půdy o jeden hektar se změní zisk z RV o 6984 Kč.

Citlivostní zpráva pro minimalizační model optimalizace osevního plánu je uvedena v příloze č. 6.

Vzhledem k rozsahu intervalů, ve kterém se mohou vstupní proměnné měnit, aniž by došlo ke změně optimálního řešení, lze pokládat maximalizační i minimalizační model optimalizace osevního plánu za stabilní.

#### 4.5.4 Porovnání výsledků optimalizace se skutečným osevním plánem

Výsledky maximalizační úlohy, minimalizační úlohy a skutečný osevní plán společnosti Rakovec, a. s., prezentuje tabulka č. 14.

Tab. 14 Srovnání výsledků optimalizace a skutečného stavu

	Maximalizační úloha	Minimalizační úloha	Skutečný osevní plán společnosti	
	Osevní plocha [ha]	Osevní plocha [ha]	Osevní plocha [ha]	
<i>Celkem</i>	1304,06	1304,06	1304,06	
Pšenice ozimá	511,96	496,96	443,00	
Ječmen jarní	300,00	300,00	195,00	
Řepka ozimá	0,00	0,00	83,00	
Cukrová řepa	57,00	47,00	53,00	
Kukuřice na zrno	153,00	153,00	120,00	
Kukuřice na siláž	281,00	281,00	343,00	
Vojtěška setá	0,00	25,00	20,96	
Žito	0,00	0,00	45,00	
Krmná řepa	1,10	1,10	1,10	
	Zisk:	Náklady:	Zisk:	Náklady:
	11 044 419 Kč	40 102 521 Kč	8 725 369 Kč	41 501 385 Kč

Zdroj: Vlastní práce

Při srovnání osevního plánu společnosti Rakovec, a. s. s návrhy osevních plánů pro maximalizaci zisku a minimalizaci nákladů, sledujeme tyto odlišnosti:

- Skutečná výměra pro pšenici ozimou (tedy 443 ha) je menší než v navrhovaném maximalizačním i minimalizačním modelu. Pšenice patří k méně náročným plodinám na pěstování i skladování. Také z toho důvodu zaujímá první místo v počtu hektarů mezi plodinami osevního plánu společnosti Rakovec, a. s.
- Ječmen pěstuje společnost na nižší výměře, než kterou navrhuje oba modely. Kvalitní sladovnický ječmen má nižší pěstitelské náklady, ale vyšší citlivost na půdní podmínky a povětrnostní podmínky, agrotechnické zásady, atd. Jeho pěstování doprovází řada zásad, které je nutno dodržet pro dosažení maximální kvality zrna. Při sklizni se dbá na co nejmenší poškození zrna. Velká náročnost se klade na skladování, aby se udržela sladovnická kvalita.
- Řepka ozimá byla z důvodu vysokých nákladů a zanedbatelného zisku z obou návrhů vyloučena. V osevním plánu společnosti ovšem zůstává, a to na výměře 83 ha půdy. Její sklizeň probíhá v období červen-červenec a po ní volně navazují další žňové práce.
- Výměra pro cukrovou řepu je dána dodavatelskou smlouvou. Rozhodnutí společnosti o jejím rozsahu pěstování se téměř shoduje i s nabízenými výsledky optimalizace.
- Maximalizační i minimalizační model navrhuje pěstovat kukuřici na zrno ve větším množství, než které bylo určeno ve skutečnosti. U této plodiny bylo rozhodnuto o menší výměře především z důvodu náročnosti sklizňových prací (i s ohledem souběžnou sklizeň kukuřice na siláž) a rizika špatného počasí, které by úrodu znehodnotilo.
- Na druhou stranu kukuřici na siláž je věnována větší výměra, než je potřeba pro chod bioplynové stanice. Jde o „pojištění“ pro případ špatné úrody, problémům u pozdní sklizně, atd.
- Pro vojtěšku je v osevním plánu vyhrazeno 20,96 ha půdy. Jak bylo uvedeno, jde o částí orné půdy, méně vhodné pro jiné plodiny. Maximalizační úloha vojtěšku vyřazuje z osevního plánu z důvodu malého zisku.
- Žito je naposledy zařazeno do osevního plánu, v roce 2016 se od pěstování žita upustí. To je také důvod, proč se neobjevuje v maximalizačním modelu. I minimalizační model jej s ohledem na náklady z osevního plánu vyřadil.
- Výměra krmné řepy (vstupující do modelů jako omezující podmínka) se shoduje s výsledky z optimalizace.

Pro skutečný osevní plán společnosti Rakovec, a. s. byl vypočítán předpokládaný zisk (na základě odhadu zisků u jednotlivých plodin) a předpokládané náklady (jako součin výměry a odhadu nákladů u každé plodiny).

- Zisk z RV je vyčíslen v hodnotě 8 725 369 Kč. To je o 2 319 050 Kč méně než je odhad zisku v maximalizační úloze.
- Návrh osevního plánu při minimalizaci nákladů kalkuluje náklady v hodnotě 40 102 521 Kč. Dodržením popsaného osevního postupu by se měly společnosti snížit náklady až o 1 398 864 Kč.

Cílem optimalizace bylo navrhnout osevní plán společnosti tak, aby jeho splněním maximalizovala zisk, případně minimalizovala náklady. Jak uvádí výsledky z tabulky č. 14, oba dva optimalizované osevní plány svůj úkol splňují.

#### 4.5.5 Doporučení pro společnost Rakovec, a. s.

Na základě dodaných podkladů byly sestaveny dva osevní plány (pro minimalizaci nákladů a maximalizaci zisku). Matematické modely, vypočítané za pomoci programu Microsoft Excel Office 2007, navrhnou nové osevní plány, které mohou přispět k lepším výsledkům hospodaření společnosti.

Po vyhodnocení výsledků obou matematických modelů, je doporučeno provést několik změn v jejich současném osevním plánu. Sledování nákladů je pro společnost důležité, ale prvořadým cílem je maximalizovat zisk. Doporučení pro Rakovec, a. s. proto vychází především z maximalizačního lineárního modelu.

1. Prvním doporučením je maximálně využít veškerou dostupnou ornou půdu. To znamená z osevního plánu vyřadit málo ziskovou vojtěšku setou a využít i malé části půdy pro ziskovější plodiny. Také je doporučeno zrušit žito (což je v souladu s rozhodnutím společnosti pro další rok) a řepku ozimou. Zařazení řepky do osevního plánu vychází již z dlouhodobého vývoje společnosti. Jde o plodinu, která uzrává jako první (červenec), pro její sklizeň je dostatek času i volné kapacity. Zároveň jde o jednu z nejnáročnějších plodin, co se týče výživy a hnojení. Její náklady patří k nejvyšším mezi plodinami osevního plánu. Zisk z řepky je zanedbatelný, proto je doporučeno ji z osevního plánu společnosti vyřadit.
2. Výměru pro cukrovou řepu ovlivňuje dodavatelská smlouva s cukrovarem. Její optimalizace je tedy velmi omezená. Je výhodné nabídnout k odkupu maximálně možné množství cukrovky, které smlouva dovoluje, s ohledem na vyšší zisk z jejího prodeje.
3. Celková výměra pro kukuřici v maximalizačním modelu (434 ha) téměř odpovídá skutečné výměře (463 ha) v osevním plánu společnosti. Rozdíl je v rozložení množství hektarů mezi kukuřicí na siláž a kukuřicí na zrno. Společnost se rozhodla pěstovat větší množství silážní kukuřice. Ta zajišťuje chod bioplynové stanice. Úroda, z půdy o rozloze vyšší než 281 ha, je pro společnost zaručením pro případ špatného počasí, neúrody, problémům s technikou, atd. Pro vyšší zisk z RV je ovšem vhodnější pěstovat více kukuřice na zrno, která je prodána na trhu. Doporučení pro společnost je omezit pěstování kukuřice na siláž pouze na minimální množství (281 ha) s tím, že v případě nedostatku biomasy do BPS je možno použít i kvalitnější kukuřici



na zrno. Pokud žádný problém se sklizní silážní kukuřice nenastane, potom větší množství kukuřice na zrno přinese vyšší zisk.

4. K vyššímu zisku vede i vyšší výměra ječmene jarního. Doporučuji zvýšit výměru ječmene na úkor pšenice ozimé. I přesto, že jde o náročnější plodinu s rizikem (při nižší kvalitě zrna se podstatně snižuje výkupní cena), odhadovaný zisk z hektaru je 1,75krát tak velký než u pšenice.
5. Pro hlavní plodinu, pšenici ozimou, model vyčlenil veškerý zbytek volné orné půdy, která je k dispozici po splnění omezujících podmínek. Výměra u pšenice je ve skutečném osevním plánu (i v maximalizačním modelu) nejvyšší. Společnost ji považuje za plodinu „s jistotou“, nevadí ji delší doba skladování, prodává se snadno i v zahraničí. Po splnění předchozích návrhů ohledně zařazení plodin do osevního plánu a jejich výměr, doporučuji zbytek orné půdy věnovat na pěstování pšenice ozimé.

## 5 Diskuse a závěr

Cílem práce bylo optimalizovat osevní plán pro rostlinnou výrobu společnosti Rakovec, a. s. tak, aby při jeho aplikaci dosáhla maximálního zisku, nebo minimálních nákladů. Návrh osevního plánu musí být v souladu se zásadami rostlinné výroby (střídání plodin, agrotechnické postupy, atd.), musí respektovat požadavky společnosti Rakovec, a. s. a současně přinášet maximální zisk (nebo minimální náklady).

První část práce obsahuje teoretické znalosti především z oblasti operačního výzkumu (lineární programování, matematické modelování, optimalizace) a rostlinné výroby (osevní postupy, střídání plodin, atd.). Získané teoretické poznatky jsou čerpány z odborných publikací uvedených v části Literatura.

Shromážděné teoretické znalosti byly aplikovány na společnost Rakovec, a. s., za účelem optimalizace osevního plánu pomocí prostředků lineárního programování.

V úvodu praktické části práce je představen zemědělský podnik Rakovec, a. s. Je popsán historický vývoj společnosti, jeho současný osevní plán včetně informací o využití dostupné orné půdy, skladovacích kapacitách, zemědělské technice, i o zapojení do dotačních programů.

Po seznámení s činností společnosti byla slovně formulována optimalizační úloha. Následovalo sestavení maximalizačního matematického modelu, minimalizačního matematického modelu a byly stanoveny omezující podmínky. Modely byly řešeny v programu Microsoft Office Excel 2007. Výsledky maximalizačního i minimalizačního modelu byly podrobeny analýze citlivosti a byly vyhodnoceny jako stabilní.

Na základě výpočtu optimálního osevního plánu, je společnosti Rakovec, a. s. doporučeno maximálně využít dostupnou ornou půdu pro plodiny přinášející nejvyšší zisk. Z osevního plánu je vyřazena řepka ozimá, vojtěška setá i žito. Dále je navrženo věnovat více prostoru pro pěstování ječmene jarního a kukuřice na zrno, jejichž zařazení do osevního plánu nese vyšší zisky. V souladu se skutečným stavem ve společnosti, model vypočítal největší výměru orné půdy pro pšenici ozimou.

S výsledky práce byli seznámeni zástupci společnosti Rakovec, a. s. Jejich osevní plán vychází z dlouhodobého vývoje a jako takový, se zdá být vhodný. Pozitivně hodnotili především analýzu nákladů a zisků. Na základě doporučení uvedených v DP uvažují, že v příštím roce 2016 budou věnovat více prostoru pro ječmen jarní, omezí (nebo zruší) řepku ozimou a jak již dříve rozhodli, z osevního plánu vyřadí žito. Prozatím nebudou měnit svá rozhodnutí ohledně výměry pro pěstování kukuřice na siláž a kukuřice na zrno, které model navrhuje v opačném poměru než je skutečný stav ve společnosti. Důvodem je zajištění bezproblémového chodu bioplynové stanice, což je pro společnost prioritou.

Osevní postup a následně úrodu z rostlinné výroby ovlivňuje řada skutečností, které nelze do optimalizace zahrnout. Není vhodné bez rozmyslu uplatnit výsledky optimalizace v reálném prostředí podniku. Vypočítané hodnoty vychází

---

ze značně zjednodušené úlohy, protože určité okolnosti není možné matematicky modelovat. Jde o doporučení, která společně se zkušenostmi agronoma mohou inspirovat společnost při sestavování osevního plánu.

## 6 Literatura

- BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M. *Základní metody operační analýzy*. 1. vyd. Praha: Credit, 2002. 244 s. ISBN: 80-213-0951-2.
- ČVANČAROVÁ, Z. *Podniková ekonomika A*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007, 309 s. ISBN 978-80-248-1421-6.
- DUDORKIN, J. *Operační výzkum*. 4. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 296 s. ISBN 80-01-02469-5.
- EISELT, H. A., SANDBLOM, C-L. *Operations Research: A Model-Based Approach*. 2. vyd. London: Springer, 2012, 459 s. ISBN 978-3-642-31053-9.
- FOTR, J., SOUČEK, I. *Podnikatelský záměr a investiční rozhodování*. Praha: Grada, 2005, 356 s. ISBN 80-247-0939-2.
- GROS, I. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003, 432 s. ISBN 80-247-0421-8.
- HIRA, D. S. *Operations Research*. India: Rajendra Ravindra Printers, 1992, 1377 s. ISBN 81-219-0281-9.
- HOLOUBEK, J. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. 153 s. ISBN 978-80-7375-411-2.
- CHEEMA, D.S. *Operation Research*. New Delhi: Laxmi Publications, 2005. 923 s. ISBN: 978-81-7008-755-7.
- CHLOUPEK, O., PROCHÁZKOVÁ, B., HRUDOVÁ, E. *Pěstování a kvalita rostlin*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005, 181 s. ISBN 80-7157-897-5.
- JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum: Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 324 s. ISBN 978-80-8694-644-3.
- JARUŠKOVÁ, R. Ve Velešovicích vyrobí bioplyn hlavně z kukuřice. *Vyškovský deník*. Vyškov, 2010, č. 61, s. 3. ISSN 1802-0925.
- KOSTELANSKÝ, F. *Obecná produkce rostlinná*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 212 s. ISBN 978-80-7157-765-2.
- LHOTSKÁ, D., FIEDLEROVÁ M. Snížil se podíl orné půdy, zlepšila se užitkovost. *Statistika & my*. Praha: Český statistický úřad, 2014, roč. 4, č. 07-08/2014. s. 24-25. ISSN 1804-7149.
- MAROS, I. *Computational Techniques of the simplex method*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2003, 327 s. ISBN 1-4020-7332-1.
- NĚMEC, J. *Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky*. Praha: VÚZE, 2001, 257 s. ISBN 80-85898-90-X.
- PLEVNÝ, M., ŽIŽKA, M. *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2005, 298 s. ISBN 80-7043-435-X.

- SYNEK M. A KOL. *Manažerská ekonomika*. 5. vyd. Praha: Grada Publishing, 2011, 480 s. ISBN 978-80-247-3494-1.
- ŠNOBL, J., PULKRÁBEK, J., A KOL. *Základy rostlinné produkce*. 2. vyd. Praha: Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze, 2007, 172 s. ISBN 978-80-213-1340-8.
- WÖHE, G., KISLINGEROVÁ, E. *Úvod do podnikového hospodářství*. 2. přepracované a doplněné vydání. Praha: C. H. Beck, 2007, 928 s. ISBN 978-80-7179-897-2.
- ZÍSKAL, J., HAVLÍČEK, J. *Ekonomicko matematické metody I (Studijní texty pro distanční studium)*. 2. vyd. Praha: Provozně ekonomická fakulta ČZU v Praze, 2009, 262 s. ISBN 978-80-213-0761-2.
- ŽLÁBKOVÁ, L. Zemědělci chtějí sít cukrovku už v únoru. *Právo*. Praha: Bogris, a.s., 2015, roč. 25, č. 35, s. 4. ISSN 1211-2119.
- AGROSERVER. *Reporty* [online]. Praha, 2015 [cit. 2015-01-15]. Dostupné z www: <<http://www.agroserver.cz/report>>
- CZBA. Česká bioplynová asociace. *Co je bioplyn?* [online]. České Budějovice: Česká bioplynová asociace o. s., 2014 [cit. 2015-01-15]. Dostupné z www: <<http://www.czba.cz/bioplyn/>>
- EAGRI. *Dotace* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2015-03-02]. Dostupné z www: <<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/?fullArticle=1>>
- EAGRI. *Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2015-02-20]. Dostupné z www: <<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/dobry-zemedelsky-a-environmentalni-stav/?fullArticle=1>>
- JUSTICE. *Veřejný rejstřík a Sbírka listin* [online]. Praha: Ministerstvo spravedlnosti České republiky, 2015 [cit. 2015-02-01]. Dostupné z www: <<https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-firma.vysledky?subjektId=553795&yp=PLATNY>>
- LPIS. Veřejný registr půdy [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2015-24-02]. Dostupné z www: <<http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny/>>
- SZIF. *Národní platby* [online]. Praha: Státní zemědělský intervenční fond, 2014 [cit. 2015-01-10]. Dostupné z www: <<https://www.szif.cz/cs/narodni-dotace>>
- SZIF. *Návrh rozpočtu státního zemědělského intervenčního fondu na rok 2015* [online]. Praha: Státní zemědělský intervenční fond, 2014 [cit. 2015-02-03]. Dostupné z www: <<http://www.szif.cz/cs/tiskove-zpravy-szif>>
- SZIF. *Přímé platby* [online]. Praha: Státní zemědělský intervenční fond, 2014 [cit. 2015-01-10]. Dostupné z www: <<https://www.szif.cz/cs/prime-platby>>

Rozbor hospodaření za rok 2013 a 2014, Rakovec, a.s., Velešovice

Zákon č. 42/1992 Sb. o úpravě majetkových vztahů a vypořádání majetkových nároků v družstvech.

## 7 Seznam tabulek a obrázků

### Seznam tabulek

Tab. 1	Vztah souměrně a nesouměrně sdružených úloh	22
Tab. 2	Simplexová tabulka	25
Tab. 3	Redukované a stínové ceny	27
Tab. 4	Celkové náklady v roce 2013	44
Tab. 5	Hektarové výnosy plodin v letech 2010–2014	45
Tab. 6	Odhad tržních cen pro rok 2015	45
Tab. 7	Odhad dotací pro rok 2015	46
Tab. 8	Koeficienty účelové funkce	47
Tab. 9	Časový odstup plodin pěstovaných na jednom místě	49
Tab. 10	Osevní plán při maximalizaci zisku	57
Tab. 11	Struktura klasických obilovin	58
Tab. 12	Osevní plán při minimalizaci nákladů	59
Tab. 13	Upravený osevní plán při minimalizaci nákladů	60
Tab. 14	Srovnání výsledků optimalizace a skutečného stavu	62

**Seznam obrázků**

Obr. 1	Vstupy a výstupy modelu matematického programování	18
Obr. 2	Schéma simplexového algoritmu	24
Obr. 3	Funkce Řešitel v Microsoft Excel	26
Obr. 4	Zemědělské výrobní oblasti	30
Obr. 5	Schéma BPS	38
Obr. 6	Vstupní data a výsledky maximalizačního modelu	54
Obr. 7	Vstupní data a výsledky minimalizačního modelu	56
Obr. 8	Citlivostní zpráva maximalizačního modelu	61



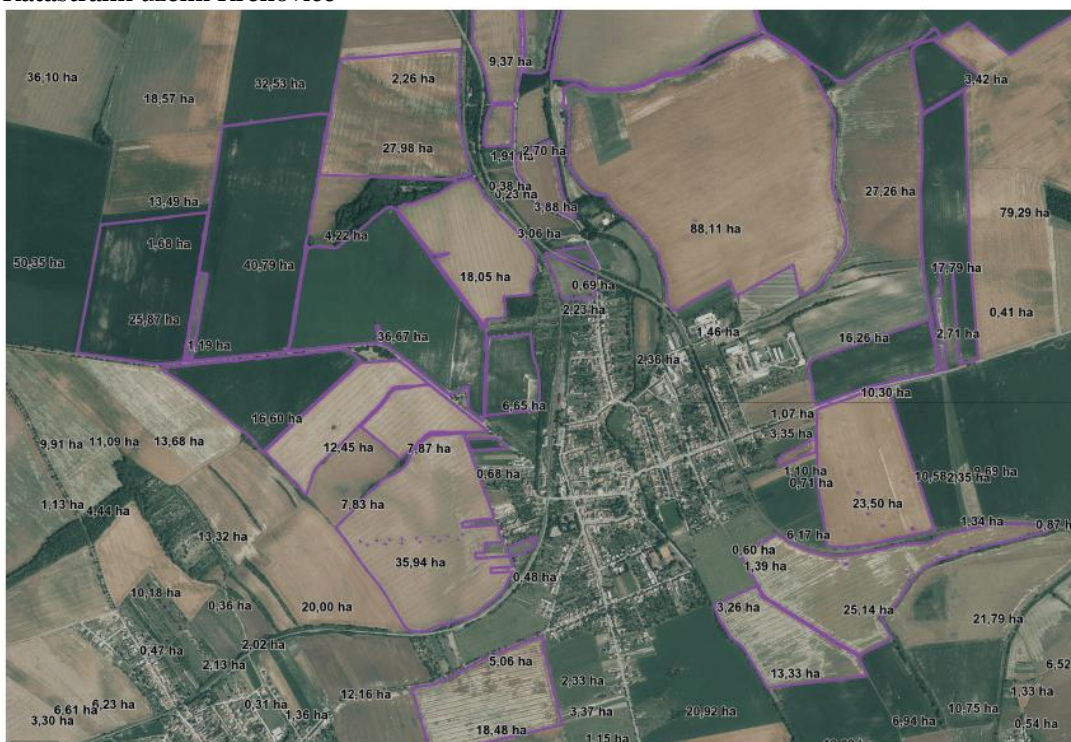


## Příloha č. 2: Obhospodařované půdy v k. ú. Velešovice, Křenovice, Holubice (LPIS, 2015)

### Katastrální území Velešovice



### Katastrální území Křenovice



## Katastrální území Holubice



Příloha č. 3: Nastavení parametrů Řešitele pro maximalizační úlohu (Zdroj: Vlastní práce)

Parametry Řešitele

Nastavit buňku:

Rovno:  Max  Min  Hodnota:

Měněné buňky:

Omezující podmínka:

- 
- 
- 
- 
- 
- 

Buttons: Řešit, Zavřít, Možnosti, Vynulovat, Nápořádá, Přidat, Změnit, Odstranit, Odhad.

Možnosti Řešitele

Maximální čas:  sekund

Iterace:

Přesnost:

Tolerance:  %

Konvergence:

Lineární model  Automatické měřítko

Nezáporná čísla  Zobrazit výsledek iterace

Extrapolace:  Lineární  Kvadratická

Derivace:  Standardní  Přesná

Metoda:  Newtonova  Sdružená

Buttons: OK, Storno, Načíst model..., Uložit model..., Nápořádá.

Příloha č. 4: Nastavení parametrů Řešitele pro minimalizační úlohu (Zdroj: Vlastní práce)

Parametry Řešitele

Nastavit buňku:

Rovno:  Max  Min  Hodnota:

Měněné buňky:

Omezující podmínka:

- 
- 
- 
- 
- 
- 

Buttons: Řešit, Zavřít, Možnosti, Vynulovat, Nápořádá, Přidat, Změnit, Odstranit, Odhad.

## Příloha č. 5: Náklady a tržby [Kč/ha] (Zdroj: Vlastní práce)

## Náklady po položkách v Kč/ha

	Přímé náklady				Nepřímé náklady			Celkem [Kč/ha]
	Osivo, sadba	Hnojiva, chemie	Posklizňové práce	Ostatní	Stroje	Režie RV	Správní režie	
Pšenice ozimá	2 928	10 679	878	1 137	11 046	2 204	2 573	<b>31 445</b>
Ječmen jarní	2 939	6 659	765	954	10 628	2 223	2 157	<b>26 325</b>
Řepka ozimá	2 563	15 558	267	2 751	11 775	2 223	3 136	<b>38 272</b>
Cukrová řepa	4 890	17 753	9 636	3 774	9 522	2 211	4 275	<b>52 061</b>
Kukuřice na zrn	3 538	5 227	1 992	3 470	10 923	2 224	2 427	<b>29 800</b>
Kukuřice na siláž	2 726	6 734	3 665	3 115	9 872	2 224	3 926	<b>32 262</b>
Vojtěška setá	750	122	1 969	1 416	13 690	2 397	26	<b>20 249</b>
Žito pro BPS	5 015	8 489	1 730	1 844	9 999	2 224	2 600	<b>31 902</b>

## Tržby v Kč/ha

	Hektarový výnos [q/ha]	Tržní ceny [Kč/q]	Tržby [Kč/ha]
Pšenice ozimá	63,91	504,70	32 255,38
Ječmen jarní	53,10	609,50	32 365,67
Řepka ozimá	32,83	968,60	31 799,14
Cukrová řepa	718,53	78,40	56 333,07
Kukuřice na zrn	89,53	444,70	39 814,88
Vojtěška setá	70,10	240,00	16 824,00

## Příloha č. 6: Citlivostní zpráva minimalizačního modelu (Zdroj: Vlastní práce)

	A	B	C	D	E	F	G	H
6	Měněné buňky							
7								
8	<b>Buňka</b>	<b>Název</b>		<b>Konečná hodnota</b>	<b>Snížené náklady</b>	<b>Cílový koeficient</b>	<b>Povolený nárůst</b>	<b>Povolený pokles</b>
9	ŠE\$2	Pšenice ozimá (x1)		496,96	0,00	31 445,00	457,00	1 645,00
10	ŠE\$3	Ječmen jarní (x2)		300,00	0,00	26 325,00	5 120,00	1E+30
11	ŠE\$4	Řepka ozimá (x3)		0,00	6 827,00	38 272,00	1E+30	6 827,00
12	ŠE\$5	Cukrová řepa (x4)		47,00	0,00	52 061,00	1E+30	20 616,00
13	ŠE\$6	Kukuřice na zrno (x5)		153,00	0,00	29 800,00	1 645,00	1E+30
14	ŠE\$7	Kukuřice na siláž (x6)		281,00	0,00	32 262,00	1E+30	2 462,00
15	ŠE\$8	Vojtěška setá (x7)		25,00	0,00	20 249,00	11 196,00	1E+30
16	ŠE\$9	Žito pro BPS (x8)		0,00	457,00	31 902,00	1E+30	457,00
17								
18	Omezující podmínky							
19								
20	<b>Buňka</b>	<b>Název</b>		<b>Konečná hodnota</b>	<b>Stínová cena</b>	<b>Omezující podmínka Pravá strana</b>	<b>Povolený nárůst</b>	<b>Povolený pokles</b>
21	ŠC\$11	Střídání plodin - řepka ozimá		0,00	0,00	326,00	1E+30	326,00
22	ŠC\$12	Střídání plodin - cukrová řepa		47,00	0,00	326,00	1E+30	279,00
23	ŠC\$14	Střídání plodin - vojtěška setá		25,00	0,00	434,00	1E+30	409,00
24	ŠC\$19	Vstup pro BPS (kukuřice na siláž)		281,00	2 462,00	281,00	153,00	281,00
25	ŠC\$18	Dostupná rozloha orné plochy		1 302,96	31 445,00	1 302,96	481,04	146,96
26	ŠC\$20	Dodavatelské smlouvy (cukrová řepa)		47,00	20 616,00	47,00	10,00	47,00
27	ŠC\$22	Nedostupné plochy (vojtěška setá)		25,00	-11 196,00	25,00	146,96	25,00
28	ŠC\$21	Dodavatelské smlouvy (cukrová řepa)		47,00	0,00	57,00	1E+30	10,00
29	ŠC\$15	Diverzifikace plodin - pšenice + ječmen		796,96	0,00	650,00	146,96	1E+30
30	ŠC\$16	Diverzifikace plodin - ječmen jarní		300,00	-5 120,00	300,00	496,96	300,00
31	ŠC\$13	Střídání plodin - kukuřice (na zrno + na siláž)		434,00	-1 645,00	434,00	146,96	153,00
32	ŠC\$17	Diverzifikace plodin - pšenice ozimá		496,96	0,00	978,00	1E+30	481,04