

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

---



STUDIJNÍ OBOR: VŠEOBECNÉ ZEMĚDĚLSTVÍ  
KATEDRA: AGROEKOLOGIE  
SEKCE: AGROCHEMIE A PEDOLOGIE

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Téma: Systémová analýza zvoleného zemědělského podniku v podhorské oblasti při zaměření na produkci bioenergie**

Vedoucí diplomové práce:  
Prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.

Konzultant diplomové práce:  
Ing. Marie Šindelářová, CSc.

Autor: Jana Hambergerová

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Katedra agroekologie  
Akademický rok: 2005/2006

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jana HAMBERGEROVÁ**  
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Všeobecné zemědělství - sp. využ. a ochr. zem. krajiny**

Název tématu: **Systémová analýza zvoleného zemědělského podniku  
v podhorské oblasti při zaměření na produkci bioenergie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Ve zvoleném zemědělském podniku v podhorské oblasti v jihočeském regionu budou získány podklady pro analýzu vnitřní struktury zemědělské soustavy, a to zejména plochy sklizně a výnosy plodin, spotřeba minerálních hnojiv, stavy skotu podle jednotlivých kategorií. Údaje budou zjištěny za delší časovou řadu (dle možnosti 7 - 10 let). Z těchto podkladů budou vypočteny parametry vnitřní struktury zemědělské soustavy a vyhodnocen jejich průběh v čase, případně vzájemné závislosti.

Na základě provedené analýzy bude vypracován návrh - výpočet vnitřní struktury zemědělské soustavy při zaměření na produkci bioenergie (bioplyn, obiloviny na výrobu etanolu, řepka jako energetická plodina). Výpočet bude proveden s použitím metody uhlíkové bilance. Budou vyjádřeny limity pro produkci bioenergie ve zvoleném zemědělském podniku. Podrobná metodika bude dohodnuta s vedoucím diplomové práce.


Rozsah práce: 40 - 60 stran  
Rozsah příloh: cca 10 grafů a map  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:


- Kára J.: Motorová paliva z biomasy v České republice. Zeměd. Inform., Praha, ÚZPI, 2001, č. 25, 40 s.  
Křepelka V.: Využití bioetanolu jako paliva v zemědělství. Stud. Infom., Ř. Zeměd. Techn. a Stavby, Praha. ÚZPI, 1997, č. 4, 37 s.  
Kudrna K.: Zemědělské systémové inženýrství, jeho cíle, metody a uplatnění v zemědělských soustavách. Centrum pro zemědělské soustavy, Neuměřice, 1996, 56 s.  
Kudrna K., Šindelářová M.: K problému uzavřené zemědělské soustavy na energetickém principu. Coll. Sci. Pap., Fac. Agric. Č. Budějovice, Ser. Crop. Sci., 17, 2000 (2): 121-129.  
Šoch M.: Agroenergetika a její zapojení do výuky na FŽP Ústí nad Labem. Výroba a využití bioplynu. ZF JU České Budějovice, 1996, 58 s.  
Váňa J., Slejška A.: Bioplyn z rostlinné biomasy. Stud. Inform., Ř. Rostl. Vyr., Praha, ÚVTI, 1998, č. 5, 41 s.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.**  
Katedra agroekologie  
Konzultant diplomové práce: **Ing. Marie Šindelářová, CSc.**  
Katedra agroekologie  
Datum zadání diplomové práce: **1. března 2006**  
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2008**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení ④  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.  
děkanka

L.S.

  
prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 1. března 2006

### **Prohlášení:**

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma: „Systemová analýza zvoleného zemědělského podniku v podhorské oblasti při zaměření na produkci bioenergie“ jsem vypracovala samostatně, na základě vlastních zjištění a materiálů uvedených v seznamu použité literatury.

Dále prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Ve Vadkově dne 20. 4. 2008

.....  
Podpis

## **Poděkování:**

Na tomto místě bych chtěla poděkovat své diplomové konzultantce paní Ing. Marii Šindelářové, CSc. za vedení, cenné rady a poskytnutou pomoc při zpracování této práce.

Dále bych chtěla poděkovat ZOD Němčice, jmenovitě panu Františku Žáčkovi za poskytnutí potřebných údajů a ochotu mi pomoci.

Také bych chtěla poděkovat svým rodičům za podporu a umožnění studia na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích.

## Použité symboly a označení

C-bilance	uhlíková bilance
$C_2^P$	Planckova konstanta – přepočítávací koeficient sušiny pícnin na objem zrna obilovin ( $C_2^P = 1,4388$ )
DJ	dobytčí jednotka (500 kg)
Ems	množství transformované energie z rostlinných společenstev a minerálních látek z půdy, vyjádřené mikrobními společenstvy
Es	energie slunečního záření
Ers	energie rostlinných společenstev
ETA 0	suchá hmota jednoletých pícnin na jednotku hlavních uhlíkatých zdrojů
ETA 2	poměr zrna k uhlíkatým zdrojům
ETBE	etyl-tercetyl-éter
$G_{ps}$	geologickopetrografický substrát
$h_s$	úhrn srážek za vegetaci v roce $Y_{max}$
$h_{sn}$	srážky ve sledovaném období
hz	hustota skotu [ $DJ * ha^{-1}$ ]
$k_n$	krmná norma pro skot [ $t * DJ^{-1} * ha^{-1}$ ]
$k_{1-4}$	přepočítávací koeficienty pro jednotlivé plodiny
$k_1$	1,00
$k_2$	0,75
$k_4$	0,50
i	indexy jednotlivých plodin a skupin plodin: 0 – jednoleté pícniny 1 – víceleté pícniny 2 – obiloviny 2 <sub>z</sub> – zrno obilovin 2 <sub>sl</sub> – sláma obilovin 3 – brambory 4 <sub>a</sub> – louky 4 <sub>b</sub> – pastviny

5 – řepka

ri – rhizomy

MEŘO	metylester řepkového oleje
MTBE	metyl-tercbutyl-éter
$N_h$	nadmořská výška
OMEGA 2	poměr sumy aktivního uhlíku k objemu sklizně zrna obilovin
$P_{or}$	plocha orné půdy [ha]
$P_Z$	plocha zemědělské půdy [ha]
$t_c$	úhrn teplot za vegetaci v roce $Y_{max}$
$t_{cn}$	teplota sledovaného období (dekáda, měsíc)
$Y_i$	výnos plodiny [ $t \cdot ha^{-1}$ ]
$Y_{max}$	maximální dosažený výnos v delší časové řadě
$Y_{S_i}$	výnos suché hmoty plodiny [ $t \cdot ha^{-1}$ ]
ZS	zemědělská soustava
$\Sigma C_k$	aktivní uhlík po konverzi polygastrickými zvířaty
$\Sigma Y_S$	celková sklizeň suché hmoty všech plodin [t]
$\Sigma Y_{S_i}$	celková sklizeň suché hmoty plodiny [t]
$\Sigma Z$	celkový počet zvířat [DJ]
$\zeta_2$	parametr vyjadřující poměr zdrojů a spotřebitelů uhlíku pro strukturu ( $Y_{S(1+4)} P_{(1+4)} \leftrightarrow (Y_{S_2} P_2)$ )
$\zeta_3$	parametr vyjadřující poměr zdrojů a spotřebitelů uhlíku pro strukturu ( $Y_{S(1+4)} P_{(1+4)} + Y_{S_2} P_2 \leftrightarrow (Y_{S_3} P_3)$ )
$\Delta U$	celková změna vnitřní energie, jež charakterizuje výnos suché hmoty

## **Abstract**

Chosen agricultural enterprise Agricultural-Trading Cooperative Farm operates 20 km away from České Budějovice in South Bohemia Region.

Analysis of inner structure of this farm was performed for period 1997 – 2006.

To project inner structure of the agricultural system, it is necessary to know the harvest area and yield of individual crops, cattle stock, and mineral fertilizer consumption.

On the basis of performed analysis, using carbon-balance method, projects of inner structure specialized in bioenergy production were calculated. The production of bioethanol from cereals, oil from rape and biogas from cattle breeding refuse are taken into account.

At comparison of individual variants from aspect of energetic gain under existing natural conditions, the variant specialized in cereals for ethanol production proves as the most suitable.

**Keywords:** agricultural system, inner structure, carbon-balance method, bioenergy

## **Souhrn**

Zvolený zemědělský podnik Zemědělsko-obchodní družstvo Němčice se nachází v Jihočeském kraji 20 km od Českých Budějovic.

Pro tento podnik byla vypracována analýza vnitřní struktury zemědělské soustavy za desetiletou časovou řadu 1997 – 2006.

Pro návrh vnitřní struktury zemědělské soustavy je nutné znát plochy sklizně a výnosy plodin, stavy skotu a spotřebu minerálních hnojiv.

Na základě provedené analýzy byly s využitím uhlíkové bilance vypracovány návrhy vnitřní struktury se zaměřením na produkci bioenergie. Je zde počítáno s výrobou etanolu z obilovin, s výrobou řepkového oleje z řepky a výrobou bioplynu z odpadů vznikajících při chovu skotu.

Při porovnání jednotlivých variant z hlediska energetického zisku v daných přírodních podmínkách se jako nejvhodnější jeví varianta zaměřená na produkci obilovin pro výrobu etanolu.

**Klíčová slova:** zemědělská soustava, vnitřní struktura, metoda uhlíkové bilance, bioenergie



## OBSAH

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>2 LITERÁRNÍ ČÁST .....</b>	<b>12</b>
2.1 SYSTÉMOVÁ ANALÝZA .....	12
2.2 ZEMĚDĚLSKÉ SYSTÉMOVÉ INŽENÝRSTVÍ .....	12
2.3 TEORIE ZEMĚDĚLSKÉ SOUSTAVY .....	13
2.3.1 <i>Klíčové parametry stavu zemědělské soustavy</i> .....	14
2.3.2 <i>Rovnováha zemědělské soustavy a její stabilita</i> .....	17
2.3.3 <i>Pojem ideální zemědělské soustavy</i> .....	18
2.4 ANALÝZA VÝROBNÍHO ÚZEMÍ ZEMĚDĚLSKÉ SOUSTAVY .....	19
2.4.1 <i>Zákony rozdělení parametrů <math>\zeta_2</math> a <math>\zeta_3</math> na výrobním území</i> .....	22
2.5 NORMÁLNÍ STAV ZEMĚDĚLSKÉ SOUSTAVY .....	22
2.6 METODA UHLÍKOVÉ BILANCE V ZEMĚDĚLSKÉ SOUSTAVĚ .....	24
2.7 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE .....	25
2.7.1 <i>Biomasa</i> .....	26
2.7.1.1 <i>Druhy a třídění biomasy</i> .....	27
2.7.1.2 <i>Způsoby získávání energie z biomasy</i> .....	28
2.8 BIOPLYN .....	29
2.8.1 <i>Složení bioplynu a jeho vlastnosti</i> .....	29
2.8.2 <i>Vhodné materiály pro výrobu bioplynu</i> .....	31
2.8.3 <i>Anaerobní fermentace</i> .....	32
2.8.4 <i>Rozdělení bioplynových technologií podle SCHULZE a EDEROVÉ (2004)</i> .	33
2.8.4.1 <i>Dávkový způsob</i> .....	33
2.8.4.2 <i>Metoda střídání nádrží</i> .....	34
2.8.4.3 <i>Průtokový způsob</i> .....	34
2.8.4.4 <i>Metoda se zásobníkem</i> .....	35
2.8.4.5 <i>Kombinovaná průtoková metoda se zásobníkem</i> .....	35
2.8.4.6 <i>Proces s tuhými substráty</i> .....	35
2.8.5 <i>Ekologické aspekty anaerobní digesce</i> .....	35
2.9 ETANOL .....	36
2.9.1 <i>Výroba etanolu z obilovin</i> .....	37
2.9.2 <i>Použití etanolu pro benzinové motory</i> .....	38

2.9.3	<i>Použití etanolu pro naftové motory</i> .....	39
2.10	BIONAFTA.....	40
2.10.1	<i>Porovnání MEŘO s motorovou naftou</i> .....	42
2.11	TERMODYNAMICKÉ PODMÍNKY VZNIKU MAXIMÁLNÍCH VÝNOSŮ PLODIN .....	42
2.11.1	<i>Anomálie termodynamického procesu růstu</i> .....	43
<b>3</b>	<b>METODIKA</b> .....	<b>45</b>
3.1	PODKLADY PRO ANALÝZU A NÁVRH VNITŘNÍ STRUKTURY ZEMĚDĚLSKÉ SOUSTAVY .....	45
3.1.1	<i>Plochy sklizně a výnosy plodin</i> .....	45
3.1.2	<i>Stavy skotu</i> .....	46
3.1.3	<i>Spotřeba minerálních hnojiv</i> .....	47
3.2	DEKOMPOZICE STRUKTURY ZEMĚDĚLSKÉ SOUSTAVY METODOU UHLÍKOVÉ BILANCE .....	47
3.2.1	<i>Dekompozice zemědělské soustavy</i> .....	47
3.2.2	<i>Výpočet parametrů</i> .....	48
3.2.3	<i>Výpočet normální struktury zemědělské soustavy</i> .....	49
3.2.4	<i>Výpočet zemědělských struktur se zaměřením na energetické plodiny</i> .....	50
3.3	TVORBA TERMODYNAMICKÉ KŘIVKY .....	51
<b>4</b>	<b>VLASTNÍ PRÁCE</b> .....	<b>53</b>
4.1	CHARAKTERISTIKA ZEMĚDĚLSKÉHO PODNIKU.....	53
4.2	PŘÍRODNÍ PODMÍNKY .....	54
4.2.1	<i>Geologické poměry</i> .....	55
4.2.2	<i>Půdní podmínky</i> .....	55
4.2.3	<i>Hydrologické podmínky</i> .....	57
4.3	ANALÝZA PŮVODNÍ STRUKTURY ZEMĚDĚLSKÉ SOUSTAVY – ZOD NĚMČICE, 1997 – 2006 .....	58
4.4	NORMÁLNÍ STRUKTURA ZEMĚDĚLSKÉ SOUSTAVY ZOD NĚMČICE, 1997 – 2006 .....	59
4.5	GRAFICKÁ ANALÝZA .....	61
4.6	NÁVRH STRUKTURY ZS – ZOD NĚMČICE: VARIANTA 1.....	67
4.7	NÁVRH STRUKTURY ZS – ZOD NĚMČICE: VARIANTA 1A (ZAMĚŘENÍ NA OBILOVINY) .....	71

4.8	NÁVRH STRUKTURY ZS – ZOD NĚMČICE: VARIANTA 1B (ZAMĚŘENÍ NA ŘEPKU)	72
4.9	NÁVRH STRUKTURY ZS – ZOD NĚMČICE: VARIANTA 2 (ZAMĚŘENÍ NA BIOPLYN)	74
4.10	NÁVRH STRUKTURY ZS – ZOD NĚMČICE: VARIANTA 2A (ZAMĚŘENÍ NA BIOPLYN) – PŘI NAVÝŠENÍ VÝNOSŮ $Y_{S0\ 50\ \%}$ , $Y_{S1\ 50\ \%}$ , $Y_{S4A\ 50\ \%}$	77
4.11	GRAFICKÉ VYHODNOCENÍ AKTIVNÍHO UHLÍKU V PŮDĚ	79
4.12	VÝPOČET POTŘEBY OBIÍ	80
4.12.1	<i>Spotřeba <math>\Sigma Y_{2z}</math> na 1 DJ při úplném krytí z vlastní produkce</i>	80
4.13	ENERGETICKÉ ZHODNOCENÍ	81
4.14	TERMODYNAMICKÉ PODMÍNKY VZNIKU MAXIMÁLNÍCH VÝNOSŮ	83
<b>5</b>	<b>DISKUSE</b>	<b>90</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>93</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA</b>	<b>95</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	

# 1 ÚVOD

Zemědělství působí na krajinu od nejstarších dob lidských dějin. Od neolitu začaly první skupiny zemědělců pronikat do méně vhodných oblastí a tím skončil trvale udržitelný systém, v němž člověk přežíval, aniž by zásadně poškozoval životní prostředí. S postupným osídlováním začal člověk obdělávat půdu, což se dělo likvidací přirozených porostů, většinou žďárením. Po určité době byla tato stanoviště opouštěna, obdělávala se jiná místa a původní lokality tak mohly obnovovat půdní úrodnost.

Nejvíce a nejrychleji však byla krajina pozměněna v uplynulých padesáti letech, zejména proto, aby lidé uspokojili rostoucí poptávku po potravinách, vodě, stavebním dřevu a palivech. Tradiční formy zemědělských systémů byly nahrazeny zemědělsko – průmyslovými systémy s poměrně vysokými vstupy ve formě hnojiv a pesticidů, docházelo ke scelování pozemků do velkých půdních bloků, které často nerespektovalo reliéf terénu a k řadě dalších negativních změn. Intenzifikace zemědělství se do značné míry podílela na ztrátě některých druhů rostlin a živočichů.

Zemědělství v minulosti plnilo, plní a i v budoucnu bude plnit dva základní úkoly. Prvním úkolem zemědělství je zabezpečit zdravé suroviny a potraviny pro neustále se zvyšující počet obyvatel. Kromě této produkční funkce plní zemědělství i řadu funkcí mimoprodukčních. Udržovaná krajina má významnou funkci estetickou a výchovnou. Mezi další mimoprodukční funkce patří zachování kulturní krajiny, rekreace, ochrana životního prostředí, rozvoj venkova a v neposlední řadě také zaměstnanost venkovského obyvatelstva.

Naše zemědělství je limitováno především klimatickými a půdními podmínkami. Předpokladem pro dlouhodobě úspěšné hospodaření je udržení půdní úrodnosti.

Půdní úrodnost je vlastnost, která je dána souborem fyzikálních, biologických a chemických charakteristik celého půdního profilu v návaznosti na stanoviště, na kterém se půda nachází. Proto je důležité využívat půdu a ostatní přírodní zdroje v souladu s přírodními možnostmi a respektovat funkce krajiny jako celku. Současné zemědělství by mělo maximalizovat pozitivní vliv zemědělství na životní prostředí a minimalizovat jeho negativní dopady.

Cílem mé práce je na základě metody uhlíkové bilance analyzovat výrobní strukturu Zemědělsko-obchodního družstva Němčice s následnou možností vyrábět bioenergii. Jsou zde vypracovány návrhy zemědělských struktur se zaměřením na pěstování obilnin pro výrobu etanolu, řepky pro výrobu řepkového oleje a výroba bioplynu z odpadů, které vznikají při chovu skotu. Výpočty původní struktury jsou provedeny za období 1997 – 2006. Pro návrh vnitřní struktury zemědělské soustavy je nutné znát plochy sklizně a výnosy plodin, stavy skotu a spotřebu minerálních hnojiv.

## 2 LITERÁRNÍ ČÁST

### 2.1 Systémová analýza

Dle KUDRNY (1985) představuje systémová analýza kvalitativní analýzu zemědělských soustav, zejména pak v oblasti jejich navrhování, při změnách jejich parametrů vzhledem k vnějším i vnitřním podmínkám prostředí nebo v oblasti transformace hmoty a energie.

### 2.2 Zemědělské systémové inženýrství

Vznik zemědělských a zemědělsko-průmyslových soustav (komplexů) vyžaduje přesnou inženýrskou práci při řešení projektů těchto soustav i při realizaci jejich činnosti. V principu jde o to, aby za použití biologických a technických prostředků bylo maximálně využito energie slunečního záření pro tvorbu plánovaného množství biomasy v krajinném prostoru a její potřebné transformace při dosažení požadovaných ekonomických parametrů.

Metody práce zemědělského systémového inženýrství nemohou spočívat v empirickém poznání, nýbrž v systémové analýze, jež předpokládá ovládnutí matematického aparátu, prostředků technického vyjadřování, metody projektování soustav, ekonomické metody hodnocení alternativ návrhů řešení. Matematické metody hodnocení umožňují stanovit soustavu podmínek a pravidel, jejichž pomocí lze předurčit chování celé soustavy, či jejích prvků. Technické vyjádření alternativ projektu pak umožňuje přesné a zcela konkrétní posouzení funkce dané alternativy, odstraňuje subjektivismus a charakterizuje reálné možnosti provedení projektu v praxi (KUDRNA, 1985).

Zemědělské systémové inženýrství vzniklo na základě dlouhodobých analýz vývoje světového zemědělství, lesního hospodářství, vodního hospodářství a energetiky, tedy odvětví, na něž je položen největší požadavek pro zabezpečení existence lidstva při téměř exponenciálním růstu jeho počtu.

Rostoucí demografická křivka je také příčinou toho, že zemědělskou výrobu nelze omezit, že se nelze vrátit zpět ani v technologiích ani ve stupni intenzity výroby, že je však nutno hledat nové, nekonvenční cesty k zabezpečení všech existenčních požadavků lidstva. Závažná je také skutečnost, že velká část obyvatel naší planety má nedostatek potravin.

Logické řešení nespočívá v tom, aby se odstranil současný nedostatek potravin, nýbrž v tom, že při tomto nepříznivém stavu bude nutno několikanásobně zvýšit výrobu jen proto, že v důsledku ztráty půdy urbanizací, katastrofami aj. klesá plocha orných půd. Do celé trajektorie vývoje zemědělství velmi důrazně vstupuje problém ekologický, který musí být zemědělskou soustavou akceptován a který vyvolá i určitá omezení v zemědělském půdním fondu.

Systémové analýzy ukazují, že situaci nelze řešit ani soustavným zvyšováním výkonnosti polních plodin, protože současně s tím klesá stabilita celé soustavy.

Systémové inženýrství zahrnuje:

1. Oblast činnosti, jež se oddělila od tradiční inženýrské praxe a zaměřila se na cílevědomé řízení a organizaci procesů vytváření, vývoje a využití složitých inženýrských soustav.
2. Oblast vědeckého poznání – jako komplexní vědeckou disciplinu, která spojuje metody analýzy a inženýrské činnosti, postupy projektování, využití matematických, technických, přírodovědných a společenských disciplin, které budou při řešení a projektování složitých a dynamických soustav využity.

Zemědělské soustavy jsou v důsledku zavedení metod zemědělského systémového inženýrství oborem moderním, progresivním a především řešícím složité problémy, které klasickými metodami řešit nelze (KUDRNA, 1996).

### **2.3 Teorie zemědělské soustavy**

Zemědělskou soustavu definujeme jako soubor vzájemně na sobě závislých a vzájemně se podmiňujících prvků, procesů, prostředků a zařízení, racionálně uspořádaných, řízených a regulovaných v prostoru a čase za účelem dosažení optimální kvantitativní a kvalitativní úrovně výroby organické hmoty ( KUDRNA, 1985).

Pro modelování vývoje zemědělské soustavy je nutné poznat zákony vztahů mezi činnostmi soustavy a biosférou krajinného prostoru. Matematické modely se pak musí opírat o rovnovážné, resp. stacionární stavy, popisující rovnováhu mezi zdroji a spotřebiteli energie, přičemž intenzita činnosti spotřebitelů bude vždy impulsem pro další zvýšení intenzity zdrojů ve smyslu zákona o účinnosti hmoty. Proto zdroje jsou limitujícím

faktorem dalšího vývoje zemědělské soustavy a po dosažení jejich mezní hodnoty zůstávají rezervy jen v jejich dalším využití (KUDRNA, 1987).

Zemědělská soustava se vyznačuje zcela specifickou zvláštností, tím že je založena na biologickém principu. Je proto schopna samovolně se vyvíjet, měnit svůj stav a přizpůsobovat se podmínkám vnějšího prostředí, aby si zachovala nezbytný stupeň rovnováhy a stability. Do všech těchto procesů a činnosti jednotlivých prvků a podsoustav zasahuje člověk svou prací, intelektem, technikou a energií. Mění strukturu i směry procesů v soustavě ve snaze akumulovat a transformovat větší množství potenciální energie – organické hmoty. Přitom však nesmí porušit zákony, jimiž se tato složitá dynamická soustava řídí ( KUDRNA, 1979).

### ***2.3.1 Klíčové parametry stavu zemědělské soustavy***

Mezi klíčové parametry stavu zemědělské soustavy patří:

1. struktura soustavy
2. rovnováha soustavy

Struktura zemědělské soustavy je charakteristickou veličinou jejího stavu proto, že určuje všechny další parametry stavů a procesů v biologické, technické a ekonomické oblasti (KUDRNA, 1985).

Stupeň rovnovážných stavů zemědělské soustavy bezprostředně určuje potřebné množství práce, energie, prostředků a zařízení pro dosažení rovnovážného stavu soustavy a její stability vůči vnějšímu prostředí.

Strukturu soustavy členíme na vnější (základní) a vnitřní. Vnější strukturu zemědělské soustavy charakterizujeme jako prostorové uspořádání jednotlivých dílčích soustav (podsoustav) z hlediska vzájemných vazeb prvků zemědělské soustavy a krajinného prostoru. Vnější struktura zemědělské soustavy je předpokladem pro strukturu vnitřní. Vnitřní strukturu pak definujeme jako prostorové a časové uspořádání jednotlivých prvků uvnitř jednotlivých podsoustav (druhy zvířat, druhy a odrůdy polních plodin apod.).

Základní struktura zemědělské soustavy je určena třemi podsoustavami, jež mají funkci transformačních soustav:

1. soustava rostlinných společenstev,



2. soustava hospodářských zvířat,
3. soustava mikrobiálních společenstev.

Soustava rostlinných společenstev transformuje kinetickou energii slunečního záření v energii potenciální – organickou glycidobílkovinnou hmotu.

Soustava hospodářských zvířat transformuje glycidobílkovinnou hmotu z 1. transformační soustavy jednak v kvalitnější živočišnou bílkovinu, jednak ji zčásti ve formě uhlíkatých látek vrací do půdy.

Soustava mikrobiálních společenstev resyntetizuje uhlíkatou a z části dusíkatou hmotu z 1. a 2. transformační soustavy a dokončuje cyklický oběh uhlíku.

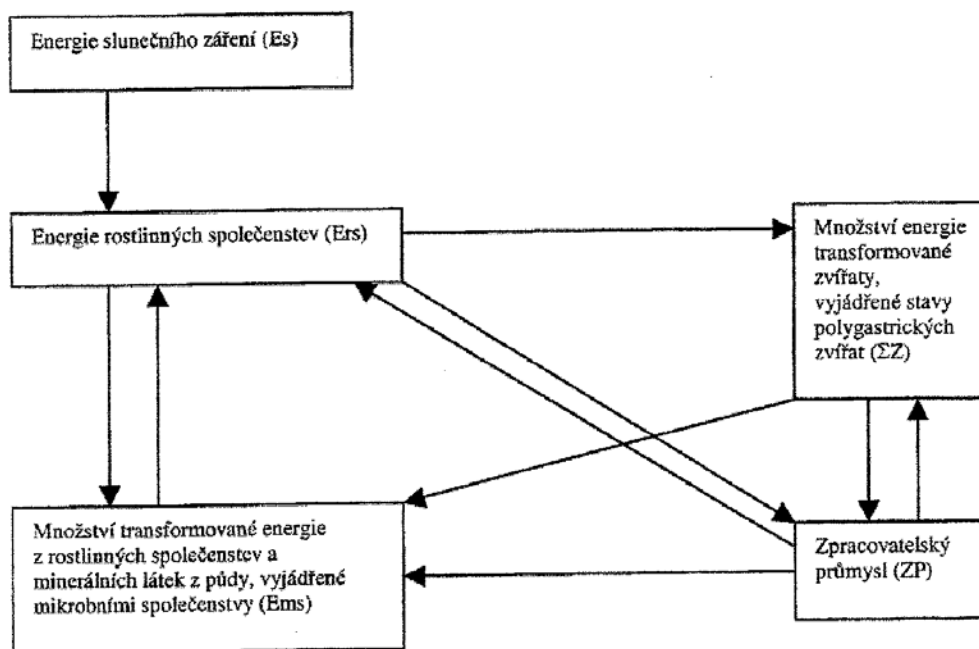
V podstatě jde ve všech soustavách o přenos a transformaci energií – od transformace kinetické energie slunečního záření v potenciální energii – uhlíkatodusíkatou hmotu, přes její zpětnou transformaci v žaludku polygastrických zvířat až k resyntéze a uvolnění uhlíkaté hmoty v půdě. K těmto transformačním procesům, v nichž rozhodující postavení má uhlík, je potřeba různých prostředků.

V prvním případě jsou to rostliny, které svými aktivními povrchy chloroplastů jsou schopny zachytit energii slunečního záření a složitými energetickými procesy na membránách buněk transformovat tuto energii v první molekuly organické hmoty uhlíkatodusíkaté povahy.

V druhém případě jsou to polygastrická zvířata, která na aktivním povrchu svých žaludků dokážou opět tuto hmotu rozložit a transformovat.

Ve třetím případě jsou to mikrobiální společenstva, která na svém aktivním povrchu resyntetizují všechnu uhlíkatou hmotu i zbytky dusíkaté hmoty v půdě v uhlíkatou hmotu zvláštního charakteru (vysokomolekulární humus), která je předpokladem pro další, nový cyklus činnosti rostlinných společenstev a celé zemědělské soustavy (KUDRNA, 1985).

Vazby mezi jednotlivými podsoustavami v zemědělské soustavě lze vyjádřit tímto způsobem:



Obrázek 1: Schéma vazeb mezi jednotlivými podsoustavami v zemědělské soustavě

Z uvedeného schématu je patrné, že všechny procesy jsou vyjádřeny přeměnami energií a hmot. Mezi jednotlivými podsoustavami pak existují četné přímé, cyklické a zpětné kompenzační vazby. Porušení některé z nich omezuje činnost celé soustavy (KUDRNA, 1996).

K tomu, aby se mohly tyto transformace realizovat, musí mít zcela určité prostředí, ve kterém pracují. Tímto prostředím je krajinný prostor, který je určen vzájemnými vazbami konzervativních, progresivních a reliktových prvků.

Mezi konzervativní prvky patří geomorfologie území, geologickopetrografický substrát a nadmořská výška. Tyto prvky jsou hlavní a nejméně se mění, jejich změna vyžaduje velký vklad práce.

Progresivní prvky se vytvářejí v současné době, působí na konzervativní rysy a uskutečňují změnu krajinného prostoru. K progresivním prvkům patří srážky, teplota, rostlinná, živočišná a mikrobiální společenstva, vklad energie a práce člověka.

Reliktové prvky vznikly jako výsledek působení prvků progresivních na konzervativní. Nejdůležitějším reliktovým prvkem je v zemědělské soustavě půda.

### 2.3.2 *Rovnováha zemědělské soustavy a její stabilita*

Aby byla zemědělská soustava v určitém stupni stabilizovaná, musí se do ní vkládat značné množství energie a práce, má-li být využito energie slunečního záření, genetického potenciálu polních plodin a zvířat k potřebné akumulaci organické hmoty a její kvality (KUDRNA, ŠINDELÁŘOVÁ, 2000).

Rovnovážný stav zemědělské soustavy nastává tehdy, když vstupní a výstupní vektory jsou konstantní a stav soustavy v čase se nemění. Rovnovážný stav zemědělské soustavy je spojen s vratnými a cyklickými procesy, které v ní probíhají.

V principu mohou nastat dva druhy rovnovážných stavů:

- a) stálý rovnovážný stav,
- b) nestálý, posuvný (dynamický) rovnovážný stav.

Stálý rovnovážný stav prakticky v zemědělské soustavě neexistuje. Vznikl by tehdy, kdyby soustava nevykazovala vůbec žádných změn, kdyby nebylo žádného příkonu energie a kdyby neexistovaly žádné transformace.

Dynamický rovnovážný stav vzniká neustálým porušováním stálé rovnováhy příkonem energie a vkladem práce ( KUDRNA, 1985).

Aby zemědělská soustava byla stabilní, musí mít alespoň jednu zpětnou vazbu o zcela určitých vlastnostech. Zpětné vazby musí být takové, aby přiváděly do půdy hmotu, která je schopna zabezpečit příslušné transformace. Funkce takových vazeb tedy spočívá v tom, že musí oslabit změny stavů vstupu těch aktivních prvků zemědělské soustavy, jež vyvolávají odchylky soustavy od stavu rovnováhy.

Tyto zpětné vazby nazýváme kompenzačními zpětnými vazbami a protože přivádějí soustavu ke stabilnímu stavu, nazývají se též stabilizátory nebo regulátory soustavy. Kompenzační zpětné vazby dělíme na pozitivní a negativní zpětnou vazbu:

1. Pozitivní zpětná vazba kompenzační je taková, když zvětšení hodnoty proměnné, představující stav vstupu určitého prvku soustavy, je současně předpokladem pro zvětšení hodnoty proměnné, představující stav výstupu prvku spojeného s ním zpětnou vazbou. Podobně je tomu, když se jeho hodnoty zmenšují.

2. Negativní zpětná vazba je charakterizována nepřímou úměrností – se zvětšením hodnoty vstupujícího prvku se hodnota proměnné prvku spojeného s ním zpětnou vazbou zmenšuje.

V případě, že by zemědělská soustava neměla zpětnou kompenzační vazbu, pak stav její rovnováhy není určen, soustava je nestabilní a vyvedena z rovnováhy, může nabývat různých, nekontrolovatelných stavů. Soustava je neutrální (KUDRNA, 1985).

Způsob činnosti zemědělské soustavy může vést jednak k její stabilitě a rovnováze, nebo naopak k její nestabilitě a nerovnováze. Avšak zemědělská soustava je založena na biologickém principu; má vlastnosti, které jí propůjčuje nesmírné množství měnlivých adaptivních prvků a vztahů, umožňujících přizpůsobovat se vnějšímu prostředí a samovolně upravovat parametry vývojového zákona tak, aby s podmínkami vnějšího prostředí byla v rovnováze (autoregulace – samovolné řízení). Průběh vývojového procesu zemědělské soustavy se v tomto případě během času stává nezávislým na jejích počátečních stavech, které jí určil vklad práce a příkon energie. Soustava, která byla stabilní a udržovala se na vysoké úrovni rovnováhy, spěje do stavu vyšší rovnováhy a stává se nezávislou na počátečním stavu, ze kterého vyšla. Vývojové procesy, v nichž stabilní soustava směřuje do stavu rovnováhy, označujeme jako procesy ergodické (KUDRNA, 1985).

### **2.3.3 Pojem ideální zemědělské soustavy**

Základním energetickým procesem v zemědělské soustavě je tvorba uhlíkatodusíkaté hmoty a její transformace. Ideální stav soustavy nastává, když veškerá hmota v zemědělské soustavě je transformována soustavou polygastrických zvířat a mikrobními společenstvy a hmota odcházející za hranice zemědělské soustavy je transformována tak, že se všechna vrací do struktury soustavy. V intervalech vegetačních období se tak akumuluje a transformuje veškeré množství hmoty. Soustava je prakticky uzavřena. Každý vklad práce je trvalý a způsobuje trvalé zvýšení akumulace organické hmoty až na horní hranici výkonnosti organismů.

Struktura ideální soustavy odpovídá přesně podmínkám bioenergetických prvků krajinného prostoru a podmínkám klimatickým. Soustava za těchto podmínek dosahuje rovnováhy na nejvyšší úrovni.

Kdybychom však okamžitě zavedli takovou ideální soustavu se všemi jejími příznaky, přece by nebylo dosaženo ve vstupním čase rovnovážného stavu. Příčina spočívá v neustálé změně vstupů a výstupů a v limitních stavech transformací v čase. Soustava by byla stabilní, nikoli však rovnovážná; k rovnovážnému stavu během času by směřovala a postupně se stávala nezávislou na počátečních podmínkách jejího vývoje. V reálné soustavě to znamená, že s postupem času, postupným přechodem k rovnovážnému stavu, bude stále méně závislá na konzervativních prvcích krajinného prostoru. Podstatně bude omezován i vliv progresivních prvků (KUDRNA, 1985).

## **2.4 Analýza výrobního území zemědělské soustavy**

Analýza výrobního území zemědělské soustavy je soustředěna na ty vztahy mezi jednotlivými prvky zemědělské soustavy na výrobním území, jež dávají při navrhování předpoklad, že budou dodrženy všechny zákony, jimiž se řídí vývoj krajinného prostoru. Proto analýza výrobního území zemědělské soustavy obsahuje systémovou analýzu konzervativních, progresivních a reliktových prvků.

Podstata systémové analýzy spočívá ve vyhodnocení vztahů mezi jednotlivými prvky či podsoustavami (v analýze dílčích soustav), nikoli v popisu vlastností každého prvku.

Geologickopetrografický substrát půd ( $G_{ps}$ ), geomorfologie (reliéf) území a nadmořská výška ( $N_h$ ) jsou typickými představiteli konzervativních prvků výrobního území zemědělské soustavy, jež určují její klíčový parametr – strukturu a podstatně působí na její členění v krajinném prostoru.

Problematika bioenergetického potenciálu půdy naznačuje, že rozhodujícím faktorem, jenž určuje kvalitu půdy, je obsah aktivních povrchů v půdě. Kvalita těchto povrchů je určena obsahem jílových minerálů a obsahem vysokomolekulárních uhlíkatých látek, a to zejména huminových kyselin. S rostoucí nadmořskou výškou roste potřeba aktivních povrchů organického původu. Jeví se přitom zákonitost, v níž hydrografická síť má zvláštní úlohu z hlediska transportu sedimentů řekami a jejich akumulace. Sedimenty obsahující i značné množství jílových minerálů vytvářejí velké aktivní povrchy a v důsledku toho i potřeba aktivních povrchů organického původu je menší (KUDRNA, 1985).

Ve vyšších nadmořských výškách a na relativně málo příznivých geologickopetrografických substrátech, na půdách s nízkým obsahem jílových minerálů

a jejich nízkou sorpční kapacitou je nutné nedostatek sorpčních povrchů vyrovnávat sorpčními povrchy organického původu, tedy odpovídajícím zastoupením plodin charakteru zdrojů uhlíku (prekurzorů humusu – a zároveň objemných krmiv) a tomu odpovídajícími stavy skotu (KUDRNA, 1999).

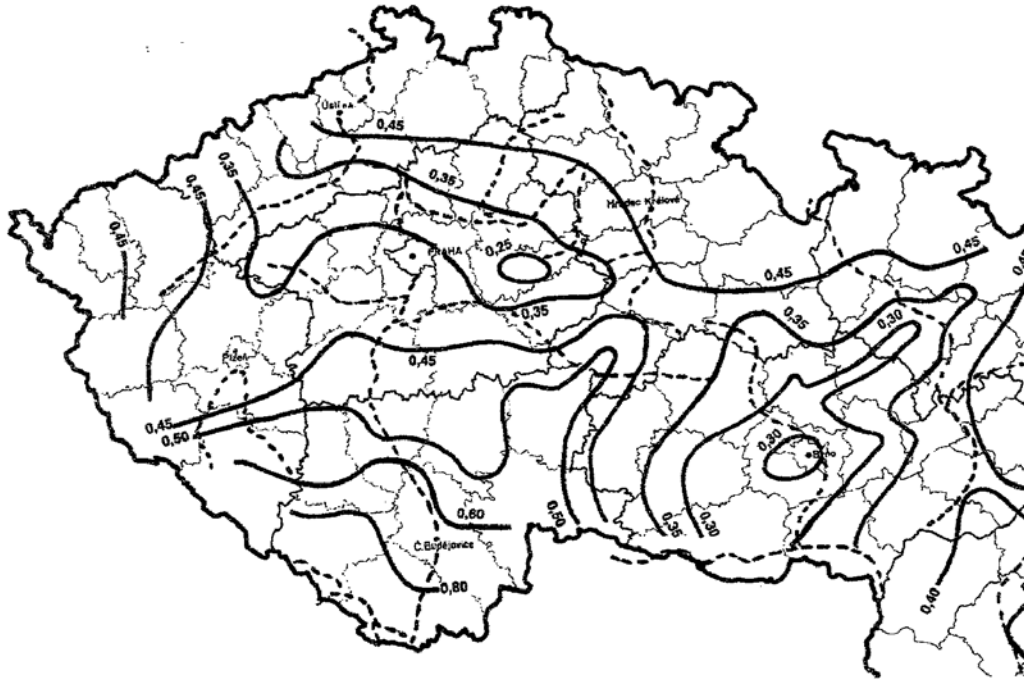
Aktivní povrchy organického původu jsou uhlíkaté látky, vysokomolekulární huminové kyseliny, jež se uvolňují z uhlíkatých prekurzorů humusu. Protože tyto aktivní povrchy jsou tedy určeny kvalitou těchto látek, záleží jejich příkon do půdy od poměru těch plodin, které tyto uhlíkaté látky do půdy vnášejí, a plodin, jež po sobě tyto látky téměř vůbec nezanechávají anebo u nichž jsou v důsledku technologických operací mineralizovány. První skupinu plodin nazýváme zdroji uhlíkatých prekurzorů humusu, druhou spotřebiteli. Zdroji uhlíku jsou všechny víceleté pícniny na orné půdě a pícniny drnového fondu, spotřebiteli pak všechny okopaniny. Obilniny jsou slabými zdroji či spotřebiteli podle toho, jaké množství organického uhlíku se vrací cyklickou kompenzační vazbou zpět do půdy.

Struktura zemědělské soustavy, tj. poměr zdrojů a spotřebitelů uhlíku, je proto odrazem konzervativních prvků výrobního území zemědělské soustavy a krajinného prostoru (KUDRNA, 1985).

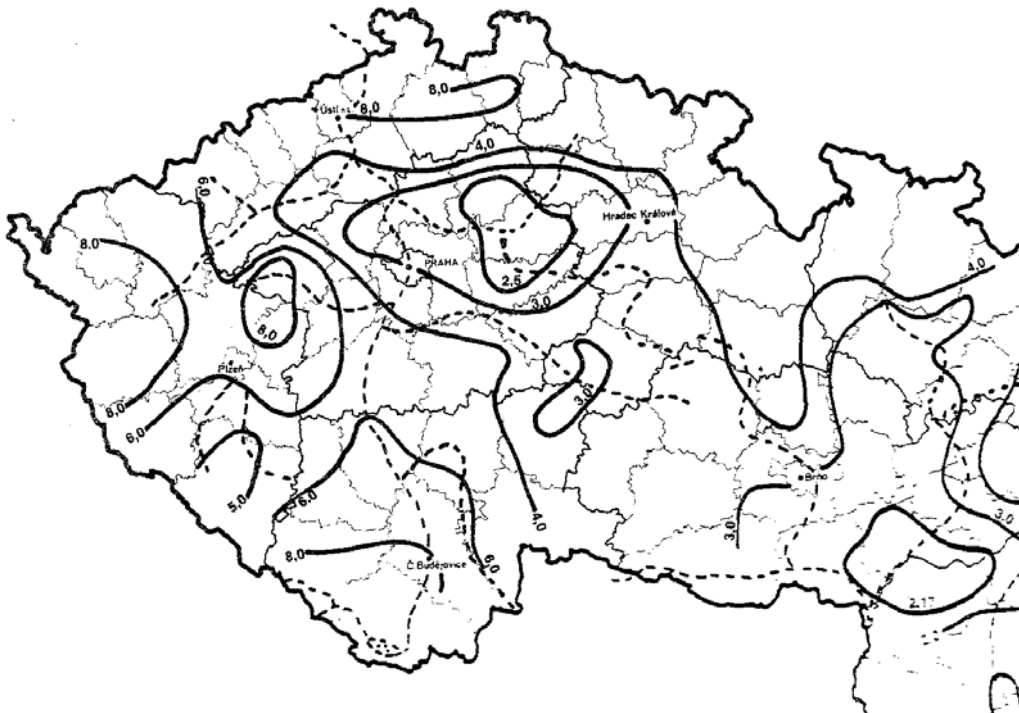
Při hodnocení konzervativních prvků se používá metoda izočar  $\zeta_2$  a  $\zeta_3$  parametru výrobního území. Tyto parametry charakterizují strukturu zemědělské soustavy (KUDRNA, 1985).

$$\zeta_2 = \frac{k_1 p_1 Y_{S_1} + k_4 p_4 Y_{S_4}}{p_2 Y_{S_2}} = \frac{k_1 \Sigma Y_{S_1} + k_4 \Sigma Y_{S_4}}{\Sigma Y_{S_2}}$$

$$\zeta_3 = \frac{k_1 p_1 Y_{S_1} + k_4 p_4 Y_{S_4} + k_2 p_2 Y_{S_2}}{p_3 Y_{S_3}} = \frac{k_1 \Sigma Y_{S_1} + k_4 \Sigma Y_{S_4} + k_2 \Sigma Y_{S_2}}{\Sigma Y_{S_3}}$$



Obrázek 2: Mapa izočar  $\zeta_2$  parametrů na území ČR (KUDRNA, 1985)



Obrázek 3: Mapa izočar  $\zeta_3$  parametrů na území ČR (KUDRNA, 1985)

### 2.4.1 *Zákony rozdělení parametrů $\zeta_2$ a $\zeta_3$ na výrobním území*

Vyhodnotíme-li parametry  $\zeta_2$  a  $\zeta_3$  pomocí izočar na výrobním území a jestliže interpolujeme nalezené hodnoty, projeví se v rozdělení parametrů tyto zákonitosti:

1. Rostoucí hodnoty parametrů  $\zeta_{2,3}$  naznačují, že se kvalita aktivních povrchů zhoršuje.
2. Oblasti s vyšší nadmořskou výškou a méně příznivým geologickopetrografickým substrátem vykazují vyšší hodnoty než oblasti nížinné s aluviálním či sprašovým substrátem. Proto v oblastech s vyšší nadmořskou výškou je nutno zvýšit množství aktivních povrchů organického původu.
3. Zvláštní úlohu v rozdělení izočar parametrů  $\zeta_{2,3}$  mají vodní toky z hlediska transportu sedimentů a jejich akumulace. Sedimenty obsahující zřejmě i značné množství jílových minerálů vytvářejí velké aktivní povrchy, a v důsledku toho i potřeba aktivních povrchů organického původu je menší. Sorpční kapacita těchto půd je podstatně ovlivněna minerální složkou půdy.
4. V oblastech, kde dochází k nejnižším hodnotám  $\zeta_{2,3}$ , vytváří se nejdříve ve směru toku řeky izočára  $\zeta_2$  a za ní teprve izočára  $\zeta_3$ . Tento jev přesně odpovídá i vývoji sedimentace v inundačních oblastech řek. Při vyšší rychlosti proudu vyběřených vod nejdříve sedimentují hrubší sedimenty a postupně pak se zpomalující rychlostí sedimenty jemnější. První odpovídají optimálním podmínkám obilnin, druhé optimálním podmínkám cukrovky.
5. Všechny izočáry parametrů  $\zeta_{2,3}$  směřují kolmo na směry vodních toků a jejich hodnoty stoupají s nadmořskou výškou proti směru vodního toku.

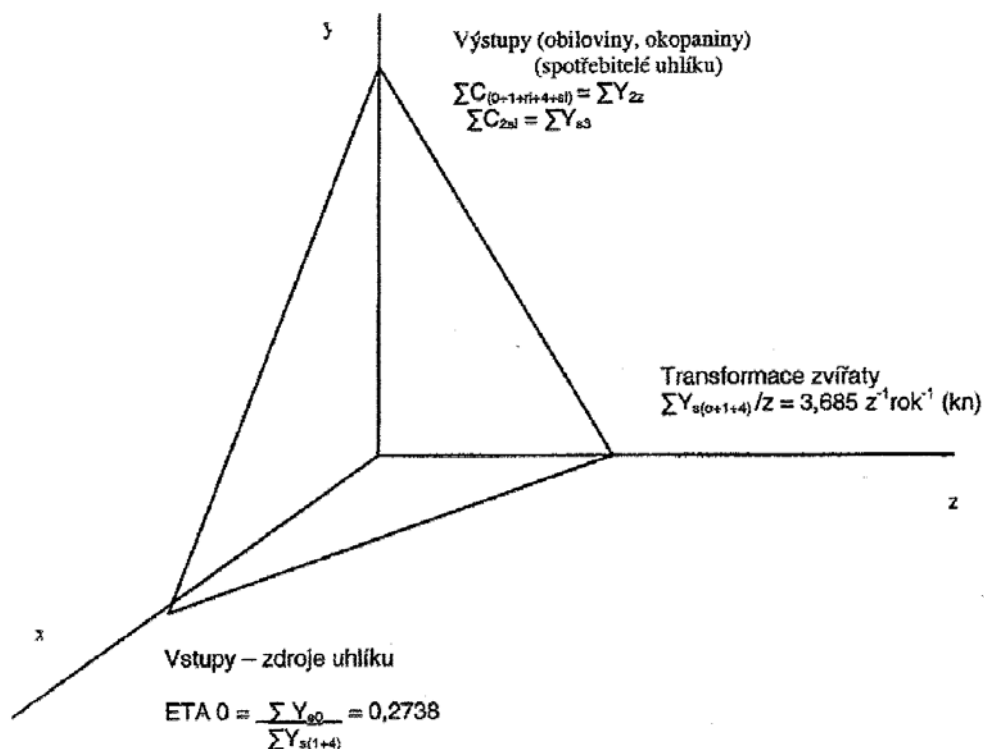
Proto parametry  $\zeta_{2,3}$  jsou veličinami, jež umožňují charakterizovat vzájemný zákonitý vztah struktury zemědělské soustavy ke konzervativním prvkům krajinného prostoru. Označíme-li konzervativní prvky – geologickopetrografický substrát ( $G_{ps}$ ) a nadmořskou výšku ( $N_h$ ), pak uvedený proces představuje analýzu soustavy  $\zeta_{2,3} \leftrightarrow (G_{ps}, N_h)$  (KUDRNA, 1985).

## 2.5 **Normální stav zemědělské soustavy**

Normální stav zemědělské soustavy je definován jako nejmenší soubor proměnných, které zcela určují její chování – činnost v biosféře krajinného prostoru.



Normální stav zemědělské soustavy je vyjádřen třemi na sobě závislými veličinami, jež zcela charakterizují její činnost (KUDRNA, 1989).



Obrázek 4: Normální stav zemědělské soustavy dle KUDRNY (1989)

1. Vstupy jsou určeny objemem uhlíkatých hmot – jednoletými ( $\Sigma Y_{s0}$ ) a víceletými pícninami ( $\Sigma Y_{s1}$ ), případně pícninami drnového fondu ( $\Sigma Y_{s4}$ ); jednoleté pícniny jsou zde představeny silážní kukuřicí a jsou ze systémového hlediska kumulátory, neboť způsobují svými fulvokyselinami v rizosféře intenzivní migraci prvků a při jejich dalším růstu se značně snižuje jejich využití. Proto musí být v přesném poměru s víceletými pícninami, které naopak svými tmavými huminovými kyselinami působí jako stabilizátory minerálních živin a funkce mikrobiálních společenstev.
2. Progresivní vývoj zemědělské soustavy je podmíněn transformací do soustavy vstupující uhlíkaté hmoty polygastrickými zvířaty a mikrobiálními společenstvy v rizosféře polních plodin. Krmné množství ( $k_n$ ) včetně zrna obilovin ( $S_{2z}$ ) na jedno velké zvíře (DJ – 500 kg hmotnosti) bylo odvozeno  $3,685 \sim 3.7 t * rok^{-1}$ .
3. Výstupy tvoří všichni spotřebitelé uhlíku (KUDRNA, 1989).

## 2.6 Metoda uhlíkové bilance v zemědělské soustavě

Dekompozicí zemědělských soustav na velkých výrobních územích se prokázalo, že v každé soustavě platí určitá posloupnost závislostí, která musí být při výpočtu optimální struktury zemědělské soustavy uvážena. Tato posloupnost charakterizuje základní vnitřní strukturu zemědělské soustavy a můžeme ji vyjádřit takto: Akumulace uhlíku v rizosféře víceletými pícninami implikuje akumulaci zrna obilnin a akumulace uhlíku obilninami (zrna i slámy) implikuje akumulaci suché hmoty spotřebitelů uhlíku - cukrovky a brambor. To znamená, že další přívod uhlíkaté hmoty do soustavy (např. zvýšení přívodu uhlíku z organických hnojiv, z pícnin drnového fondu a odpovídajícím zvýšením stavů skotu) vede ke stabilizaci soustavy.

Na tomto principu byla odvozena metoda uhlíkové bilance v zemědělské soustavě, jež umožňuje vyhodnotit stupeň rovnováhy zemědělské soustavy, vypočítat její optimální strukturu při změně zastoupení spotřebitelů uhlíku a determinovat i stav jejího zatížení. Metoda uhlíkové bilance umožňuje soustavně vyhodnocovat všechny odchylky od normálního stavu soustavy.

Princip metody spočívá v poznání, že objem aktivního uhlíku vypočítaný pomocí koeficientů je roven objemu suché hmoty bulev cukrovky nebo hlíz brambor a objemu suché hmoty víceletých pícnin na orné půdě.

Koeficienty používané pro výpočet:

1.  $Y_{S_0} * 0,386$
2.  $Y_{S_1} * 0,386$  (nadzemní hmota)
3.  $Y_{S_{1k}} * 0,360$  (podzemní hmota)
4.  $Y_{S_{2z}} * 0,065$
5.  $Y_{S_{2sl}} * 0,386$  (sláma obilnin)
6.  $Y_{S_{4a}} * 0,386$  (píce z luk)

Metoda uhlíkové bilance poskytuje možnosti nejen předpokladu výroby, nýbrž i jejího prognózování a stanovení všech odchylek od normálního stavu soustavy. V souvislosti s tím však musíme uvážit ještě korekci na vlivy způsobené negativními zpětnými vazbami v zemědělské soustavě, na vlivy způsobené porušením struktury soustavy, které již překročily stav maximálního zatížení, na vlivy vzniklé porušením cyklických a zpětných kompenzačních vazeb apod. Proto vyhodnocujeme ještě

koeficienty, které charakterizují skutečnou činnost zemědělské soustavy. Odvozujeme je ze součtových čar akumulace uhlíku a příslušného výnosu v časovém intervalu 5 – 7 let jako poměr derivací těchto čar. Protože derivace představují rychlost přírůstku uhlíku v suché hmotě plodiny, dostáváme z jejich poměru změnu rychlosti přírůstku obou veličin v daném časovém intervalu a tím i skutečnou účinnost soustavy (KUDRNA, 1985).

## 2.7 Obnovitelné zdroje energie

Až do počátků průmyslové revoluce lidstvo prakticky nepoužívalo jiné než obnovitelné zdroje energie. Starověké civilizace využívaly kromě práce dobytka i větrnou a vodní energii tisíce let před naším letopočtem (SRDEČNÝ, TRUXA, 2000).

S dohlednou vyčerpatelností fosilních energetických zdrojů roste význam obnovitelných zdrojů energie a stává se jednou z hlavních podmínek trvale udržitelného rozvoje nejen zemědělství, ale i celé společnosti (SOUČKOVÁ, MOUDRÝ, 2005).

Obnovitelné zdroje energie jsou přírodní zdroje, které se neustále obnovují. Hlavním zdrojem přímé i nepřímé obnovitelné energie je slunce. Mezi obnovitelné zdroje patří přímá energie slunečního záření, energie vodních toků, energie větru, energie vnějšího prostředí, energie biomasy, v malé míře energie termálních vod a odpadová rekuperovaná energie včetně části energie získané tepelnými čerpadly. Specifikem zemědělství je zpracování exkrementů hospodářských zvířat na bioplyn, spalování dřeva pro energetické účely a zpětné využití biologického tepla z odvětraného stájového vzduchu. Tyto činnosti je možno posuzovat jako obnovitelné i jako druhotné zdroje energie (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1998).

Dle Zákona č. 180/2005 Sb., se obnovitelnými zdroji rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu. Pro účely tohoto zákona se rozumí biomasou biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětví, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a rovněž biologicky rozložitelná část vytríděného průmyslového a komunálního odpadu.

Podle údajů Ministerstva průmyslu a obchodu činila v roce 2006 celková hrubá výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie v ČR 3,52 TWh, což představuje 4,91 % z celkové hrubé domácí spotřeby elektřiny. Z celkového množství elektrické energie vyrobené z obnovitelných zdrojů (100 %) tvoří nejvyšší podíl elektrická energie vyrobená ve vodních elektrárnách (72,5 %). Elektrická energie vyrobená spalováním biomasy představuje 20,8 %. Elektrická energie z větrných elektráren, ze spalování komunálních odpadů a fotovoltaiky dohromady představuje méně než 2 % podíl (KNÁPEK, VAŠÍČEK, 2007).

Výhodnost využívání obnovitelných zdrojů energie lze posuzovat z několika hledisek:

- a) ekologických: Jedná se o zdroje, které sebou nenesou nebezpečí jako jaderné elektrárny, nepřispívají ke skleníkovému efektu jako tepelné elektrárny a buď vůbec neznečišťují prostředí (energie sluneční, vodní), nebo lze jejich negativní vlivy minimalizovat současně s výstavbou zařízení pro využívání těchto zdrojů (spalovací kotle atd.).
- b) ekonomických: Část zdrojů (energie větrná, vodní, sluneční) nevyžaduje kromě počátečních investičních nákladů a nákladů na základní údržbu zařízení již prakticky žádné další provozní náklady. Část zdrojů (energie z biomasy a odpadů) naopak ekonomicky zhodnocuje odpad, umožňuje „mimopotravinařské“ využití půdy a přináší tak rozptýlené pracovní příležitosti na venkov.
- c) strategických: Rozptýlenost energetických zdrojů snižuje jejich zranitelnost a zvyšuje nezávislost na dovozu některých fosilních paliv.
- d) sociálních: Využívání obnovitelných přírodních zdrojů vytváří nové pracovní příležitosti na venkově, a tím přispívá k omezování nežádoucího vylidňování venkova. Často znamená i další významné finanční zdroje pro zemědělce (KÁRA, 1994).

### **2.7.1 Biomasa**

Nejvýznamnějším z obnovitelných zdrojů energie je biomasa. Biomasa má význam nejen jako zdroj obnovitelné energie a průmyslových surovin, ale je rozhodující rovněž z hlediska sociálně ekonomických aspektů, zejména na venkově. Výrobní programy

zaměřené na biomasu mohou vytvářet řadu nových pracovních příležitostí a současně zajišťují údržbu krajiny (PETŘÍKOVÁ, 2000).

Biomasa je obecně definována jako hmota organického původu, takže se samozřejmě jedná o veškerou živou přírodu. Jednu část biomasy tvoří rostliny, druhou část tvoří živočichové. Rostliny při svém růstu nepřetržitě spotřebovávají sluneční energii ve formě světelného záření a fotosyntézou ji přeměňují na energii chemickou. Tato část biomasy se nazývá rostlinná biomasa. Krátce je rostlinná biomasa nazývána fytoomasou a lze pod tento název zahrnout veškeré organické látky rostlinného původu vznikající v přírodě v průběhu fotosyntézy. Takže fytoomasu tvoří například lesní dřeviny, okrasné dřeviny a květiny, živelně rostoucí byliny, traviny, zemědělské plodiny a podobně (CELJAK, 2007).

### **2.7.1.1 Druhy a třídění biomasy**

Podle BROŽE a ŠOURKA (2003) se světová produkce primární biomasy odhaduje na cca 155 miliard tun. Přitom jde o podíl organické produkce, který organismy k vlastnímu životu nepotřebují a který je tedy jako nosič energie k využití. Jelikož výchozí látky pro biomasu mohou být velice rozdílné, je zapotřebí přeměnit biomasu na sekundární nosič energie jako jsou paliva nebo proud, případně jiné využitelné látky tak, aby bylo možné technické využití pro výrobu tepla nebo elektřiny. Vzhledem ke ztrátám způsobeným přeměnou a další úpravou, které vznikají při sklizni, transportu, uložení a dalším postupu, zmenšuje se maximální technicky využitelný potenciál, přičemž ztráty jsou závislé na místě výskytu a použité technologii.

Rozdělení biomasy pro energetické využití:

1. Biomasa: 1. ze zemědělství:
  - pěstování rostlin pro energetické účely,
  - zbytkové a odpadové látky:
    - a. zvířecího původu (močůvka),
    - b. rostlinného původu (sláma, zelené rostliny)
  - vyčeřený kal.
2. z lesnictví:
  - lesní dřevěné zbytky,
  - dřevo z dřevařského průmyslu.

### 3. skládky tuhého komunálního odpadu:

- odpad z domácnosti (biologický odpad, papír a lepenka, směsné plasty, textil),
- komunální odpad (odpad z domácnosti, odpad ze zeleně, ostatní objemový odpad).

#### 2.7.1.2 Způsoby získávání energie z biomasy

Dle BERANOVSKÉHO a TRUXY (2003) lze z energetického hlediska energii z biomasy získávat výhradně spalováním, tedy termochemickou přeměnou. Biomasa je podle druhu spalována přímo, nebo jsou spalovány kapalné či plynné produkty jejího zpracování.

Tab. 1: Rozdělení technologie zpracování biomasy (BERANOVSKÝ, TRUXA, 2003)

Termochemická přeměna (suché procesy)	Spalování
	Pyrolýza (produkce plynu, pyrolýzní oleje)
	Zplyňování (produkce plynu)
Biochemická přeměna (mokrý procesy)	Fermentace, alkoholové kvašení (produkce etanolu)
	Anaerobní vyhnívání, metanové kvašení (produkce bioplynu)
Mechanicko-chemická přeměna	Lisování olejů (produkce paliv, oleje)
	Esterifikace surových bioolejů (výroba bionafty a přírodních maziv)
	Štípaní, drcení, lisování, mletí (výroba pevných paliv)

Suchá cesta zahrnuje spalování a zplyňování rostlinné hmoty o sušině 50-80 %. Mokrý cesta zahrnuje především anaerobní fermentaci mokré hmoty o sušině 4-12 %, eventuálně 25-35 %. Anaerobní fermentace je rozklad biomasy pomocí speciálních bakterií bez přístupu vzduchu, přičemž je uvolňován metan jako zplodina metabolismu, který je využíván pro sdruženou výrobu elektrické energie a tepla (SOUČKOVÁ, MOUDRÝ, 2006).

## 2.8 Bioplyn

Při rozkladu organických látek (hnůj, zelené rostliny, kal z čističek) v uzavřených nádržích bez přístupu kyslíku vzniká bioplyn. Tento proces, kdy se organická hmota štěpí na anorganické látky a plyn, vzniká díky bakteriím pracujícím bez přístupu kyslíku (anaerobně). Rozkládání víceméně odpovídá procesům probíhajícím v přírodě s tím rozdílem, že v přírodě probíhají i za přítomnosti kyslíku (aerobní procesy). Proto jsou meziprodukty těchto procesů odlišné a také chemické složení konečných produktů se liší (BERANOVSKÝ, TRUXA, 2003).

Štěpení organické hmoty na metan působením bakterií probíhá v teplotním rozsahu 10 až 60°C. Teplota prostředí je hlavním parametrem určujícím úroveň látkové výměny a tím i množení mikroorganismů. Podle druhů mikrobiálních kultur, které se podílejí na tvorbě bioplynu ve fermentoru se procesy dělí na:

- psychrofilní, probíhající při teplotách 10 až 20°C,
- mezofilní, probíhající při teplotách 20 až 40°C,
- termofilní s optimem při teplotách 50 až 55°C.

I když největší produkce bioplynu je v termofilní oblasti, je nezbytné uvážit také ekonomickou kalkulaci probíhajících procesů. Část bioplynu je totiž spotřebována k ohřevu fermentorů na pracovní teplotu. K tomu účelu se spotřebovává minimálně 30 % vyrobeného plynu. Nedokonalá izolace vlastní spotřebu plynu zvyšuje až na 80 % (KAMINSKÝ, VRTEK, 1999).

V zařízeních pro zpracování zemědělské biomasy se používají nejčastěji mezofilní teplotní režimy, v menší míře termofilní nebo kombinované. Volba teploty je závislá na volbě režimu práce fermentoru (klimatická a energetická analýza, rychlost reakce). Stanovení vhodné teploty a zvláště její přesné dodržování v průběhu celého procesu je jedním z limitujících faktorů anaerobní fermentace. Tato okolnost vychází z velké citlivosti metanogenních bakterií na prudké kolísání teplot (PASTOREK, WOLFF, 1992).

### 2.8.1 Složení bioplynu a jeho vlastnosti

Dle ŠOCHA (1996) jsou hlavními složkami bioplynu metan a oxid uhličitý. Jejich poměr se může měnit v závislosti na řadě faktorů – složení kvasného materiálu,

stupni vyhřátí, obsahu sušiny a teploty vyhnívání. Metan je hlavní energetickou částí bioplynu s účinnou výhřevností  $22,0 - 35,8 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ . Vedle metanu a oxidu uhličitého obsahuje bioplyn dále oxid uhelnatý, vodík, dusík, kyslík, sirovodík a čpavek. Procentické zastoupení těchto látek je uvedeno v následující tabulce.

Tab. 2: Složení bioplynu (MURTINGER, BERANOVSKÝ, 2006)

Metan	40 – 75 %
Oxid uhličitý	25 – 55 %
Vodní pára	0 – 10 %
Dusík	0 – 5 %
Kyslík	0 – 2 %
Vodík	0 – 1 %
Čpavek	0 – 1 %
Sirovodík	0 – 1 %

Mezi vlastnosti bioplynu patří výhřevnost. Ta je určena majoritním obsahem metanu ( $\text{CH}_4$ ). Ostatní minoritní plyny v bioplynu ( $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , ...) mají prakticky zanedbatelný energetický význam. Spalné teplo suchého bioplynu má hodnotu stejnou jako výhřevnost.

Hranice zápalnosti metanu ve směsi se vzduchem je 5 až 15 % objemových. Tato koncentrace metanu již tvoří výbušnou směs. Zápalná teplota bioplynu je určena stejnou hodnotou pro metan, tj. 650 až 750°C. Velmi důležitá je hodnota hustoty metanu, která je  $0,7175 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ, 2004).

Tab. 3: Shrnutí vlastností bioplynu (PASTOREK, WOLFF, 1992)

Charakteristika	Metan ( $\text{CH}_4$ )	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2$	$\text{H}_2\text{S}$	Bioplyn (60 % $\text{CH}_4$ + 40 % $\text{CO}_2$ )
Objemový podíl [%]	55 - 70	27 - 47	1	3	100
Výhřevnost [ $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ ]	35,8	-	10,8	22,8	21,5
Hranice zápalnosti [obj.%]	5 - 15	-	4 - 80	4 - 45	6 - 12
Zápalná teplota [°C]	650 - 750	-	585	-	650 - 750
Měrná hmotnost [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2



## 2.8.2 Vhodné materiály pro výrobu bioplynu

Největší množství organických materiálů lze získat ve formě vodních suspenzí jako městské kaly, exkrementy hospodářských zvířat, městské odpady, odpady potravinářského průmyslu a z části i odpady dřevozpracujícího průmyslu. Největším producentem organických látek u nás jsou hospodářská zvířata (ŠOCH, 1996).

Tab. 4: Produkce výkalů a množství bioplynu od jednotlivých druhů zvířat (PASTOREK, WOLFF, 1992).

Kategorie	Sušina výkalů vč. moče [kg * den <sup>-1</sup> ]	Výkaly celkem [kg * den <sup>-1</sup> ]	Množství bioplynu [m <sup>3</sup> * den <sup>-1</sup> ]
Hovězí dobytek:			
Dojnice [550 kg]	6	60	1,7
Hovězí žír [350 kg]	3	30	1,2
Odchov jalovic [330 kg]	3,5	35	0,9
Telata [100 kg]	1,25	12 - 15	0,3
Prasata:			
Výkrm [70 kg]	0,5	8,5	0,2
Prasnice [170 kg]	1,0	14	0,3
Prasnice se selaty [90 kg]	0,55	9	0,2
Selata [10 kg] menší	0,15	3	0,1
Selata [23 kg] větší	0,25	4	0,15
Kanci [250 kg]	1,3	18,5	0,3
Drůbež:			
Nosnice [2,5 kg]	0,036	0,15 – 0,30	0,016
Brojler [0,8 kg]	0,020		0,009
Kuřice [1,1 kg]	0,020		0,009

Z provozního hlediska lze využít exkrementy hospodářských zvířat z dostatečně velkých chovů. Pro klasický způsob zpracování anaerobní fermentací je tato velikost přibližně 4 000 až 5 000 ks prasat, 500 DJ skotu a 60 000 nosnic u bezstelivových nebo jen slabě přistýlaných provozů. U stelivového ustájení skotu lze zpracovávat hnůj na bioplyn již od koncentrace 100 DJ (ŠOCH, 1996).

### 2.8.3 *Anaerobní fermentace*

Jedná se o velmi složitý biochemický proces, který se skládá z mnoha dílčích, na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů. Metanogeneze je pouze konečná fáze biochemické konverze biomasy v anaerobních podmínkách na bioplyn a zbytkový fermentovaný materiál (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ, 2004).

Původcem anaerobního vyhnívání jsou dvě skupiny bakterií – kyselinotvorné a metanotvorné. K tomu, aby metanové bakterie mohly biologickou hmotu účinně zpracovávat, je třeba jim poskytnout přiměřenou teplotu (kolem 35°C), optimální kyselost prostředí (kolem pH 7,0) a dostatečný obsah živin. Doba zpracování odpadu v anaerobním provozu (tzv. doba zdržení) se u komunálních odpadů pohybuje mezi 10-30 dny, u prasečí kejdy kolem 10 dnů, u výkalů dojníc kolem 15 dnů, u drůbežního trusu 18-20 dnů. Klesá-li teplota, zvyšuje se doba zdržení, protože mikrobiální reakce je pomalejší (VEČEŘ, 1985).

Celý proces anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů můžeme rozdělit do čtyř základních fází.

**I. fáze** – HYDROLÝZA – začíná v době, kdy prostředí obsahuje vzdušný kyslík. Předpokladem pro její nastartování je mimo jiné dostatečný obsah vlhkosti – nad 50 % hmotnostního podílu. Hydrolytické mikroorganismy ještě striktně nevyžadují bezkyslíkaté prostředí. Enzymatický rozklad mění polymery (polysacharidy, proteiny, lipidy atd.) na jednodušší organické látky (monomery).

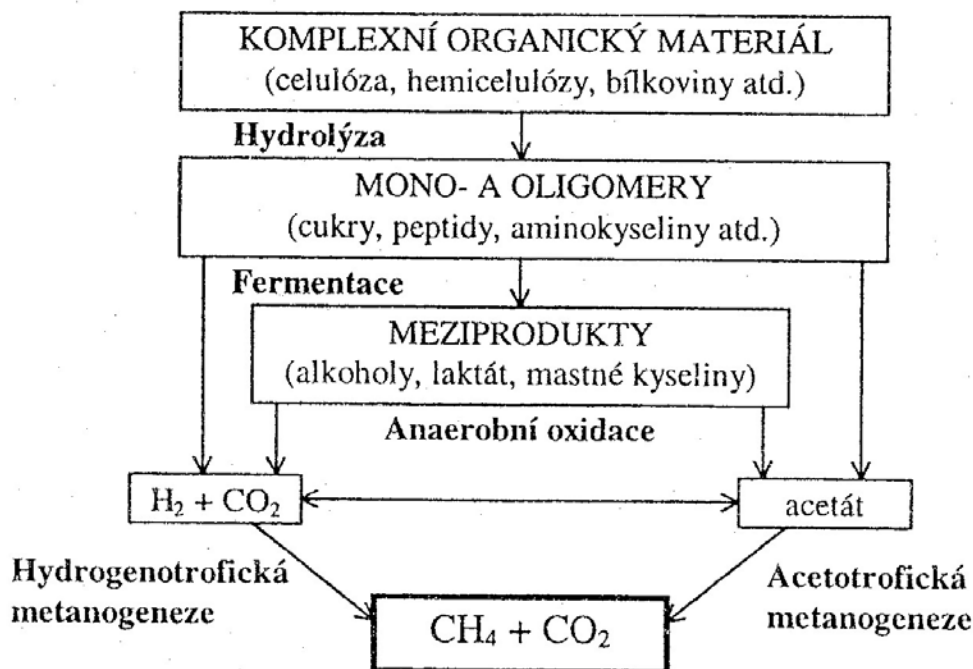
**II. fáze** – ACIDOGENEZE – zpracovávaný materiál může obsahovat ještě zbytky vzdušného kyslíku, v této fázi však dojde definitivně k vytvoření anaerobního (bezkyslíkatého) prostředí. Zajistí to četné kmeny fakultativních anaerobních mikroorganismů, které se aktivují v obou prostředích.

Vznik  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  a  $\text{CH}_3\text{COOH}$  umožňuje metanogenním bakteriím tvorbu metanu. Kromě toho vznikají jednodušší organické látky (vyšší organické kyseliny, alkoholy).

**III. fáze** – ACETOGENEZE – je někdy označována jako mezifáze. Acidogenní specializované kmeny bakterií transformují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), vodík ( $\text{H}_2$ ) a oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ).

**IV. fáze** – METANOGENEZE – metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají především kyselinu octovou ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) na metan ( $\text{CH}_4$ ) a oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ),

hydrogenotrofní bakterie produkují metan z vodíku ( $H_2$ ) a oxidu uhličitého. Určité kmeny metanogenních bakterií se chovají jako obojetné (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ, 2004).



Obr. 5: Čtyřfázový model anaerobní fermentace (NORDBERG, 1996, cit. VÁŇA, SLEJŠKA, 1998)

#### 2.8.4 Rozdělení bioplynových technologií podle SCHULZE a EDEROVÉ (2004)

Velký počet různých řešení bioplynových zařízení lze zredukovat na několik typických technologických postupů. Tyto postupy můžeme rozlišovat podle způsobu plnění (dávkový nebo průtokový postup), dále podle toho, zda jde o proces jednostupňový nebo vícestupňový, a konečně podle konzistence substrátu (pevný nebo kapalný).

##### 2.8.4.1 Dávkový způsob

U dávkového postupu se vyhnívací nádrž (fermentor) naplní najednou. Dávka pak vyhnívá do konce doby kontaktu, aniž se další substrát přidává nebo odnímá. Produkce plynu po naplnění pomalu roste, dosahuje maxima a poté klesá. Na konci, tzn. po skončení doby kontaktu, se vyhnívací nádrž najednou vyprázdí. Přitom se menší množství

vyhnilého kalu (cca 5 až 10 %) ponechá v nádrži, aby se nová dávka naočkovala „zpracovanými bakteriemi“.

Aby bylo možno dávkový fermentor naplňovat a vyprazdňovat jedním rázem, je zapotřebí mít vedle vyhnivací nádrže k dispozici také přídatnou nádrž a skladovací nádrž, a to o stejné velikosti, což tento postup prodražuje.

Další nevýhodou je, že než se obsah přípravné nádrže přemístí do vyhnivací nádrže, uplyne dlouhá doba, během níž už v přípravné nádrži probíhá proces rozkladu, což s sebou nese ztráty na dusíku a metanu.

#### **2.8.4.2 Metoda střídání nádrží**

Tato technologie pracuje se dvěma vyhnivacími nádržemi. Z přípravné nádrže, která pojme substrát získaný za 1 až 2 dny, se prázdná vyhnivací nádrž pomalu, ale rovnoměrně plní, zatímco v druhé probíhá vyhnivací proces. Když je první nádrž naplněna, obsah druhé nádrže se najednou přesune do skladovací nádrže a následně se tato vyprázdněná druhá nádrž začne plnit z přídatné nádrže. Mezi tím se vyhnilý kal ze skladovací nádrže vyváží na vhodné plochy, takže tato nádrž se průběžně zcela nebo částečně vyprazdňuje. Její kapacita by proto měla být větší než kapacita jedné vyhnivací nádrže.

Tento postup se vyznačuje rovnoměrnou výrobou plynu a dobrým hygienizačním účinkem, neboť během celé doby vyhnívání není doplňován čerstvý substrát. Nevýhodou jsou stejně jako u dávkového systému vysoké pořizovací náklady.

#### **2.8.4.3 Průtokový způsob**

Vyhnivací nádrž je stále naplněna a vyprazdňuje se pouze příležitostně kvůli odstranění usazenin. Z malé přípravné nádrže je čerstvý substrát – většinou jednou až dvakrát denně – dodáván do vyhnivací nádrže, přičemž zároveň a automaticky odchází odpovídající množství vyhnilého substrátu přepadem do skladovací nádrže.

Výhodou této metody je rovnoměrná výroba plynu a dobré vytížení vyhnivacího prostoru. Nevýhodou je především to, že v závislosti na míchací technice a typu nádrže může dojít ke smíchání čerstvého substrátu s vyhnilým materiálem, čímž se znehodnotí hygienizační efekt.

#### **2.8.4.4 Metoda se zásobníkem**

U zásobníkové metody jsou fermentor a skladovací nádrž spojeny do jedné nádrže. Při vyvážení vyhnílé kejdy se zásobník tedy vyprázdí až na malý zbytek, který je nutný k naočkování další náplně. Poté se kombinovaná vyhnívací a skladovací nádrž pomalu plní z přídatné nádrže nebo stálým přítokem kejdy přes přirozený přepad. Výhodou zásobníkového zařízení jsou především nízké náklady.

U zásobníkových zařízení s fóliovým krytem jsou problémem vysoké tepelné ztráty, také je nutné zajistit ochranu před povětrnostními vlivy (přístřešek nebo dvojitý fóliový kryt).

#### **2.8.4.5 Kombinovaná průtoková metoda se zásobníkem**

Kombinovaná průtokovo-zásobníková zařízení vznikla tak, že k průtokovému fermentoru byly připojeny dříve otevřené skladovací nádrže na vyhnílou kejdu dodatečně opatřené fóliovým poklopem nebo pevným krytem, a to s cílem zabránit ztrátám dusíku způsobeným anaerobními rozkladnými procesy a získat dodatečný bioplyn. Při dnešních obvyklých dobách skladování, což je zhruba 7 měsíců, pochází 20 až 40 % celkového výnosu plynu ze skladovací nádrže. Tato nádrž zpravidla není izolovaná, ani ohřívána nebo promíchávaná, takže náklady na dodatečný zisk plynu jsou relativně malé.

#### **2.8.4.6 Proces s tuhými substráty**

Opakovaně byly prováděny pokusy vyvinout postup vhodný pro nerozštělněný a nezkapalněný tuhý hnůj nebo jiné pevné substráty, například trávu. V praxi dosud stále vznikají problémy, především kvůli obtížné zpracovatelnosti hnoje (neskladnosti) při dopravě do fermentoru a průchodu fermentorem.

#### **2.8.5 Ekologické aspekty anaerobní digesce**

Základní pozitivní externalitou anaerobní digesce je omezování produkce skleníkových plynů, a to zejména při zpracování odpadní fytomasy. Mezi další výhody patří zmenšení intenzity zápachu kejdy, zabránění ztrátám živin, snížení vyplavování dusičnanů, zlepšení zdravotního stavu rostlin a snížení klíčivosti semen.

Spalováním bioplynu z fytomasy nevznikají škodlivé emise SO<sub>2</sub> a těžkých kovů. Bioplyn může být využit v kogeneračních jednotkách k produkci tepla a elektrické energie

a komprimovaný bioplyn může být použit jako palivo pro dopravní prostředky. Výrobou bioplynu je tak možné zabezpečit substituci všech druhů fosilních paliv a uspořít neobnovitelné energetické zdroje (VÁŇA, SLEJŠKA, 1998).

## 2.9 Etanol

Nejdůležitějšími plodinami pro výrobu etanolu jsou pšenice, kukuřice, sója, cukrovka (melasa), brambory. V podmínkách České republiky vychází nejlépe výroba etanolu z pšenice s denní výrobní kapacitou lihovaru nad 1 600 hl \* den<sup>-1</sup> (STRAŠIL, 2007).

Podle TICHÉHO et al. (2001) se jako nejvhodnější jeví pro výrobu etanolu pšenice ozimá a tritikale, respektive jejich určité odrůdy. Zrno tritikale a vybraných odrůd pšenice ozimé má vysoký obsah škrobu současně se sníženým obsahem bílkovin a nízkou hodnotou čísla poklesu. To charakterizuje vysokou amylázovou aktivitu vlastního zrna a tím i možnost snížení množství syntetické amylázy přidávané při technologickém postupu konverze škrobu na zkvasitelné cukry.

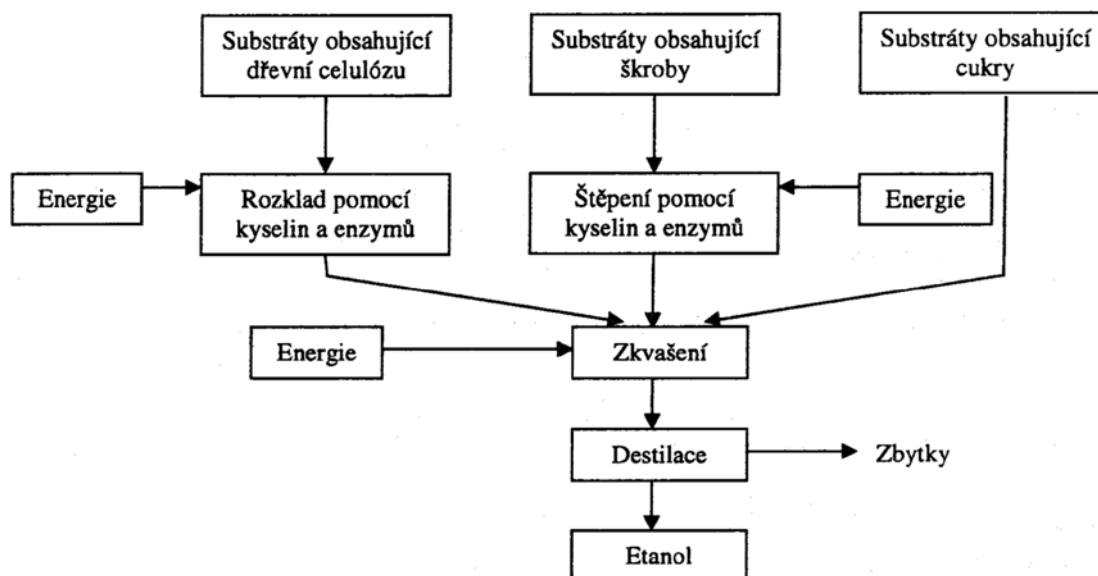
Pěstování pšenice ozimé a tritikale po obilnině je předpokladem dobré kvality zrna na výrobu etanolu. Po zlepšujících předplodinách se dosahuje vyššího obsahu bílkovin v sušině zrna, což není vhodné při výrobě etanolu.

Etanol vzniká alkoholovým kvašením cukrů. Výchozími surovinami jsou produkty obsahující cukr, škrob, příp. celulózu. Teoreticky je možno vyrobit z 1 kg cukru 0,65 l čistého etanolu. V praxi je však výtěžnost 90-95%, protože vedle etanolu se tvoří vedlejší produkty jako např. glycerin. Fermentace cukrů probíhá v mokřém prostředí (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1999).

Výroba etanolu z obilovin zahrnuje v prvním technologickém kroku enzymatickou konverzi škrobu obilného zrna na zkvasitelné cukry pomocí syntetického amylázového komplexu a dále klasickou kvasnou technologii výroby etanolu pomocí kvasinek rodu *Sacharomyces*. Z technologického postupu je zřejmé, že limitujícím faktorem určujícím vhodnost druhu obiloviny a následně genotypu je obsah škrobu v zrně. Druhým požadavkem je nízký obsah bílkovin v zrně. K výrobě etanolu je třeba, aby zrno mělo maximálně 11 % bílkovin a minimálně 65 % škrobu v sušině zrna (TICHÝ, 2001).

Vyrobený etanol se musí přečistit a zkoncentrovat destilací (lze dosáhnout 96 % obsahu etanolu, 4 % tvoří voda, která již destilací odstranit nelze) a v zásadě je možné jej

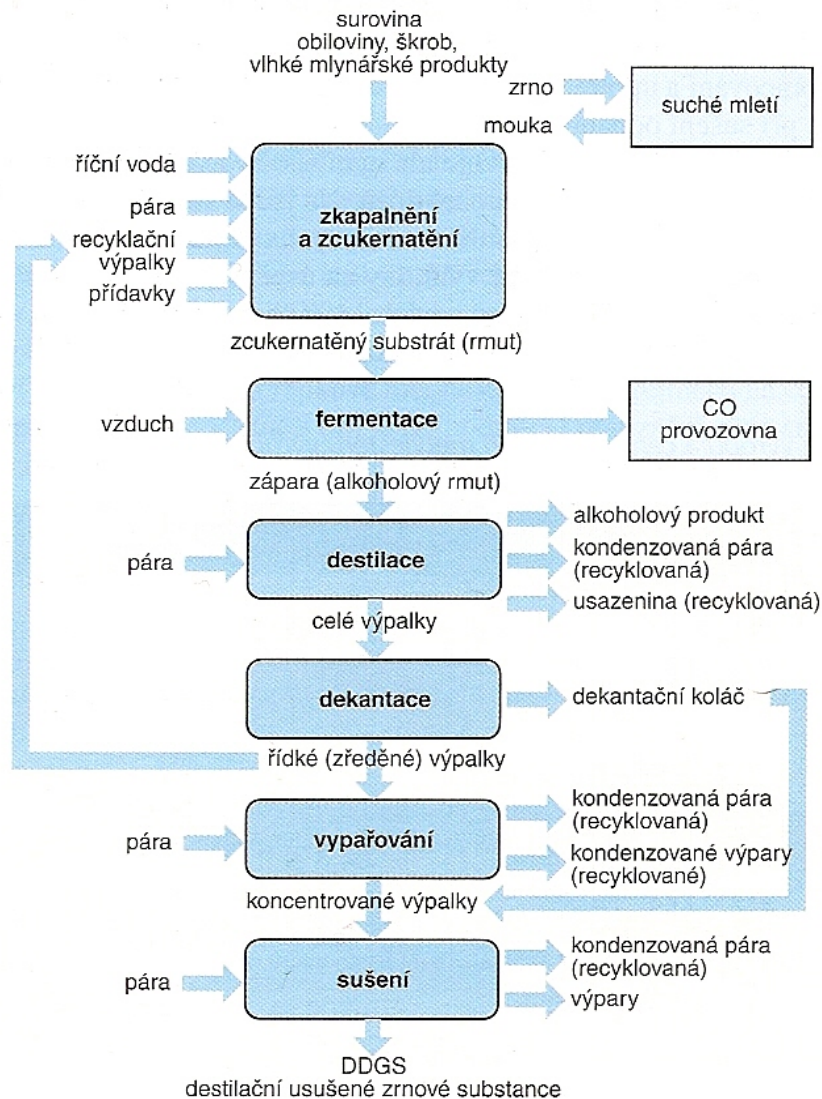
přímo používat jako palivo v upravených spalovacích motorech (MURTINGER, BERANOVSKÝ, 2006).



Obrázek 6: Schéma výroby etanolu z různých materiálů dle BROŽE a ŠOURKA (2003)

### 2.9.1 Výroba etanolu z obilovin

Etanol se získává destilačním dělením prokvašeného díla, kde se vyskytuje v koncentraci pohybující se v intervalu 6 až 14 %. V prokvašeném díle jsou kromě čistého etanolu ještě obsaženy látky vznikající v průběhu fermentace, a to: glycerin, vyšší alkoholy a jejich oxidační produkty, jakož i reakční produkty etanolu – aldehydy, kyseliny a estery. Celkové množství těchto vedlejších frakcí není vyšší než 1 % obsahu etanolu, problémem však je jejich obtížné oddělení od směsi, ve které dominuje etanol a voda. Všechny zmíněné látky se z hlediska destilačního dělení odlišují relativní těkavostí na látky lehčí, střední a těžší a způsob jejich oddělení je dobře znám. V případě kvasného lihu používáme termín **úkapy** pro lehčí frakce, které obsahují metanol, estery, kyseliny, aldehydy, a **dokapy** pro těžší frakce, obsahující stejné látky jako úkapy, ale v jiném poměru a menší podíl směsi vyšších alkoholů. Nejtěžší frakce, zvaná přiboudlina, je směsí obsahující nejvíce amylalkoholů (79 %), izobutanol (16 %), n-propanol (4 %) a menší podíly terpenů a terpenalkoholů a volných kyselin (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ, 2004).



Obrázek 7: Schéma výroby etanolu z obilovin (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ, 2004)

### 2.9.2 Použití etanolu pro benzinové motory

Přidávání tzv. oxigenátů (např. alkoholů) do automobilových benzinů začalo už ve dvacátých letech. Z alkoholů používaných do benzinů jsou nejdůležitější: metanol, etanol, izopropanol, t-butanol a jejich směsi. Z éterů to jsou hlavně: metyl-tercbutyl-éter (MTBE), etyl-tercbutyl-éter (ETBE), tercaml-tercbutyl-éter (TAME) a jejich směsi. Některé mají více charakter paliva, některé se používají jako antidetonační přísady.

U benzinových motorů se při používání přísady alkoholů nebo derivátů žádné úpravy neprovádějí. Úpravy se týkají pouze palivových soustav a nádrží, případně náhrady některých plastických nebo gumových materiálů.



Při použití čistých nebo téměř čistých alkoholů (např. brazilské motory) se zvyšují kompresní poměry motorů a používá se tzv. vrchní mazání.

Největší výhodou lihových paliv – tedy i etanolu – proti palivům uhlovodíkovým je to, že jejich zdroje jsou prakticky rozloženy rovnoměrně po celé zeměkouli, zatímco více než 50 % zásob ropy je v oblasti Středního východu.

Proti benzínu má etanol některé výhody, které se velmi příznivě projevují při procesu spalování:

- alkoholy hoří při nižší teplotě plamene a svítivosti, takže se vedením a sáláním odvede méně tepla do chladicího okruhu motoru,
- alkoholy hoří rychleji a tím způsobují účinnější vývin točivého momentu,
- spalováním alkoholu se vyvine větší objem spalin a to způsobí vyšší tlaky ve válci motoru.

Hlavní nevýhodou použití etanolu a ostatních alkoholů ve srovnání s benzínem je jejich nízká výhřevnost a tím i vyšší časová a měrná spotřeba paliva a z toho plynoucí potřeba větších palivových nádrží. Tuto nevýhodu lze snížit vhodnější konstrukcí motoru, např. zvýšením kompresního poměru. Další nevýhodou je, že jejich nižší odpařitelnost ztěžuje studené starty.

Užití etanolu sice přináší snížení koncentrací CO a HC, avšak koncentrace aldehydů a NO<sub>x</sub> poněkud rostou. Velkou nevýhodou užití etanolu je jeho vysoká výrobní cena a bez dotací je tato výroba ekonomicky ztrátová (KŘEPELKA, 1997).

### **2.9.3 Použití etanolu pro naftové motory**

Alkoholová paliva nejsou vhodná pro mísení s motorovou naftou. Tyto směsi však nabízejí možnost snížení emisí sirných složek a kouře. Metanol i etanol potřebují dvakrát vyšší teploty pro vznícení než běžná motorová nafta. Proto potřebují vysoké kompresní poměry nebo žhavicí svíčky nebo vhodná palivová aditiva podporující vznícení hlavně pro režimy studených startů. U zahřátých motorů je provoz na alkoholové palivo možný (KŘEPELKA, 1997).

Etanol má proti motorové naftě o 34 % horší výhřevnost a tím i vyšší spotřebu v motorech. Z tohoto pohledu daleko lépe vychází metylester řepkového oleje jako alternativní palivo do vznětových motorů (KÁRA, 2001).

Tab. 5: Porovnání základních parametrů s motorovou naftou (KŘEPELKA, 1997)

Parametr	Jednotka	Motorová nafta	Etanol	Metanol
Hustota	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0,84	0,79	0,795
Výhřevnost	$\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	42,50	26,80	19,67
	$\text{MJ} \cdot \text{dm}^{-3}$	35,70	21,17	15,64
Teoretická spotřeba vzduchu	$\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ paliva	14,90	9	6,40
Cetanové číslo	-	45-55	8	3
Relativní časová spotřeba	$\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$	1	1,58	2,16

## 2.10 Bionafta

Metylester kyselin řepkového oleje se liší chemicky od ropných produktů, avšak má podobnou hustotu, viskozitu, výhřevnost a průběh spalování jako motorová nafta. To znamená, že při použití bionafty ve vznětových motorech není třeba žádných konstrukčních změn. Navíc se dá bionafta neomezeně mísit s motorovou naftou.

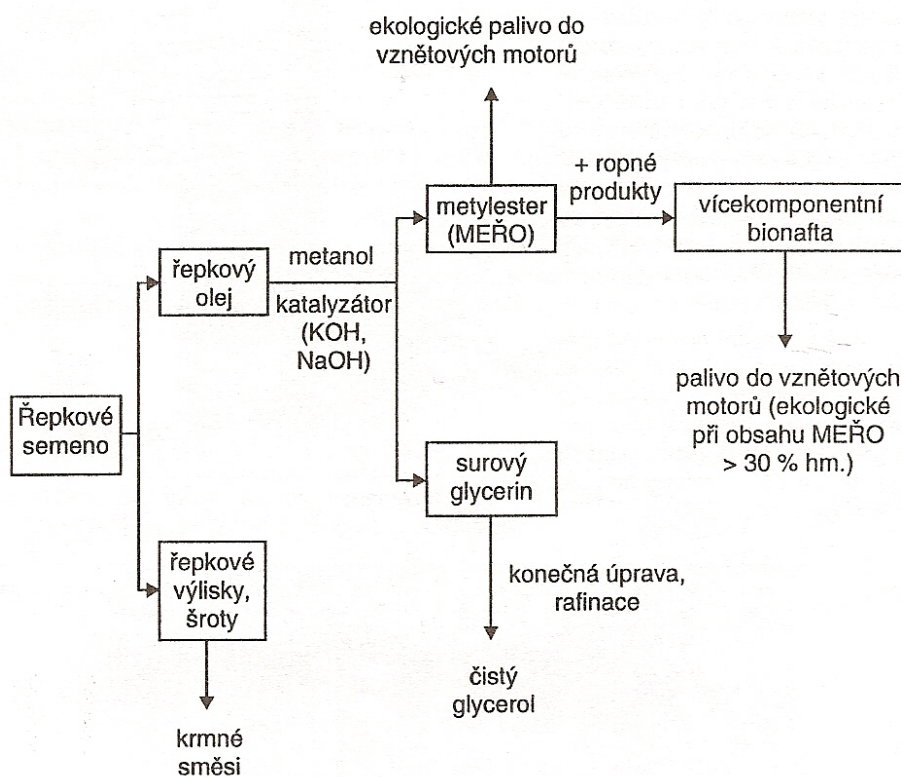
Dalším určitým problémem je zředění motorového oleje při použití bionafty, který lze řešit volbou nižších intervalů výměny motorového oleje. Bionafta má vyšší bod tuhnutí v porovnání s motorovou naftou. To má za následek, že dochází k určitým problémům při startování při teplotách pod  $+5^{\circ}\text{C}$ . Při teplotách pod bodem mrazu špatně startují studené motory a navíc vyvstávají problémy s dopravou paliva z nádrže do motoru. Tyto problémy lze odstranit přidáním vhodných aditiv.

Bionafta se vyrábí reesterifikací přírodních olejů a tuků metanolem za přítomnosti alkalických katalyzátorů (NaOH, KOH). Při reesterifikaci se z triglyceridu postupně uvolňují azylové zbytky, které se váží na metanol.

Vedle metylesteru mastné kyseliny se uvolňuje glycerol, který se uvolní z reakční směsi jako spodní, těžší fáze. Nejdříve se ze semen olejnin lisuje olej, který jde dále do strojní linky, která je tvořena míchačkou provozovanou za normálního tlaku a teploty (event. s přihřevem na  $60-80^{\circ}\text{C}$ ) pro triglycerid, míchačkou pro směs alkohol-katalyzátor s rekuperátorem procesního tepla, přes usazovací nádrž pro těžkou glycerinovou fázi, odpařovač alkoholu pro jeho regeneraci z lehké esterové fáze tvořící se při reesterifikaci, propírací a sedimentační nádrž pro bionaftu zbavenou zbytkem alkoholu, vysoušeč promyté esterové fáze a kondiční stupeň před uskladněním, event. expedicí bionafty.

Při reesterifikaci za studena zůstává v produktu 8-17 % tuků, což omezuje dobu skladovatelnosti v létě až na 4 týdny. Reesterifikace za tepla umožňuje zvýšit kvalitu

bionafty, výtěžnost, ale i technologickou spotřebu energie. Při výnosu  $3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  semene lze získat minimálně 1 t bionafty (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996).



Obrázek 8: Obecné technologické schéma výroby MEŘO a jeho komplexní využití, včetně vedlejších produktů (POKORNÝ, 1998)

MEŘO je čirá nažloutlá kapalina bez mechanických nečistot a viditelné vody, je neomezeně mísitelná s motorovou naftou. Je netoxická, neobsahuje těžké kovy ani žádné látky škodlivé zdraví. Je agresivní vůči běžným nátěrům a pryžím.

Složení MEŘO podle KÁRY (2001):

- asi 98 % metylesterů mastných kyselin řepkového oleje,
- do 1 % směsi mono-, di- a triglyceridů,
- do 0,3 % volných mastných kyselin,
- do 0,3 % metanolu,
- do 0,02 % volného glycerolu,
- zbytek tvoří nezmýdelnitelné látky.

### 2.10.1 Porovnání MEŘO s motorovou naftou

Z porovnání MEŘO s motorovou naftou vyplývají při stejném seřízení palivové soustavy tyto rozdíly:

- pokles výkonových parametrů u MEŘO zhruba o 3-5 %,
- růst objemové spotřeby u MEŘO asi o 6-9 %
- evidentně vyšší mazivost u MEŘO.

Při provozu s čistým MEŘO vzniká, zejména při malém zatížení motoru a nízké vnější teplotě, vyšší nebezpečí postupného ředění motorového oleje palivem než u motorové nafty. Toto nebezpečí snížení mazacích schopností je menší u přeplňovaných motorů. Stupeň naředění lze tolerovat do hodnoty 20 % obsahu MEŘO u speciálních motorových olejů.

Tomuto jevu se čelí buď používáním speciálních motorových olejů vyvinutých pro provoz s MEŘO, nebo zkrácením intervalu mezi výměnami motorového oleje (POKORNÝ, 1998).

Tab. 6: Porovnání typických vlastností řepkového oleje, MEŘO a motorové nafty (POKORNÝ, 1998)

Vlastnosti	Měrné jednotky	Řepkový olej	MEŘO	Motorová nafta
Hustota při 15°C	kg * m <sup>-3</sup>	915	880	840
Kinematická viskozita při 20°C	mm <sup>2</sup> * s <sup>-1</sup>	98	7,5	6,5
Bod vzplanutí	°C	300	130	75
Cetanové číslo	-	40	52	50
Filtrovatelnost	°C	+15	-10	0/-10/-20 <sup>x)</sup>
Výhřevnost	MJ * kg <sup>-1</sup>	36	37,1	42,5

<sup>x)</sup> podle způsobu aditivace

## 2.11 Termodynamické podmínky vzniku maximálních výnosů plodin

Růst organické hmoty představuje přechod kinetické energie slunečního záření do stavu, v němž je energie akumulována v podobě organické hmoty.

Vlivem této přeměny energie představuje porost soustavu, jež je schopna zvětšovat svůj objem, má své vnitřní energetické poměry, kde působí teplota (jako odraz slunečního

záření), tak i spotřebitel tepla – srážky. Rostlinný porost představuje otevřenou termodynamickou soustavu (KUDRNA, 1985).

Řízení činnosti zemědělské soustavy je komplikováno působením nahodilých veličin, jednou z nich je počasí. Je třeba vhodným způsobem definovat požadavky polních plodin na srážky v jednotlivých fázích jejich vývoje, v jednotlivých měsících vegetace (KUDRNA, 1979).

Nedostatek srážek v kritickém období má za následek silné snížení výnosu. Toto období nazýváme kritickou termodynamickou fází. Některé polní plodiny (pozdní brambory, kukuřice, píceiny) mají dvě kritické fáze (KUDRNA, 1985).

Tab. 7: Kritické termodynamické fáze hlavních polních plodin (KUDRNA, 1985).

$\Delta U_{\min}$ v měsíci				
IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
	Píceiny na orné půdě	Brambory	Píceiny na orné půdě	Cukrovka
	Oves	Řepka ozimá	Mák	Krmné okopaniny
	Ječmen	Kukuřice		Brambory
	Pšenice ozimá			Kukuřice
	Žito			

### 2.11.1 Anomálie termodynamického procesu růstu

Prakticky jsou zajímavé situace, ve kterých dochází k porušení těchto termodynamických vztahů, takové anomálie se vyskytují jednak při nedostatku srážek, jednak při jejich nadbytku v některé z uvedených fází.

#### a) Při nedostatku srážek

Při nedostatku srážek se zastavuje růst. Zvyšuje se intenzita všech energetických procesů v rostlině a vzniká tendence ukončit vegetaci. Při dlouhém trvání této situace dochází k meznímu stavu, v němž soustava již není schopna využít vlivem silného přehřátí další příkon energie, dochází k nevratné deaktivaci enzymů a bílkovin. Stav maximálního zatížení soustavy přechází do stavu konfliktního.

Konfliktní stav nastává mnohem rychleji, nastane-li nedostatek vody v tzv. kritickém období. Proto toto období, které je poměrně krátké, má rozhodující vliv na utváření výnosu.

b) Při nadbytku srážek

Záleží opět na termodynamické fázi, ve které nadbytek srážek nastává.

V kritickém období rostliny, kdy je zpravidla dostatek tepla, nepřivádí nadbytek srážek organismus do konfliktní situace. Velký nadbytek srážek způsobuje maximální zatížení, které se zpravidla podaří v tomto období vyrovnat. Snižuje se však vnitřní energie, zejména obsah sacharidů a bílkovin.

Na konci vegetace polních plodin působí nadbytek srážek nepříznivě, neboť vlivem velkého odvedení tepla způsobuje prodloužení vegetační doby. U obilnin se poškozuje zrno vlivem porůstání v klase, což zhoršuje jeho kvalitu. Podobný jev nastává i u brambor, které vytvářejí nové hlízy („zmlazují se“). Cukrovka při nadbytku srážek na konci vegetace pokračuje v růstu a tvorbě výnosu. Na konci vegetace množství tepla již nestačí křít potřebnou rovnováhu, a proto je část práce kryta z vnitřní energie. Dochází ke spotřebovávání akumulovaného cukru, jehož obsah klesá a zhoršuje se kvalita bulev (KUDRNA, 1985).

Tab. 8: Termodynamické fáze růstu polních plodin (KUDRNA, 1985)

Termodynamická fáze	Růstová fáze
I.	Vytváření kořene
II.	Klíčení a růst nadzemní hmoty
III.	Intenzivní růst
IV.	Zrání

## 3 METODIKA

### 3.1 Podklady pro analýzu a návrh vnitřní struktury zemědělské soustavy

Analýza vnitřní struktury Zemědělsko-obchodního družstva Němčice byla zpracována podle metodických postupů doporučených Prof. Ing. Karlem Kudrnou, DrSc. Cílem práce bylo provést návrh vnitřní struktury Zemědělsko-obchodního družstva Němčice se zaměřením na produkci bioenergie. V práci je počítáno s výrobou etanolu z obilovin, bionafty z řepky a výroba bioplynu z odpadů vznikající při chovu skotu.

K výpočtu parametrů byl použit program „Soustavy“ od Ing. S. Vithy na počítači katedry agroekologie, sekce agrochemie a pedologie. Tento program počítá parametry vnitřní struktury a sestavuje grafy vybraných parametrů. Ve sledovaném období umožňuje hodnotit vývoj parametrů pomocí regresních přímek a regresních koeficientů.

Vstupní údaje potřebné pro analýzu a návrhy vnitřní struktury zemědělské soustavy byly získány z ročních statistických výkazů Zemědělsko-obchodního družstva Němčice. Údaje jsou zpracovány za časovou řadu deseti let (od roku 1997 – 2006).

Jde o tyto údaje:

- 1) plochy sklizně a výnosy plodin
- 2) stavy skotu
- 3) spotřeba minerálních hnojiv

#### 3.1.1 *Plochy sklizně a výnosy plodin*

Údaje byly získány z ročních výkazů o sklizni zemědělských plodin, označovaných Zem 6-01. Plochu sklizně zaokrouhlujeme na celé hektary a výnosy v tunách na 2 desetinná místa.

Pěstované plodiny a trvalé travní porosty v Zemědělsko-obchodním družstvu Němčice za období 1997 – 2006:

- kukuřice na siláž
- ostatní jednoleté pícniny

- jetel červený
- obiloviny
- brambory pozdní konzumní
- řepka
- louky
- pastviny

Pro biologické disciplíny lze použít klasifikace stupně závislosti dle koeficientu korelace, kterou udává následující tabulka.

Tab. 9: Stupeň statistické závislosti

Hodnota koeficientu korelace	Stupeň statistické závislosti
$0,3 >  r_{xy} $	nízký
$0,3 \leq  r_{xy}  < 0,5$	mírný
$0,5 \leq  r_{xy}  < 0,7$	střední
$0,7 \leq  r_{xy}  < 0,9$	vysoký
$0,9 \leq  r_{xy}  < 1,0$	velmi vysoký
$ r_{xy}  = 1,0$	matematická závislost

(ČERMÁKOVÁ, STŘELEČEK, 1995)

### 3.1.2 *Stavy skotu*

Do počítačového programu „Soustavy“ se uvádí celkový stav skotu jedním číslem v dobytčích jednotkách za rok ( $DJ \cdot rok^{-1}$ ). Výpočet se provádí z průměrného stavu skotu jednotlivých kategorií v určitém roce, vynásobením příslušným koeficientem přepočtu na DJ. Koeficienty pro přepočet jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 10: Přepočet kategorií skotu na DJ

Kategorie	Koeficient
Krávy	1,00
Telata	0,22
Skot chovný do 1 roku	0,47
Skot chovný od 1 – 2 let	0,79
Skot ve výkrmu	0,65
Vysokobřezí jalovice (od 6. měsíce březosti)	1,00



Průměrné stavy v jednotlivých kategoriích skotu počítáme takto:

$$\frac{(\text{stav k 1.1.}) + 2 * (\text{stav k 1.7.}) + (\text{stav k 31.12})}{4}$$

Další možný způsob je jednodušší, ale je méně přesný:

$$\frac{(\text{stav k 1.1.}) + (\text{stav k 31.12})}{2}$$

U kategorií skotu, kde jsou k dispozici údaje o krmných dnech, lze použít tento výpočet:

$$\text{průměrný stav v roce} = \frac{\text{celk. počet krm. dnů za rok}}{\text{počet dnů v roce}}$$

### **3.1.3 Spotřeba minerálních hnojiv**

Množství spotřebovaných minerálních hnojiv (N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O) se do počítačového programu zadává jediným číslem za každý rok (NPK celkem v tunách).

## **3.2 Dekompozice struktury zemědělské soustavy metodou uhlíkové bilance**

Řešení pomocí uhlíkové bilance můžeme shrnout do několika kroků:

1. Dekompozice zemědělské soustavy ZOD Němčice
2. Výpočet parametrů
3. Výpočet normální struktury zemědělské soustavy
4. Výpočet struktur jednotlivých návrhů se zaměřením na energetické využití

### **3.2.1 Dekompozice zemědělské soustavy**

Při dekompozici struktury zemědělské soustavy se vyhodnotí suchá hmota všech plodin, které jsou zdroji uhlíku a přepočítá se na aktivní uhlík pomocí koeficientu.

Přepočítávací koeficienty jsou:

0,386 – koeficient přepočtu sušiny na aktivní uhlík

0,785 – koeficient pro výpočet aktivního uhlíku po konverzi živin

0,450 – koeficient pro výpočet suché hmoty rhizomů, ze suché hmoty víceletých píceňin

0,360 – koeficient pro výpočet aktivního uhlíku ze sušiny rhizomů víceletých píceňin

0,065 – koeficient pro výpočet aktivního uhlíku zrna obilovin

1,270 – koeficient pro převod zrna obilovin na slámu

Způsob výpočtu dekompozice zemědělské soustavy je uveden v následující tabulce:

Tab. 11: Dekompozice zemědělské soustavy

Plodina	Výpočet	$\Sigma C_k$ [t]
Ostatní jednoleté píceiny + kukuřice ( $\Sigma Y_{s_0}$ )	$\Sigma Y_{s_0} * 0,386 * 0,785$	$\Sigma C_0$
Víceleté píceiny ( $\Sigma Y_{s_1}$ )	$\Sigma Y_{s_1} * 0,386 * 0,785$	$\Sigma C_1$
Rhizomy ( $\Sigma Y_{s_{1ri}}$ )	$\Sigma Y_{s_{1ri}} * 0,360$	$\Sigma C_{1ri}$
Obiloviny – zrno ( $\Sigma Y_{2z}$ )	$\Sigma Y_{2z} * 0,065$	$\Sigma C_{2z}$
Obiloviny – sláma ( $\Sigma Y_{s_{2sl}}$ )	$\Sigma Y_{s_{2sl}} * 0,386$	$\Sigma C_{2sl}$
Louky ( $\Sigma Y_{s_{4a}}$ )	$\Sigma Y_{s_{4a}} * 0,386 * 0,785$	$\Sigma C_{4a}$

### 3.2.2 Výpočet parametrů

Podíl produkce suché hmoty jednoletých pícnin ku víceletým pícninám a loukám:

$$ETA0 = \frac{\Sigma Y_{S_{0-kuk.}}}{\Sigma Y_{S_{(1+4a)}}}$$

Poměr zrna k uhlíkatým zdrojům:

$$ETA2 = \frac{\Sigma Y_{2z}}{\Sigma Y_{S_{(0+1ri+4a)}}}$$

Aktivní podíl zdrojů uhlíku k zrnu obilovin:

$$OMEGA2 = \frac{\Sigma C_k}{\Sigma Y_{2z}}$$

Spotřeba minerálních hnojiv na 1 ha zemědělské půdy [ $t * ha^{-1}$ ]:

$$\text{Spotřeba} = \frac{\Sigma H}{Pz}$$

Hustota skotu [ $DJ * ha^{-1}$ ]:

$$h_z = \frac{\Sigma Z}{Pz}$$

Krmné množství [ $t * DJ^{-1} * rok^{-1}$ ]

$$k_n = \frac{\Sigma Y_{S_{(0+1+4)}}}{\Sigma Z}$$

### 3.2.3 Výpočet normální struktury zemědělské soustavy

Při výpočtech normální struktury jsou vstupními údaji průměrné výnosy plodin a plochy zemědělské a orné půdy za časovou řadu. Zpravidla se vychází ze sklizně zrna obilovin, ke které dopočteme podle schématu uhlíkové bilance teoretickou potřebu zdrojů a teoretické množství spotřebitelů uhlíku.

Výpočet potřeby zdrojů uhlíku ( $\Sigma Y_{S(0+1+4a)}$ ) provedeme pomocí průměrné sklizně obilovin ( $\Sigma Y_{2z}$ ) a Planckovy konstanty ( $C_2^P$ ). Planckova konstanta (1,4388) je přepočítávací koeficient sušiny jednoletých píceň, víceletých píceň a drnového fondu na objem zrna obilovin.

$$\Sigma Y_{S(0+1+4a)} = \Sigma Y_{2z} * C_2^P \text{ [t]}$$

Z celkového objemu zdrojů uhlíku ( $\Sigma Y_{S(0+1+4a)}$ ) by měl podíl jednoletých silážních plodin ( $\Sigma Y_{S_0}$ ) činit 0,215 (koeficient konverze – množství sušiny krmného množství, které odchází prostřednictvím zvířat ze soustavy). Plochu ( $P_0$ ) vypočteme vydělením průměrným výnosem jednoletých silážních plodin. Procenticky vyjádřenou plochu vypočítáme z plochy orné půdy  $P_{or}$ .

$$\Sigma Y_{S_0} = \Sigma Y_{S(0+1+4a)} * 0,215 \text{ [t]}$$

$$P_0 = \frac{\Sigma Y_{S_0}}{Y_{S_0}} \text{ [ha]}$$

$$P_0 = \frac{P_0}{P_{or}} * 100 \text{ [%]}$$

Potřeba víceletých píceň ( $\Sigma Y_{S_1}$ ) je rozdíl potřeby suché hmoty zdrojů uhlíku  $\Sigma Y_{S(0+1+4a)}$  a součtu jednoletých silážních plodin ( $\Sigma Y_{S_0}$ ) a luk ( $\Sigma Y_{S_{4a}}$ ). Plochu  $P_1$  vypočteme vydělením průměrným výnosem víceletých píceň.

$$\Sigma Y_{S_1} = \Sigma Y_{S(0+1+4a)} - \Sigma Y_{S_0} - \Sigma Y_{S_{4a}} \text{ [t]}$$

$$P_1 = \frac{\Sigma Y_{S_1}}{Y_{S_1}} \text{ [ha]}$$

$$P_1 = \frac{P_1}{P_{or}} * 100 \text{ [%]}$$

Výpočet podílu zrna obilovin vychází z průměrných výnosů a průměrné výměry obilovin.

$$P_2 = \frac{\Sigma Y_{2z}}{Y_{2z}} \text{ [ha]}$$

$$P_2 = \frac{P_2}{P_{or}} * 100 \text{ [%]}$$

Sklizeň suché hmoty spotřebitelů uhlíku ( $\Sigma Y_{S(3+5)}$ ) se rovná uhlíku slámy. Při výpočtu se použije koeficient přepočtu zrna na slámu (1,27) a koeficient přepočtu slámy na aktivní uhlík (0,386).

$$\Sigma Y_{S(3+5)} = \Sigma C_{2sl} = \Sigma Y_{2z} * 1,27 * 0,386 \text{ [t]}$$

$$P_{(3+5)} = \frac{\Sigma Y_{S(3+5)}}{Y_{S(3+5)}} \text{ [ha]}$$

$$P_{(3+5)} = \frac{P_{(3+5)}}{P_{or}} * 100 \text{ [%]}$$

Procentický součet všech plodin na orné půdě:

$$P_{0+1+2+(3+5)} \text{ [%]}$$

### ***3.2.4 Výpočet zemědělských struktur se zaměřením na energetické plodiny***

Při výpočtech jednotlivých návrhů postupujeme podle obdobných postupů jako při sestavování normální struktury. Pro výpočet používáme výnosy vypočítané metodou četností. Nejprve si zvolíme výnosové intervaly a k nim se přiřazují četnosti výskytu. Zvolíme si určitou hranici a z hodnot přesahujících tuto hranici počítáme průměrný výnos s určitým procentem výskytu.

Pro výpočet množství energie u jednotlivých variant byly použity následující koeficienty (KUDRNA, ŠINDELÁŘOVÁ, 2000).

$$1 \text{ DJ} = 0,943 \text{ m}^3 \text{ bioplynu denně}$$

$$1 \text{ DJ} = 1,69 \text{ kWh energie denně}$$

$$1 \text{ kg etanolu} = 3,38 \text{ kWh}$$

1 kg etanolu = 1,13 l

1 t zrna = 342 l etanolu (při průměrné kvalitě práce lihovaru)

1 l etanolu = 2,99 kWh

1 kg oleje = 1,5 m<sup>3</sup> bioplynu

1 kg oleje = 2,52 kWh

1 t semene řepky = 320 kg oleje

#### Normální zemědělská soustava

Vychází z metodiky výpočtu normální zemědělské struktury, viz kapitola 3. 2. 3. V soustavě počítáme se zastoupením jednoletých a víceletých píceňin 49,48 %, obilovin 53,80 %, okopanin a olejnin 13,99 %. Součet ploch vychází více než 100 %. To znamená, že teoretická spotřeba zdrojů uhlíku podle uhlíkové bilance je vyšší než skutečná.

#### Varianta 1

Varianta 1a je zaměřena na obiloviny (60 %) se sníženým množstvím plodin charakteru spotřebitelů.

Varianta 2b je zaměřena na olejninu. Plochy řepky ozimé navýšíme na 15 % a zároveň dojde ke snížení ploch obilovin.

#### Varianta 2

Varianta 2 je zaměřena na výrobu bioplynu. Plochy víceletých píceňin navýšíme na 25 %. Varianta 2a je také zaměřena na výrobu bioplynu při navýšení výnosů.

### 3.3 Tvorba termodynamické křivky

Růst každé plodiny (odrůdy) je charakterizován zcela určitým průběhem změn vnitřní energie během vegetace, který můžeme vyjádřit graficky. Křivku, kterou dostaneme, nazýváme charakteristickou termodynamickou křivkou dané plodiny či odrůdy v daných podmínkách.

Jestliže chceme vyjádřit tyto poměry měřitelnými příznaky, pak musíme vyjít z hodnot maximálního výnosu, který byl dosažen v časové řadě a v daném bioenergetickém potenciálu půdy. Do výpočtu se zahrne i poměr srážek a teplot, za kterých maximální výnos vznikl.

Výpočet uděláme v počítačovém programu DELTA U od Ing. Vítězslava Šindeláře pro tvorbu a propočet termodynamické křivky.

$$\Delta U = [(t_{cn} / t_c) + (- h_{sn} / h_s)] * Y_{s \max}$$

kde  $\Delta U$  – celková změna vnitřní energie, jež charakterizuje výnos suché hmoty,

$t_{cn}$  – teplota sledovaného období (dekáda, měsíc),

$h_{sn}$  – srážky ve sledovaném období,

$t_c$  – úhrn teplot za vegetaci v roce  $Y_{\max}$ ,

$h_s$  – úhrn srážek za vegetaci v roce  $Y_{\max}$ ,

$Y_{\max}$  – maximální dosažený výnos v delší časové řadě

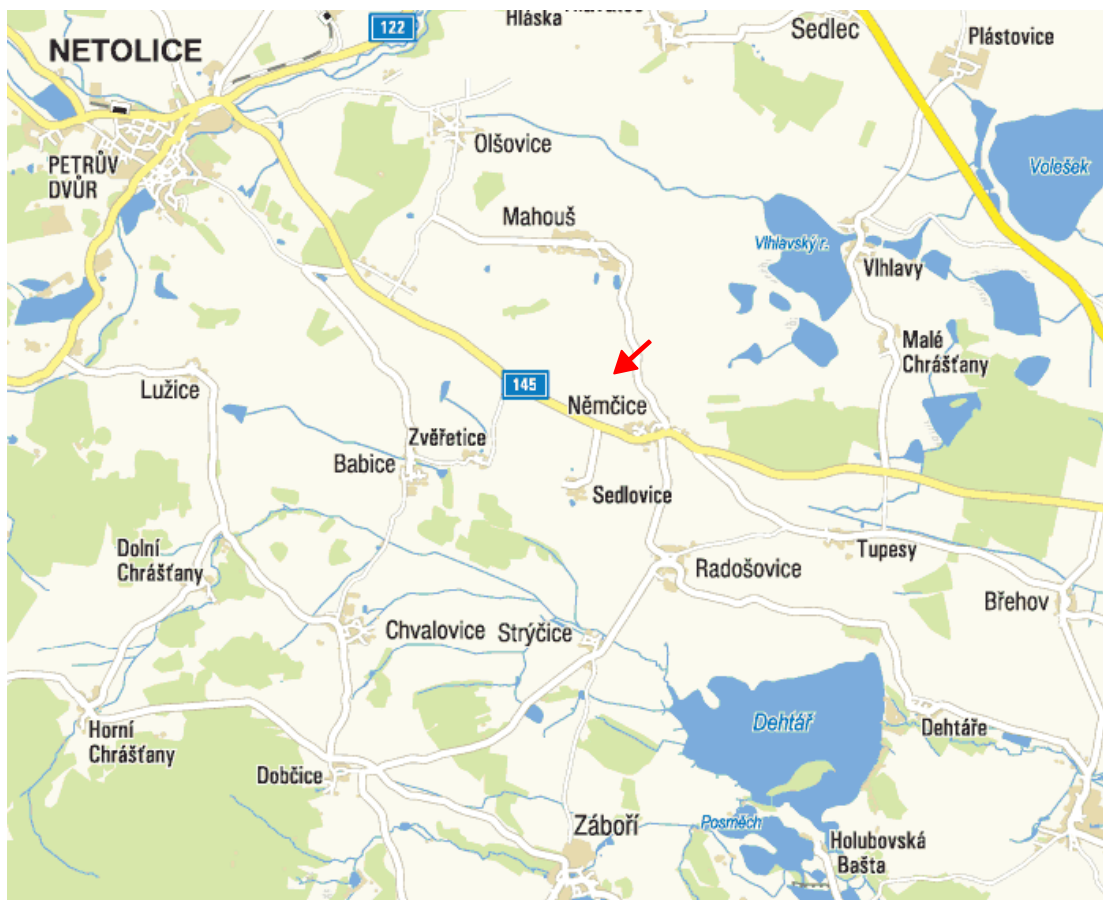
Z rovnice je patrné, že výraz  $[(t_{cn} / t_c) * Y_{s \max}]$  charakterizuje příkon tepla do bioenergetické soustavy v roce maximálního výnosu a výraz  $[(h_{sn} / h_s) * Y_{s \max}]$  charakterizuje spotřebu – odvedení tepla na růst (práci). O tuto hodnotu se tedy sníží celková změna vnitřní energie  $\Delta U$ .

$\Delta U$  se tedy stává důležitým kritériem pro posouzení a měření energetických podmínek akumulace organické hmoty (KUDRNA, 1985).

## 4 VLASTNÍ PRÁCE

### 4.1 Charakteristika zemědělského podniku

Zemědělsko-obchodní družstvo Němčice (ZOD Němčice) hospodaří v Jihočeském kraji na území bývalého okresu Prachatice. ZOD Němčice vzniklo transformací z bývalého ZD Němčice v roce 1992. Tento podnik je zaměřen jak na rostlinnou, tak i na živočišnou výrobu. V rostlinné výrobě je nosným programem pěstování obilí jak potravinářského tak krmného, pěstování řepky a píce na orné půdě. V současné době družstvo hospodaří na 2171 hektarech půdy, z toho je 1670 hektarů orné půdy a zbylých 501 hektarů tvoří louky a pastviny. Část pozemků patří do Českobudějovické pánve a část do Šumavského podhůří. Podnik se také zabývá chovem skotu (všech kategorií) na mléko a maso, chovem prasat (všech kategorií). Počet kusů chovaného skotu se pohybuje mezi 1150 až 1250, z toho je přibližně 450 dojnic (průměrná mléčná užitkovost je  $7\,200\text{ l} \cdot \text{rok}^{-1}$ ). Počet kusů prasat se pohybuje okolo 2000, jedná se o finální hybrid BU x L x syntetická linie. Z celkového počtu prasat je 250 prasnic s užitkovostí 20-21 selat za rok.



Obrázek 9: Přehledná situace (červená šipka znázorňuje obec Němčice)

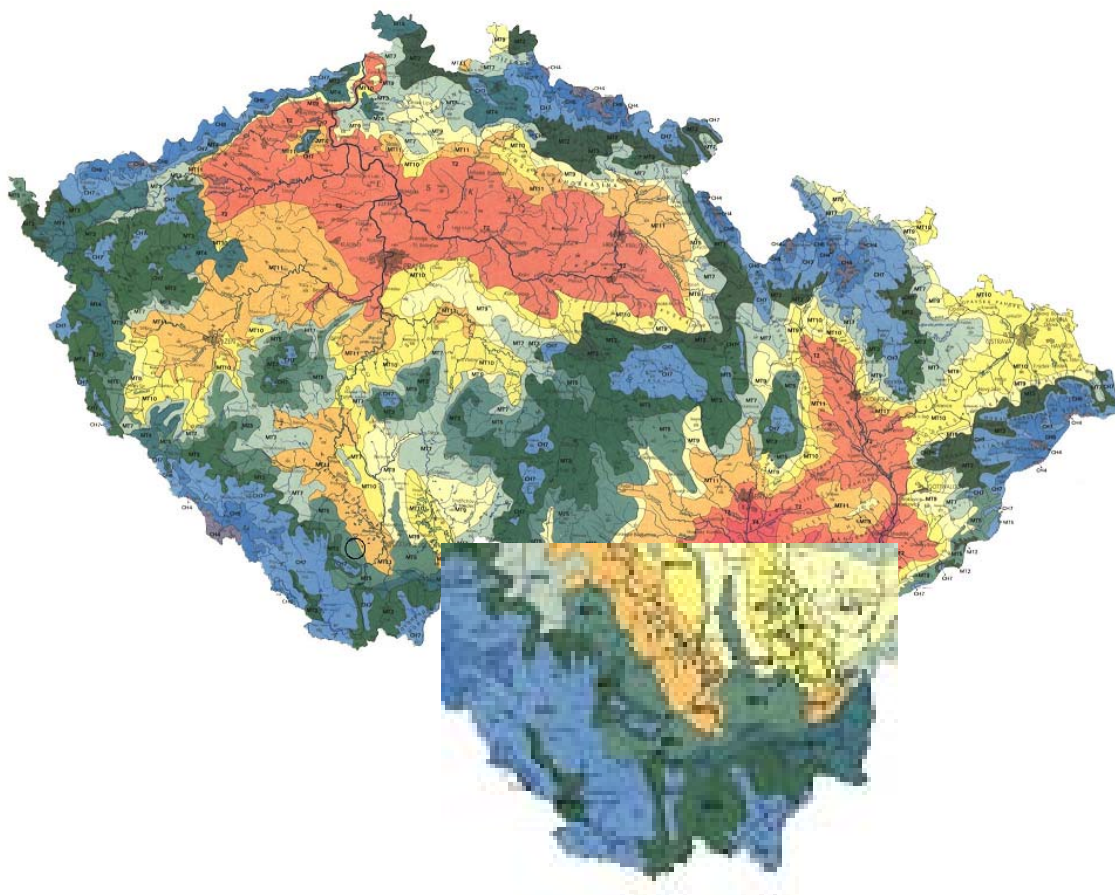
## 4.2 Přírodní podmínky

Z hlediska základních klimatologických charakteristik spadá většina výrobního území ZOD Němčice do klimatického okrsku MT 11. Malá část pozemků patří do klimatického okrsku MT 5.

Průměrná roční teplota je 6,2 °C a průměrné roční srážky se pohybují kolem 580 - 620 mm. ZOD Němčice patří do bramborářského výrobního typu.

MT 11 – dlouhé léto, teplé a suché, přechodné období krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky.

MT 5 – normální až krátké léto, mírné až mírně chladné, suché až mírně suché, přechodné období normální až dlouhé, s mírným jarem a mírným podzimem, zima je normálně dlouhá, mírně chladná, suchá až mírně suchá s normální až krátkou sněhovou pokrývkou (QUITT, 1971).



Obrázek 10: Klimatické regiony ČR



### 4.2.1 *Geologické poměry*

Z hlediska geomorfologického členění území ČR náleží ZOD Němčice do následujících jednotek:

ČESKÁ VYSOČINA

I.Šumavská soustava

IB Šumavská hornatina

IB-2 Šumavské podhůří

IB-2F Bavorovská pahorkatina

IB-2Fg Netolická pahorkatina

Průměrná nadmořská výška je okolo 450 m n. m. Nejnižše položené pozemky se nachází v nadmořské výšce 405 m n. m., naopak nejvýše položené pozemky jsou ve výšce 510 m n. m.

### 4.2.2 *Půdní podmínky*

Zájmové území leží z větší části v oblasti Moldanubika, tvořené biotitickými pararulami, granulity a amfibolity. Na malé části území jsou vyvěřelé horniny kyselé.

Biotitické pararuly jsou metamorfované horniny předprvohorního stáří. Jsou šedé barvy, středně zrnité, poměrně dobře zvětrávají na hluboký drobně šterkovitý substrát.

Svahoviny, převážně z kyselého materiálu, jsou sedimenty holocenního stáří, vzniklé z okolních zvětralých hornin, přeplavených ronem dešťových vod po svahu. Jsou kyselé a minerálně chudší. Převážně jsou velmi hluboké.

Na základě výsledků komplexního průzkumu půd se v daném území vyskytují následující genetické půdní představitele:

HP	hnědá půda
HPg	hnědá půda oglejená
HPG	hnědá půda glejová
OG	oglejená půda

**Hnědé půdy** - vznikají na pararule v horních partiích svahů. Úrodnost bývá snížena nižší biologickou aktivitou, zvýšenou kyselostí, nenasyceností sorpčního komplexu,

malou fyziologickou hloubkou půdního profilu. Omezená hloubka značné části profilů hnědých půd je výslednicí smyvných a erozních pochodů, ke kterým dochází na orné půdě.

**Hnědé půdy oglejené** - u těchto půd je hlavní pedogenetický proces, jako u předchozích hnědých půd, ke kterému přistupuje v důsledku periodického zvýšení vláhý nad nepropustnou vrstvou proces oglejení. Projevuje se výskytem rezivých skvrn a modrošedým mramorováním, které směrem do hloubky slábne a mizí.

Velmi hluboké, hluboké až středně hluboké profily těchto půd mají podobnou morfologickou charakteristiku, jako hnědé půdy. Fyzikální vlastnosti těchto půd jsou v důsledku narušení vodního režimu zhoršené. Agronomická hodnota, oproti předešlým hnědým půdám, je podstatně nižší.

**Hnědá půda glejová** - při vzniku těchto půd je hlavní půdotvorný proces, jako u ostatních hnědých půd, proces siallitického zvětrávání. Podřízený půdotvorný proces - glejový - je podmíněn vzestupem hladiny podzemní vody, která ovlivňuje celý profil, kapilárně podepřenou vláhou. Glejový proces dosahuje značné intenzity a zasahuje celý horizont zvětrávání, mnohdy i humusový horizont. Projevuje se zelenavě šedým, rezivě skvrnitým žiháním téměř celé hmoty půdního profilu, jehož intenzita do hloubky vzrůstá.

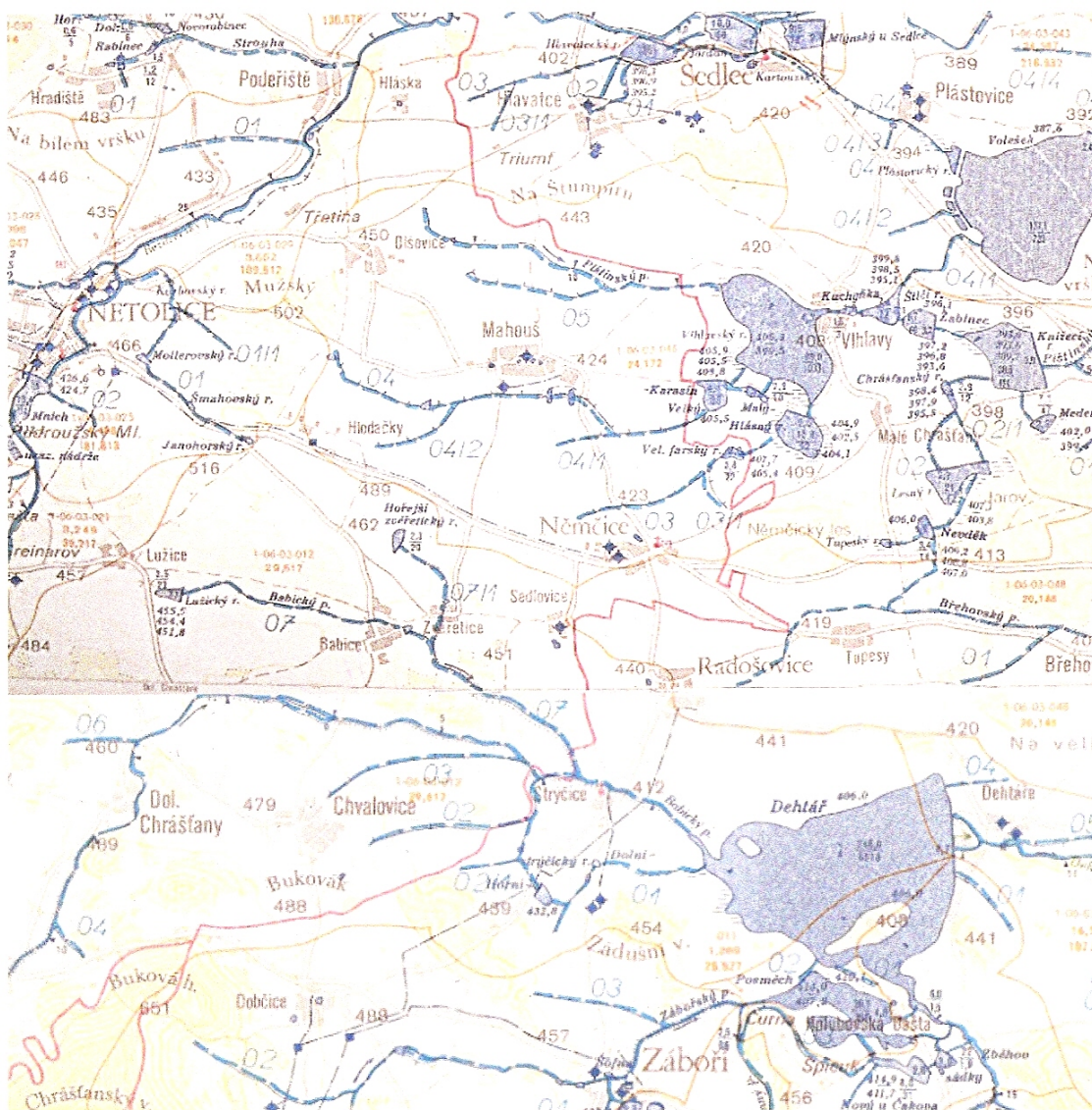
**Oglejené půdy** - většinou se vyskytují v plochem depresním, až mírně svažitém terénu, nebo v bezodtokových rovinách na špatně propustných substrátech, zde převážně na svahovinách.

### 4.2.3 Hydrologické podmínky

Zájmové území ZOD Němčice z širšího hlediska náleží k následujícím povodím.

- I. řádu - Labe
- II. řádu - Vltava ( Vltava od Malše po Lužnici )
- III. řádu - Babický potok

Velká část území náleží k povodí Babického potoka. Území je odvodňováno východním směrem do rybníka Dehtář, vodotečemi Babický a tzv. Lužický potok. Malá část pozemků je odvodňována do Netolického potoka.



Obrázek 11: Základní vodohospodářská mapa 1:50 000

### 4.3 Analýza původní struktury zemědělské soustavy – ZOD Němčice, 1997 – 2006

Tab. 12: Struktura zemědělské soustavy

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	Ys[t * ha <sup>-1</sup> ]	ΣYs [t]
Kukuřice na siláž	P <sub>0</sub>	211,9	12,99	4,8	1008
Ostatní jednoleté píce	P <sub>0</sub>	157,8	9,67	2,6	409
Jetel	P <sub>1</sub>	162,4	9,96	6,7	1086
Obiloviny	P <sub>2</sub>	877,6	53,80	4,48*	3932*
Brambory	P <sub>3</sub>	6,0	0,37	5,9	35
Řepka	P <sub>5</sub>	215,6	13,22	2,84* (8,5)	1837 (612*)
Půda orná	P <sub>or</sub>	1631,3	100,0		
Louky	P <sub>4a</sub>	462,2	21,68 % P <sub>Z</sub>	2,5	1159
Pastviny	P <sub>4b</sub>	39,0	1,83 % P <sub>Z</sub>	1,7	67
Půda zemědělská	P <sub>Z</sub>	2132,5			

(\* poznámka: výnos zrna obilovin a semene řepky)

Výpočet ETA 0:

$$ETA\ 0 = \Sigma Y_{S0-kuk} / \Sigma Y_{S(1+4a)}$$

$$ETA\ 0 = 1008 / 2245$$

$$ETA\ 0 = 0,449$$

Tab. 13: Dekompozice struktury ZS – ZOD Němčice 1997 – 2006

Index	Plodina	Ys [t] * přepočítávací koeficienty	ΣC <sub>k</sub> [t]
ΣY <sub>S0</sub>	Kukuřice na siláž	1008 * 0,386 * 0,785	305
ΣY <sub>S0</sub>	Ostatní jednoleté píce	409 * 0,386 * 0,785	124
ΣY <sub>S1</sub>	Jetel	1086 * 0,386 * 0,785	329
ΣY <sub>S1</sub>	Rhizomy	1086 * 0,45 * 0,360	176
ΣY <sub>Zz</sub>	Zrno obilovin	3932 * 0,065	(256)
ΣY <sub>S2sl</sub>	Sláma obilovin	3932 * 1,27 * 0,386	1928
ΣY <sub>S4a</sub>	Louky	1159 * 0,386 * 0,785	351
	Celkem		3213

Dekompozicí původní struktury zemědělské soustavy ZOD Němčice získáme celkový součet aktivního uhlíku.

Celkový součet aktivního uhlíku:

$$\text{OMEGA 2} = \Sigma C_k / \Sigma Y_{2z}$$

$$\text{OMEGA 2} = 3213 / 3932$$

$$\text{OMEGA 2} = 0,817$$

Tab. 14: C-bilance navržené struktury ZS – ZOD Němčice, 1997 – 2006 (původní struktura)

Plodina	Index	P [ha]	Y <sub>s</sub> [t * ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Y_S + \Sigma S_{ri,sl}$	$\Sigma C_S + \Sigma C_{ri,sl}$	$\pm C$	C-bilance	C/ha
Jetel	P <sub>1</sub>	162,4	6,7	1086 + 489	329 + 176	176	176	
Kukuřice	P <sub>0</sub>	211,9	4,8	1086	305	-305	-129 + 3037	
Ostatní jednol. pícniny	P <sub>0</sub>	157,8	2,6	409	124	-124	2784	
Obiloviny	P <sub>2</sub>	877,6	4,48	3932 + 4994	256 + 928	-2184	600	
Brambory	P <sub>3</sub>	6,0	5,9	35	14	- 14	586	
Řepka	P <sub>5</sub>	215,6	2,84	612 + 1224	40+472	- 512	74	0,045

Sklizeň z luk:

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 1159 \text{ t}$$

$$\Sigma C_{4a} = 1159 * 0,386 * 0,785$$

$$\Sigma C_{4a} = 351$$

$$\Sigma C_{org} = 3037$$

#### 4.4 Normální struktura zemědělské soustavy ZOD Němčice, 1997 – 2006

$$P_{or} = 1631 \text{ ha}$$

$$P_Z = 2133 \text{ ha}$$

$$P_{4a} = 462 \text{ ha}$$

$$P_{4b} = 39 \text{ ha}$$

$$\Sigma Y_{2z} = 3932 \text{ t}$$

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 1159 \text{ t}$$

**Výpočet:**

$$\Sigma Y_{S(0+1+4a)} = \Sigma Y_{2z} * C_2^P$$

$$\Sigma Y_{S(0+1+4a)} = 3932 * 1,4388$$

$$\Sigma Y_{S(0+1+4a)} = 5657 \text{ t}$$

Podíl jednoletých (silážních) plodin  $\Sigma Y_{S_0}$ :

$$\Sigma Y_{S_0} = 5657 * 0,215$$

$$\Sigma Y_{S_0} = 1216 \text{ t}$$

$$P_0 = \Sigma Y_{S_0} / Y_{S_0}$$

$$P_0 = 1216 / 3,83$$

$$P_0 = 317,3 \text{ ha} \sim 19,45 \% P_{or}$$

Podíl víceletých pícnin  $\Sigma Y_{S_1}$ :

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 1159 \text{ t}$$

$$\Sigma Y_{S_1} = 5657 - 1216 - 1159$$

$$\Sigma Y_{S_1} = 3282 \text{ t}$$

$$P_1 = \Sigma Y_{S_1} / Y_{S_1}$$

$$P_1 = 3282 / 6,7$$

$$P_1 = 489,9 \text{ ha} \sim 30,03 \% P_{or}$$

Podíl obilovin  $\Sigma Y_{2z}$ :

$$\Sigma Y_{2z} = 877,6 \text{ ha} * 4,48 \text{ t} * \text{ha}^{-1}$$

$$\Sigma Y_{2z} = 3932 \text{ t}$$

$$P_2 = 877,6 \text{ ha} \sim 53,80 \% P_{or}$$

Sklizeň suché hmoty spotřebitelů uhlíku  $\Sigma Y_{S(3+5)}$ :

$$\Sigma Y_{S(3+5)} = \Sigma C_{2sl} = 3931 * 1,27 * 0,386$$

$$\Sigma C_{2sl} = 1928 \text{ t}$$

$$P_{(3+5)} = \Sigma C_{2sl} / Y_{S(3+5)}$$

$$P_{(3+5)} = 1928 / 8,45$$

$$P_{(3+5)} = 228,2 \text{ ha} \sim 13,99 \% P_{or}$$

Součet vypočtených ploch všech plodin na orné půdě  $P_{0+1+2+(3+5)}$ :

$$P_{0+1+2+(3+5)} = 19,45 + 30,03 + 53,80 + 13,99$$

$$P_{0+1+2+(3+5)} = 117,27 \%$$

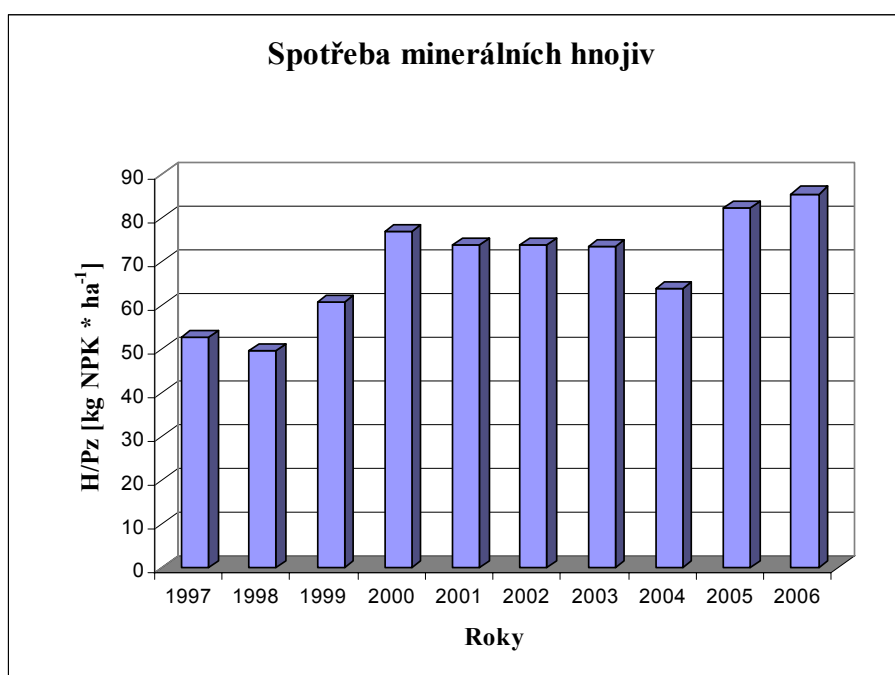
Tab. 15: Normální struktura ZS – ZOD Němčice, 1997 – 2006

Plodina	Index	P <sub>or</sub> [ha]	P <sub>or</sub> [%]	Y <sub>s</sub> [t * ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s</sub> [t]
Jednoleté píce	P <sub>0</sub>	317,3	19,45	3,83	1216
Víceleté píce	P <sub>1</sub>	489,9	30,03	6,7	3282
Obiloviny	P <sub>2</sub>	877,6	53,80	4,48*	3932*
Brambory + řepka	P <sub>(3+5)</sub>	228,2	13,99	8,45	1928
Půda orná	P <sub>or</sub>	1913,0	117,27		

(\* poznámka: výnos zrna obilovin)

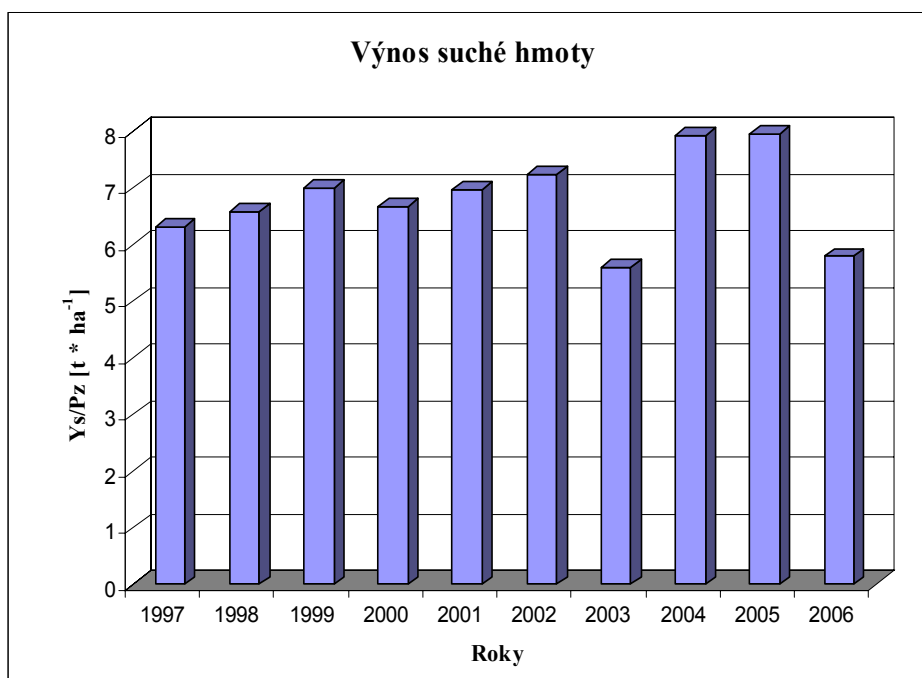
Součet ploch vysoko přesahuje 100 % (117,27 %). Vypočtená plocha spotřebitelů uhlíku odpovídá skutečnosti časové řady. Příčinou vysokého překročení součtu ploch jsou nízké výnosy píce (jednoletých i víceletých).

#### 4.5 Grafická analýza



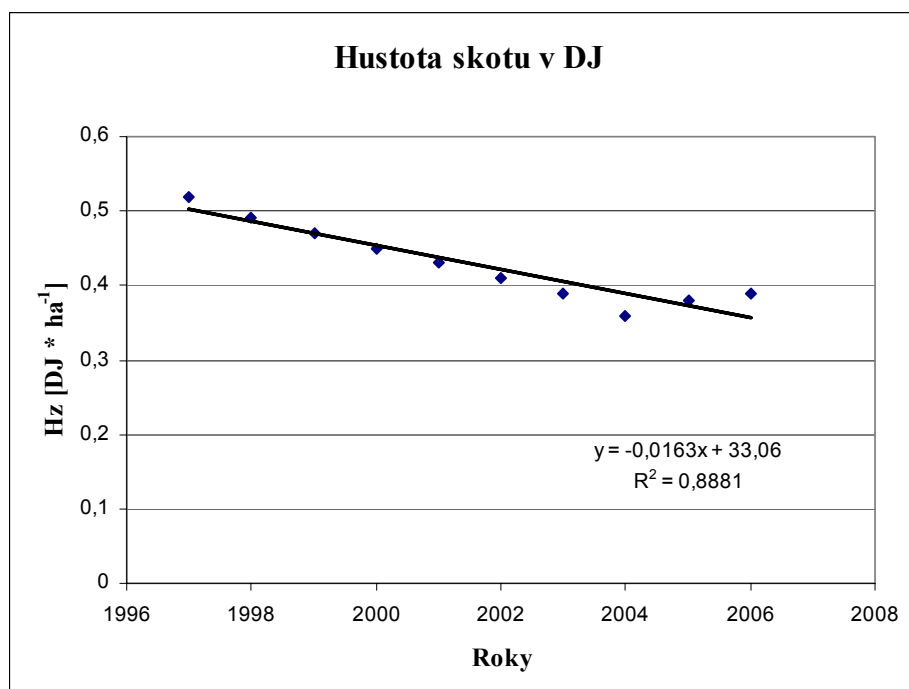
Obrázek 12: Spotřeba minerálních hnojiv v časové řadě 1997 – 2006

Tento graf vyjadřuje spotřebu minerálních hnojiv (NPK). Parametr H/P<sub>Z</sub> se výrazně nemění.



Obrázek 13: Výnos suché hmoty v časové řadě 1997 – 2006.

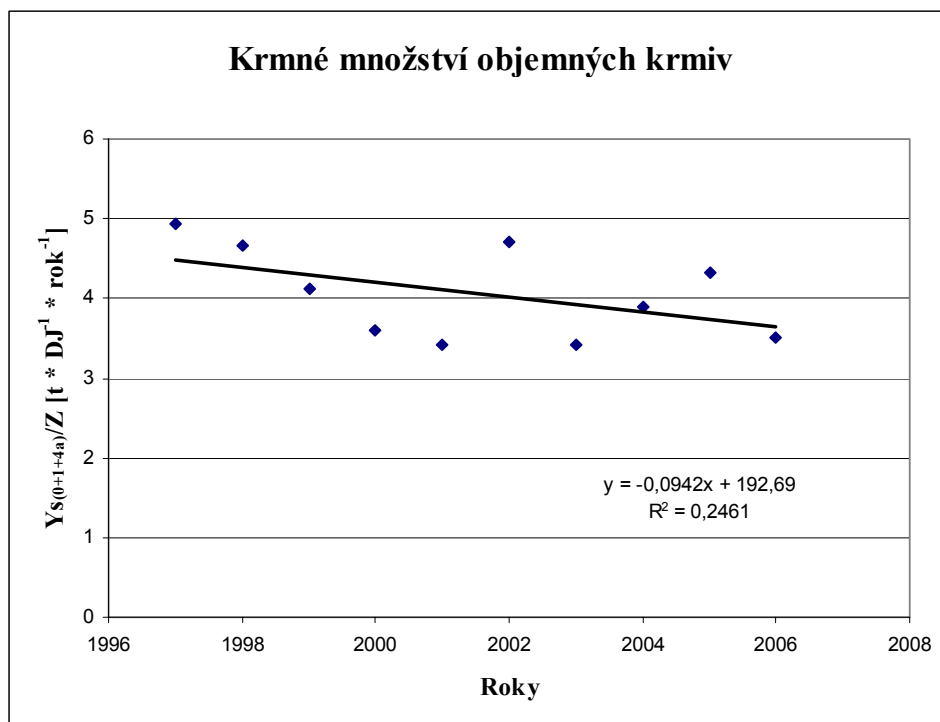
Výnos suché hmoty všech plodin v čase  $Y_s/P_z$  má pozvolný charakter růstu. Snížené hodnoty výnosu v roce 2003 a 2006 jsou dány především průběhem srážek a teplot během vegetace.



Obrázek 14: Hustota skotu v DJ v časové řadě 1997 – 2006



Tento graf ukazuje hustotu skotu na hektar. Hustota skotu má klesající charakter. Projevuje se zde celorepublikový trend ve snižování stavu skotu. V roce 2005 a 2006 došlo k mírnému nárůstu stavu skotu.



Obrázek 15: Krmné množství objemných krmiv v časové řadě 1997 – 2006

Graf vyjadřující krmné množství v objemových krmivech pro skot v čase, má klesající charakter. Lze to vysvětlit snižováním ploch víceletých pícnin na orné půdě. Deficit objemných krmiv v krmné dávce je nahrazen jadrnými krmivy.

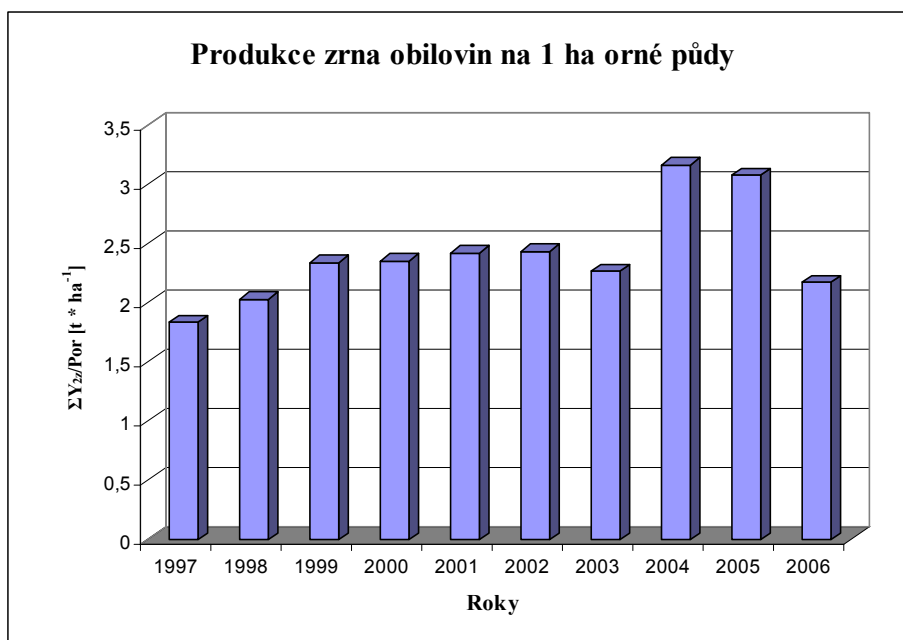
Dle KUDRNY (1985) je krmná norma v objemných krmivech pro skot:

$$\Sigma Y_{S(1+4a)} = 2,59 \text{ t} * \text{DJ}^{-1} * \text{rok}^{-1}$$

$$\Sigma Y_{S_0} = 0,71 \text{ t} * \text{DJ}^{-1} * \text{rok}^{-1}$$

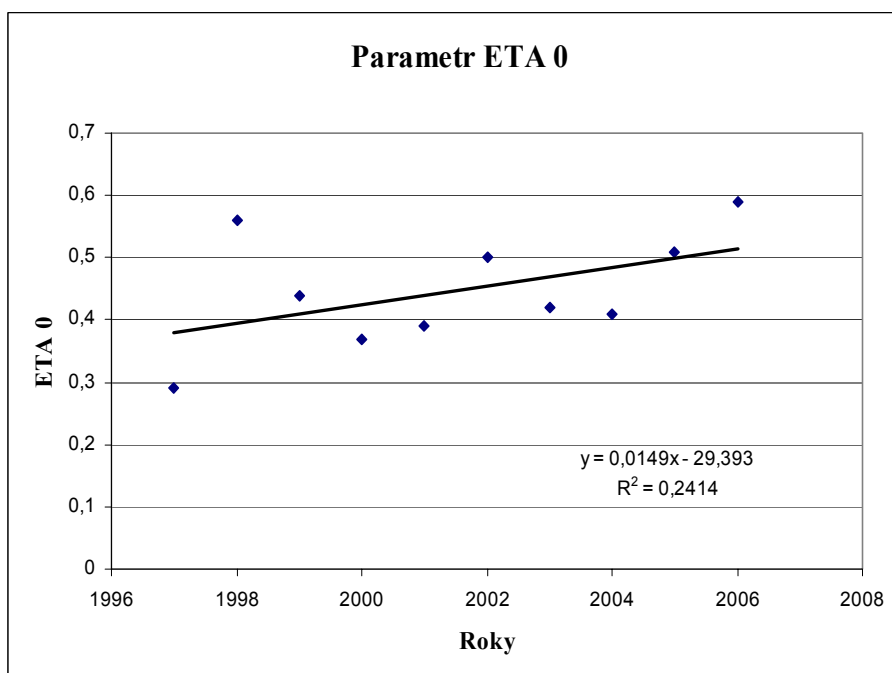
$$\Sigma Y_{S(0+1+4a)} = 3,30 \text{ t} * \text{DJ}^{-1} * \text{rok}^{-1} + 16 \% \text{ na ztráty} = 3,83 \text{ t} * \text{DJ}^{-1} * \text{rok}^{-1}$$

V našich návrzích jsme počítali s  $3,83 \text{ t} * \text{DJ}^{-1} * \text{rok}^{-1} + 5 \% \text{ na kolísání výnosů} = 4,0 \text{ t} * \text{DJ}^{-1} * \text{rok}^{-1}$



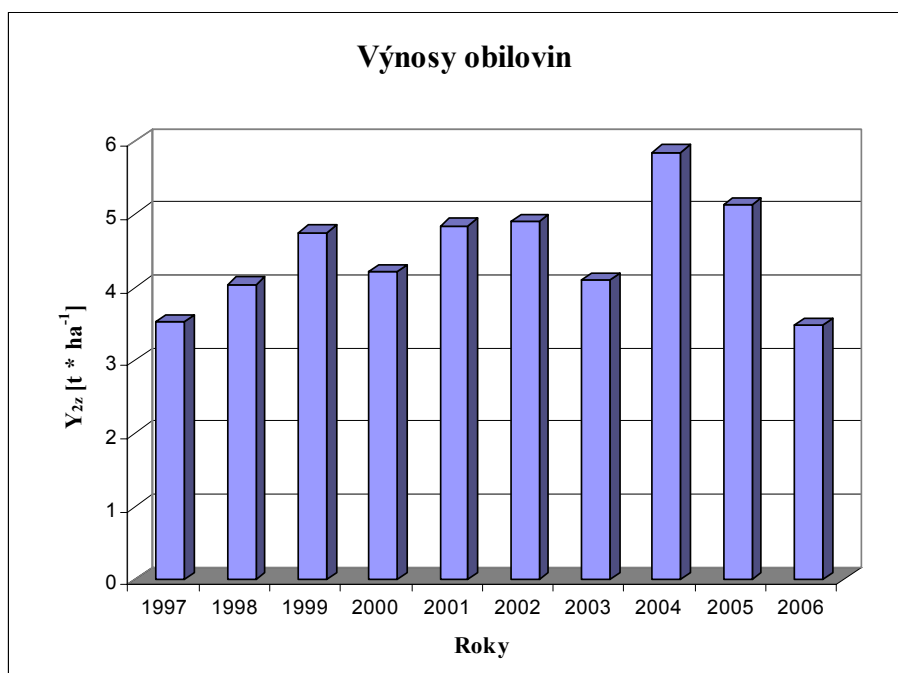
Obrázek 16: Produkce zrna obilovin na 1 ha orné půdy v časové řadě 1997 – 2006

Kromě roků 2003 a 2006 má produkce zrna na 1 ha orné půdy zvyšující se tendenci. Může to být způsobeno zvyšujícím se podílem obilovin v osevním postupu.



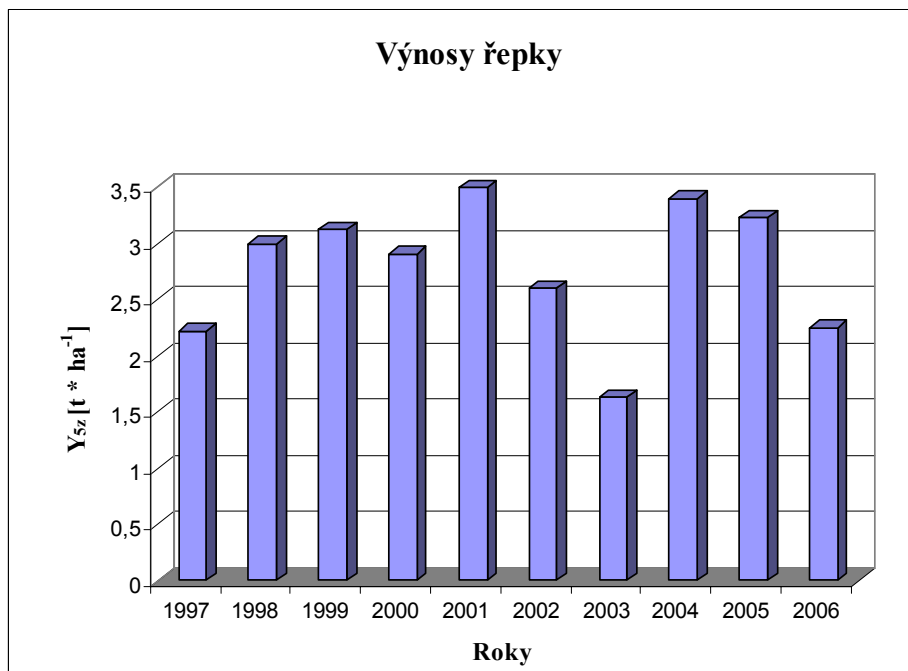
Obrázek 17: Parametr ETA 0 v časové řadě 1997 – 2006

Tento graf vyjadřuje vývoj parametru ETA 0, který má průměrnou hodnotu 0,436, tato hodnota překračuje normu (0,274) o 59 %.



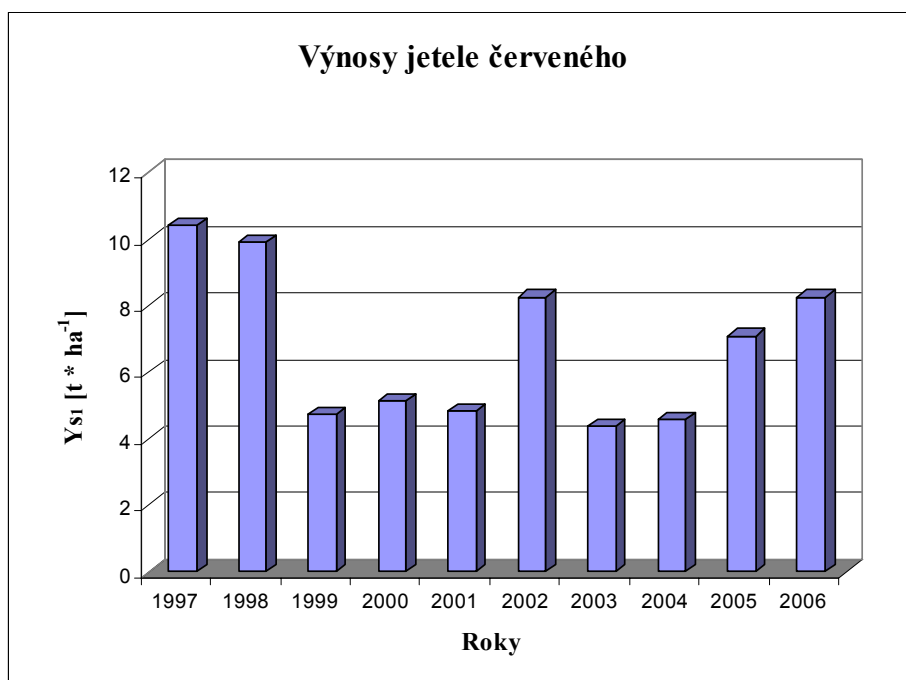
Obrázek 18: Průměrné výnosy obilovin v časové řadě 1997 – 2006

V tomto grafu jsou průměrné výnosy obilovin. V roce 2004 byl výnos nejvyšší ( $5,85 t * ha^{-1}$ ) a v roce 2006 byl nejnižší ( $3,48 t * ha^{-1}$ ).



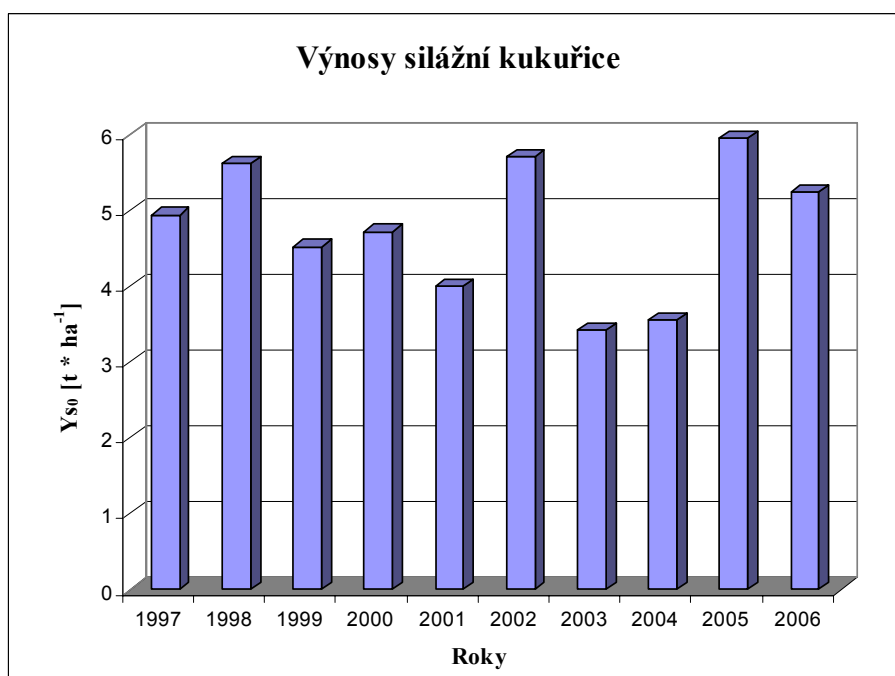
Obrázek 19: Průměrné výnosy řepky v časové řadě 1997 – 2006

Graf znázorňuje průměrné výnosy řepky. V roce 2001 byl výnos nejvyšší ( $3,50 t * ha^{-1}$ ) a v roce 2003 nejnižší ( $1,63 t * ha^{-1}$ ).



Obrázek 20: Průměrné výnosy suché hmoty jetele červeného v časové řadě 1997 – 2006

Zde jsou znázorněny průměrné výnosy suché hmoty jetele. V roce 1997 byl výnos nejvyšší (10,43 t \* ha<sup>-1</sup>) a v roce 2003 nejnižší (4,38 t \* ha<sup>-1</sup>).



Obrázek 21: Průměrné výnosy suché hmoty silážní kukuřice v časové řadě 1997 – 2006

Tento graf ukazuje průměrné výnosy suché hmoty silážní kukuřice. V roce 2005 byl výnos nejvyšší (5,96 t \* ha<sup>-1</sup>) a v roce 2003 nejnižší (3,42 t \* ha<sup>-1</sup>).

Pro obrázky 18, 19, 20 a 21 jsou v kapitole 4. 14 uvedeny charakteristické termodynamické křivky. V letech, kdy je kritické období růstu kryto dostatečným množstvím srážek, jsou nejlépe splněny podmínky pro maximální výnos plodiny.

#### 4.6 Návrh struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 1

$$P_{or} = 1670 \text{ ha} \quad P_Z = 2171 \text{ ha} \quad P_{4a} = 463 \text{ ha} \quad P_{4b} = 38 \text{ ha}$$

$$hz = 0,6 \text{ [DJ * ha}^{-1}\text{]}$$

$$k_n = 4,00 \text{ [t * DJ * ha}^{-1}\text{]}$$

$\Sigma Y_{S_{4b}}$  → představuje rezervu krmiv

Budeme počítat s četností výnosů 70 %.

##### Výpočet:

Potřeba zdrojů uhlíku:

$$\Sigma Y_{S_{(0+1+4a)}} = hz * P_Z * k_n$$

$$\Sigma Y_{S_{(0+1+4a)}} = 0,6 * 2171 * 4,00$$

$$\Sigma Y_{S_{(0+1+4a)}} = 5210 \text{ t}$$

Podíl jednoletých (silážních) plodin  $\Sigma Y_{S_0}$ :

$$\Sigma Y_{S_0} = 5210 * 0,215$$

$$\Sigma Y_{S_0} = 1120 \text{ t}$$

$$P_0 = \Sigma Y_{S_0} / Y_{S_0}$$

$$P_0 = 1120 / 5,24$$

$$P_0 = 213,6 \text{ ha} \sim 12,79 \% P_{or}$$

Podíl víceletých pícnin  $\Sigma Y_{S_1}$ :

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = P_{4a} * Y_{S_{4a}}$$

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 463 * 2,74$$

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 1267 \text{ t}$$

$$\Sigma Y_{S_1} = \Sigma Y_{S_{(0+1+4a)}} - \Sigma Y_{S_0} - \Sigma Y_{S_{4a}}$$

$$\Sigma Y_{S_1} = 5210 - 1120 - 1267$$

$$\Sigma Y_{S_1} = 2823 \text{ t}$$

$$P_1 = \Sigma Y_{S_1} / Y_{S_1}$$

$$P_1 = 2823 / 7,68$$

$$P_1 = 367,6 \text{ ha} \sim 22,01 \% P_{\text{or}}$$

Podíl obilovin  $\Sigma Y_{2z}$ :

Výpočet podle  $C_2^P$ :

$$\Sigma Y_{2z} = \Sigma Y_{S(0+1+4a)} / C_2^P$$

$$\Sigma Y_{2z} = 5210 / 1,4388$$

$$\Sigma Y_{2z} = 3621 \text{ t}$$

Výpočet  $\Sigma Y_{2z}$  s využitím parametru ETA 2:

$$\text{ETA 2} = \Sigma Y_{2z} / \Sigma Y_{S(0+1+ri+4a)}$$

$$\text{ETA 2} = 3932 / [1008 + 409 + 1086 + (0,3 * 1086) + 1159]$$

$$\text{ETA 2} = 0,986$$

Výpočet  $\Sigma Y_{2z}$  podle ETA 2:

$$\Sigma Y_{2z} = \Sigma Y_{S(0+1+ri+4a)} * \text{ETA 2}$$

$$\Sigma Y_{2z} = [1120 + 2823 + (0,3 * 2823) + 1267] * 0,986$$

$$\Sigma Y_{2z} = 5972$$

Z těchto dvou výpočtů uděláme průměr:

$$\Sigma Y_{2z} = (3621 + 5972) / 2$$

$$\Sigma Y_{2z} = 4797 \text{ t}$$

$$Y_{2z} = 4797 / 898,5$$

$Y_{2z} = 5,34 \text{ t} * \text{ha}^{-1} \rightarrow$  to není reálné, protože tato hodnota byla v časové řadě překročena pouze jednou ( $Y_{\text{max}} = 5,85 \text{ t} * \text{ha}^{-1}$ ), proto zvolíme výnos  $4,84 \text{ t} * \text{ha}^{-1}$  (četnost = 70 %)

$$Y_{2z} = 4,84 \text{ t} * \text{ha}^{-1}$$

Zvolíme zastoupení obilovin odpovídající skutečnosti – průměru hodnocené časové řady,

tj. 53,8 %  $P_{\text{or}}$

$$P_2 = 1670 \text{ ha} * 0,538 = 898,5 \text{ ha}$$

$$\Sigma Y_{2z} = 898,5 * 4,84$$

$$\Sigma Y_{2z} = 4349 \text{ t}$$

Výpočet  $\Sigma Y_{S(3+5)}$ :

$$\Sigma Y_{S(3+5)} = \Sigma C_{2sl} = \Sigma Y_{2z} * 1,27 * 0,386$$

$$\Sigma C_{2sl} = 4349 * 1,27 * 0,386$$

$$\Sigma C_{2sl} = 2132 \text{ t}$$

$$\Sigma Y_{S3} = P_3 * Y_{S3}$$

$$\Sigma Y_{S3} = 4 * 6,38$$

$$\Sigma Y_{S3} = 26 \text{ t}$$

Na řepku zbývá:  $2132 - 26 = 2106 \text{ t}$

Teoretický výnos  $Y_{S5}$  vypočtený z  $\Sigma C_{2sl}$ :

$$Y_{S5 \text{ teor}} = 2106 / 186,4$$

$$Y_{S5} = 11,30 \text{ t} * \text{ha}^{-1}$$

$$Y_{5z} = 11,30 / 3$$

$$Y_{5z} = 3,77 \text{ t} * \text{ha}^{-1} \rightarrow \text{to je víc než } Y_{5 \text{ max}}$$

$\rightarrow$  proto budeme počítat s  $Y_{5z}$  účinnost 70 % =  $3,07 \text{ t} * \text{ha}^{-1}$

Tab. 16: Návrh struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 1

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	$Y_s [\text{t} * \text{ha}^{-1}]$	$\Sigma Y_s [\text{t}]$
Kukuřice	P <sub>0</sub>	213,6	12,79	5,24	1120
Jetel	P <sub>1</sub>	367,6	22,01	7,68	2823
Obiloviny	P <sub>2</sub>	898,5	53,80	4,84*	4349*
Brambory	P <sub>3</sub>	4,0	0,24	6,38	25,5
Řepka	P <sub>5</sub>	186,4	11,16	3,07* (9,21)	572* (1716)
Půda orná celkem	P <sub>or</sub>	1670	100		
Louky	P <sub>4a</sub>	463	21,33 % P <sub>Z</sub>	2,74	1267
Pastviny	P <sub>4b</sub>	38	1,75 % P <sub>Z</sub>	1,85	70
Půda zemědělská	P <sub>Z</sub>	2171			

(\* poznámka: výnos zrna obilovin nebo semene řepky)

Tab. 17: Dekompozice struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 1

Index	Plodina	Ys [t] * přepočítávací koeficienty	$\Sigma C_k$ [t]
$\Sigma Y_{S_0}$	Kukuřice na siláž	1120 * 0,386 * 0,785	339
$\Sigma Y_{S_1}$	Jetel	2823 * 0,386 * 0,785	855
$\Sigma Y_{S_{1ri}}$	Rhizomy	2823 * 0,45 * 0,360	457
$\Sigma Y_{2z}$	Zrno obilovin	4349 * 0,065	(283)
$\Sigma Y_{S_{2sl}}$	Sláma obilovin	4268 * 1,27 * 0,386	2092
$\Sigma Y_{S_{4a}}$	Louky	1267 * 0,386 * 0,785	384
	Celkem		4127

Výpočet aktivního uhlíku na zrno obilovin:

$$\text{OMEGA 2} = \Sigma C_k / \Sigma Y_{2z}$$

$$\text{OMEGA 2} = 4127 / 4349$$

$$\text{OMEGA 2} = 0,949$$

Výnos zrna obilovin je téměř zcela pokryt aktivním uhlíkem zdrojů.

Tab. 18: C-bilance navržené struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 1

Plodina	Index	P [ha]	Ys [t * ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Y_s + \Sigma S_{ri,sl}$	$\Sigma C_s + \Sigma C_{ri,sl}$	$\pm C$	C-bilance	C/ha
Jetel	P <sub>1</sub>	367,6	7,68	2823+1270	855 + 457	457	457	
Kukuřice	P <sub>0</sub>	213,6	5,24	1120	339	-339	118+3710	
Obiloviny	P <sub>2</sub>	898,5	4,84	4349+5523	283+ 2132	-2415	1413	
Brambory	P <sub>3</sub>	4,0	6,38	26	10	-10	1403	
Řepka	P <sub>5</sub>	186,4	3,07	572 + 1144	37 + 442	-479	924	0,553

Sklizeň z luk:

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 1267 \text{ t}$$

$$\Sigma C_{4a} = 1267 * 0,386 * 0,785$$

$$\Sigma C_{4a} = 384$$

$$\Sigma C_{org} = 3710$$



## 4.7 Návrh struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 1a (zaměření na obiloviny)

Odvozeno od varianty 1

$P_{or} = 1670$  ha       $P_Z = 2171$  ha       $P_{4a} = 463$  ha       $P_{4b} = 38$  ha

$h_z = 0,6$  [DJ \* ha<sup>-1</sup>]

$k_n = 4,00$  [t \* DJ \* ha<sup>-1</sup>]

$\Sigma Y_{S4b} \rightarrow$  představuje rezervu krmiv

Plochu obilovin jsme si zvolili 60 %  $P_{or}$ .

Tab. 19: Návrh struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 1a – zaměření na obiloviny

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	Y <sub>s</sub> [t * ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s</sub> [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	213,6	12,79	5,24	1120
Jetel	P <sub>1</sub>	367,6	22,01	7,68	2823
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1002,0	60,00	4,84*	4850*
Brambory	P <sub>3</sub>	4,0	0,24	6,38	25,5
Řepka	P <sub>5</sub>	82,8	4,96	3,07* (9,21)	254* (763)
Půda orná celkem	P <sub>or</sub>	1670	100		
Louky	P <sub>4a</sub>	463	21,33 % P <sub>Z</sub>	2,74	1267
Pastviny	P <sub>4b</sub>	38	1,75 % P <sub>Z</sub>	1,85	70
Půda zemědělská	P <sub>Z</sub>	2171			

(\* poznámka: výnos zrna obilovin nebo semene řepky)

Variantu 1a porovnáváme s variantou 1 z pohledu C-bilance pomocí schématu výpočtu, používaného pro vyhodnocení C-bilance navržené struktury ZS.

Tab. 20: C-bilance navržené struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 1a – zaměření na obiloviny

Plodina	Index	P [ha]	Y <sub>s</sub> [t * ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s</sub> + ΣS <sub>ri,sl</sub>	ΣC <sub>s</sub> +ΣC <sub>ri,sl</sub>	± C	C-bilance	C/ha
Jetel	P <sub>1</sub>	367,6	7,68	2823+1270	855 + 457	457	457	
Kukuřice	P <sub>0</sub>	213,6	5,24	1120	339	-339	118+3956	
Obiloviny	P <sub>2</sub>	1002,0	4,84	4850+6160	315+ 2378	-2693	1381	
Brambory	P <sub>3</sub>	4,0	6,38	26	10	-10	1371	
Řepka	P <sub>5</sub>	82,8	3,07	254 + 508	17 + 196	-213	1158	0,693

Sklizeň z luk:

$$\Sigma Y_{s_{4a}} = 1267 \text{ t}$$

$$\Sigma C_{4a} = 1267 * 0,386 * 0,785$$

$$\Sigma C_{4a} = 384$$

$$\Sigma C_{org} = 3956$$

#### 4.8 Návrh struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 1b (zaměření na řepku)

$$P_{or} = 1670 \text{ ha}$$

$$P_Z = 2171 \text{ ha}$$

$$P_{4a} = 463 \text{ ha}$$

$$P_{4b} = 38 \text{ ha}$$

$$h_z = 0,6 \text{ [DJ * ha}^{-1}\text{]}$$

$$k_n = 4,00 \text{ [t * DJ * ha}^{-1}\text{]}$$

ΣY<sub>s<sub>4b</sub></sub> → představuje rezervu krmiv

Volíme maximální zastoupení řepky 15 % P<sub>or</sub>.

Tab. 21: Návrh struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 1b – zaměření na řepku

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	Ys [t * ha <sup>-1</sup> ]	ΣYs [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	213,6	12,79	5,24	1120
Jetel	P <sub>1</sub>	367,6	22,01	7,68	2823
Obiloviny	P <sub>2</sub>	834,3	49,96	4,84*	4038*
Brambory	P <sub>3</sub>	4,0	0,24	6,38	25,5
Řepka	P <sub>5</sub>	250,5	15,00	3,07* (9,21)	769* (2307)
Půda orná celkem	P <sub>or</sub>	1670	100		
Louky	P <sub>4a</sub>	463	21,33 % P <sub>Z</sub>	2,74	1267
Pastviny	P <sub>4b</sub>	38	1,75 % P <sub>Z</sub>	1,85	70
Půda zemědělská	P <sub>Z</sub>	2171			

(\* poznámka: výnos zrna obilovin nebo semene řepky)

Tab. 22: C-bilance navržené struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 1b – zaměření na řepku

Plodina	Index	P [ha]	Ys [t * ha <sup>-1</sup> ]	ΣYs + ΣS <sub>ri,sl</sub>	ΣCs+ΣC <sub>ri,sl</sub>	± C	C-balance	C/ha
Jetel	P <sub>1</sub>	367,6	7,68	2823+1270	855 + 457	457	457	
Kukuřice	P <sub>0</sub>	213,6	5,24	1120	339	-339	118+3558	
Obiloviny	P <sub>2</sub>	834,3	4,84	4038+5128	262+ 1980	-2242	1434	
Brambory	P <sub>3</sub>	4,0	6,38	26	10	-10	1424	
Řepka	P <sub>5</sub>	250,5	3,07	769 + 1538	50 + 594	-644	780	0,467

Sklizeň z luk:

$$\Sigma Y_{s_{4a}} = 1267 \text{ t}$$

$$\Sigma C_{4a} = 1267 * 0,386 * 0,785$$

$$\Sigma C_{4a} = 384$$

$$\Sigma C_{org} = 3558$$

#### 4.9 Návrh struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 2 (zaměření na bioplyn)

$$P_{or} = 1670 \text{ ha} \quad P_Z = 2171 \text{ ha} \quad P_{4a} = 463 \text{ ha} \quad P_{4b} = 38 \text{ ha}$$

$$hz = 0,6 \text{ [DJ * ha}^{-1}\text{]}$$

$$\Sigma Z \text{ odpovídá variantě 1} = hz * P_Z = 0,6 * 2171 = 1303$$

Pro produkci bioplynu navýšíme stavy skotu, vycházíme z možnosti navýšení ploch  $P_1$ ,  $P_0$ .

$$P_1 = 25 \% P_{or}$$

Navýšení ploch  $P_1$ ,  $P_0$  vyrovnáme snížením ploch  $P_2$  a  $P_5$  při dodržení jejich poměru.

Tab. 23: Návrh struktury ZS – ZOD Němčice – varianta 2 – zaměření na bioplyn

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	Y <sub>s</sub> [t * ha <sup>-1</sup> ]	ΣY <sub>s</sub> [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	233,6	13,99	5,24	1225
Jetel	P <sub>1</sub>	417,5	25,00	7,68	3206
Obiloviny	P <sub>2</sub>	840,5	50,33	4,84*	4068*
Brambory	P <sub>3</sub>	4,0	0,24	6,38	25,5
Řepka	P <sub>5</sub>	174,4	10,44	3,07* (9,21)	535* (1606)
Půda orná celkem	P <sub>or</sub>	1670	100		
Louky	P <sub>4a</sub>	463	21,33 % P <sub>Z</sub>	2,74	1267
Pastviny	P <sub>4b</sub>	38	1,75 % P <sub>Z</sub>	1,85	70
Půda zemědělská	P <sub>Z</sub>	2171			

(\* poznámka: výnos zrna obilovin nebo semene řepky)

Pro přehlednost rozdělujeme strukturu ZS na část standardní a část pro bioplyn

Tab. 24: Struktura ZS – ZOD Němčice: varianta 2 – zaměření na bioplyn - standardní část

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	Ys [t * ha <sup>-1</sup> ]	ΣYs [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	213,6	12,79	5,24	1120
Jetel	P <sub>1</sub>	367,6	22,01	7,68	2823
Obiloviny	P <sub>2</sub>	768,5	46,02	4,84*	3720*
Brambory	P <sub>3</sub>	4,0	0,24	6,38	25,5
Řepka	P <sub>5</sub>	174,4	10,44	3,07* (9,21)	535* (1606)
Půda orná celkem	P <sub>or</sub>	1528,1	91,50		
Louky	P <sub>4a</sub>	463	21,33 % P <sub>Z</sub>	2,74	1267
Pastviny	P <sub>4b</sub>	38	1,75 % P <sub>Z</sub>	1,85	70
Půda zemědělská	P <sub>Z</sub>	2029,1			

(\* poznámka: výnos zrna obilovin nebo semene řepky)

Tab. 25: Struktura ZS – ZOD Němčice: varianta 2 – zaměření na bioplyn- část pro bioplyn

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	Ys [t * ha <sup>-1</sup> ]	ΣYs [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	20,0	1,20	5,24	105
Jetel	P <sub>1</sub>	49,9	2,99	7,68	383
Obiloviny	P <sub>2</sub>	72,0	4,31	4,84*	348*
Půda orná celkem	P <sub>or</sub>	141,9	8,50		

(\* poznámka: výnos zrna obilovin)

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = (\Sigma Y_{S1 \text{ bioplyn}} + \Sigma Y_{S0 \text{ bioplyn}}) / k_n$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = (383 + 105) / 4,0$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = 122 \text{ DJ}$$

Stavy skotu můžeme navýšit o 122 DJ.

Tab. 26: C-bilance navržené struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 2 – zaměření na bioplyn

Plodina	Index	P [ha]	Ys [t * ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Ys + \Sigma s_{ri,sl}$	$\Sigma Cs + \Sigma C_{ri,sl}$	$\pm C$	C-bilance	C/ha
Jetel standard	P <sub>1</sub>	367,6	7,68	2823	855			
Jetel bioplyn	P <sub>1</sub>	49,9	7,68	383	116			
Jetel rhizomy	P <sub>1</sub>	417,5	7,68	1443	519	519	519	
Kukuřice standard	P <sub>0</sub>	213,6	5,24	1120	339	-339	118+3402	
Kukuřice bioplyn	P <sub>0</sub>	20,0	5,24	105	32	-32	3550	
Obiloviny standard	P <sub>2</sub>	768,5	4,84	3720+4724	242+ 1824	-2066	1484	
Obiloviny bioplyn	P <sub>2</sub>	72,0	4,84	348 + 442	23 + 171	-194	1290	
Brambory	P <sub>3</sub>	4,0	6,38	26	10	-10	1280	
Řepka	P <sub>5</sub>	174,4	3,07	535 + 1070	35 + 413	-448	832	0,498

Sklizeň z luk:

$$\Sigma Y_{s4a} = 1267 \text{ t}$$

$$\Sigma C_{4a} = 1267 * 0,386 * 0,785$$

$$\Sigma C_{4a} = 384$$

$$\Sigma C_{org} = 3018 + 384 = 3402$$

#### 4.10 Návrh struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 2a (zaměření na bioplyn) – při navýšení výnosů $Y_{S0\ 50\ \%}$ , $Y_{S1\ 50\ \%}$ , $Y_{S4a\ 50\ \%}$

Budeme počítat s četností výnosů 50 %

Možnosti navýšení výnosů  $Y_{S0}$ ,  $Y_{S1}$ ,  $Y_{S4a}$

$$Y_{S0\ 50\ \%} = 5,50\ \text{t} * \text{ha}^{-1}$$

$$Y_{S1\ 50\ \%} = 8,75\ \text{t} * \text{ha}^{-1}$$

$$Y_{S4a\ 50\ \%} = 2,89\ \text{t} * \text{ha}^{-1}$$

Navýšení objemů sklizní  $\Sigma Y_{S0+1+4a}$  pro zvířata pro bioplyn:

$$Y_{S0 - \text{přírůstek}} = 213,6 * (5,50 - 5,24) = 56\ \text{t}$$

$$Y_{S1 - \text{přírůstek}} = 367,6 * (8,75 - 7,68) = 393\ \text{t}$$

$$Y_{S4a - \text{přírůstek}} = 463 * (2,89 - 2,74) = 69\ \text{t}$$

Zkontrolujeme ETA 0 u přírůstku:

$$\text{ETA } 0 = \Sigma Y_{S0 - \text{přírůstek}} / \Sigma Y_{S(1+4a) \text{ přírůstek}}$$

$$\text{ETA } 0 = 59 / (393 + 69)$$

$$\text{ETA } 0 = 0,121$$

$$\text{Přírůstek } \Sigma Z_{\text{pro bioplyn}} = \Sigma Y_{S(0+1+4a) \text{ přírůstek}} / k_n$$

$$\Sigma Z_{\text{pro bioplyn}} = 518 / 4$$

$$\Sigma Z_{\text{pro bioplyn}} = 129,5\ \text{DJ}$$

ETA 0 pro celou strukturu:

Počítáno pro krmení zvířat:

$$\text{ETA } 0 = \Sigma Y_{S0 - \text{celk.}} / \Sigma Y_{S(1+4a) \text{ celk.}}$$

$$\text{ETA } 0 = (213,6 * 5,50) / (367,6 * 8,75) + (463 * 2,89)$$

$$\text{ETA } 0 = 0,258 \rightarrow \text{to je hodnota přijatelná}$$

Počítáno pro půdu:

$$\text{ETA } 0 = \Sigma Y_{S0 - \text{celk.}} / \Sigma Y_{S(1+4a) \text{ celk.}}$$

$$\text{ETA } 0 = (213,6 * 5,24) / (367,6 * 7,68) + (463 * 2,74)$$

$$\text{ETA } 0 = 0,274$$

Tab. 27: Struktura ZS – ZOD Němčice: varianta 2a – zaměření na bioplyn při navýšení výnosů  $Y_{S0\ 50\ \%}$ ,  $Y_{S1\ 50\ \%}$ ,  $Y_{S4a\ 50\ \%}$

Plodina	Index	P [ha]	P [%]	$Y_s$ [t * ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Y_s$ [t]
Kukuřice	P <sub>0</sub>	233,6	13,99	5,50	1285
Jetel	P <sub>1</sub>	417,5	25,00	8,75	3653
Obiloviny	P <sub>2</sub>	840,5	50,33	4,84*	4068*
Brambory	P <sub>3</sub>	4,0	0,24	6,38	25,5
Řepka	P <sub>5</sub>	174,4	10,44	3,07* (9,21)	535* (1606)
Půda orná celkem	P <sub>or</sub>	1670	100		
Louky	P <sub>4a</sub>	463	21,33 % P <sub>Z</sub>	2,89	1338
Pastviny	P <sub>4b</sub>	38	1,75 % P <sub>Z</sub>	1,85	70
Půda zemědělská	P <sub>Z</sub>	2171			

(\* poznámka: výnos zrna obilovin nebo semene řepky)

Tab. 28: C-balance navržené struktury ZS – ZOD Němčice: varianta 2a – zaměření na bioplyn při navýšení výnosů  $Y_{S0\ 50\ \%}$ ,  $Y_{S1\ 50\ \%}$ ,  $Y_{S4a\ 50\ \%}$

Plodina	Index	P [ha]	$Y_s$ [t * ha <sup>-1</sup> ]	$\Sigma Y_s + \Sigma S_{ri,sl}$	$\Sigma C_s + \Sigma C_{ri,sl}$	$\pm C$	C-balance	C/ha
Jetel standard	P <sub>1</sub>		8,75	2823	855			
Jetel bioplyn	P <sub>1</sub>		8,75	830	251			
Jetel rhizomy	P <sub>1</sub>	417,5	8,75	1644	592	592	592	
Kukuřice standard	P <sub>0</sub>		5,50	1120	339	-339	253+33249	
Kukuřice bioplyn	P <sub>0</sub>		5,50	165	50	-50	3452	
Obiloviny standard	P <sub>2</sub>	704,3	4,84	3409+4329	222+ 1671	-1893	1559	
Obiloviny bioplyn	P <sub>2</sub>	136	4,84	658 + 836	43 + 323	-366	1193	
Brambory	P <sub>3</sub>	4,0	6,38	26	10	-10	1183	
Řepka	P <sub>5</sub>	174,4	3,07	535 + 1070	35 + 413	-448	735	0,440



Do C-bilance navržené struktury ZS přijde jako zdroj jen ta část hmoty  $\Sigma Y_{S_{4a}}$ , která jde pro zvířata ve standardní části.

Sklizeň z luk:

$$\Sigma Y_{S_{4a}} = 1267 \text{ t}$$

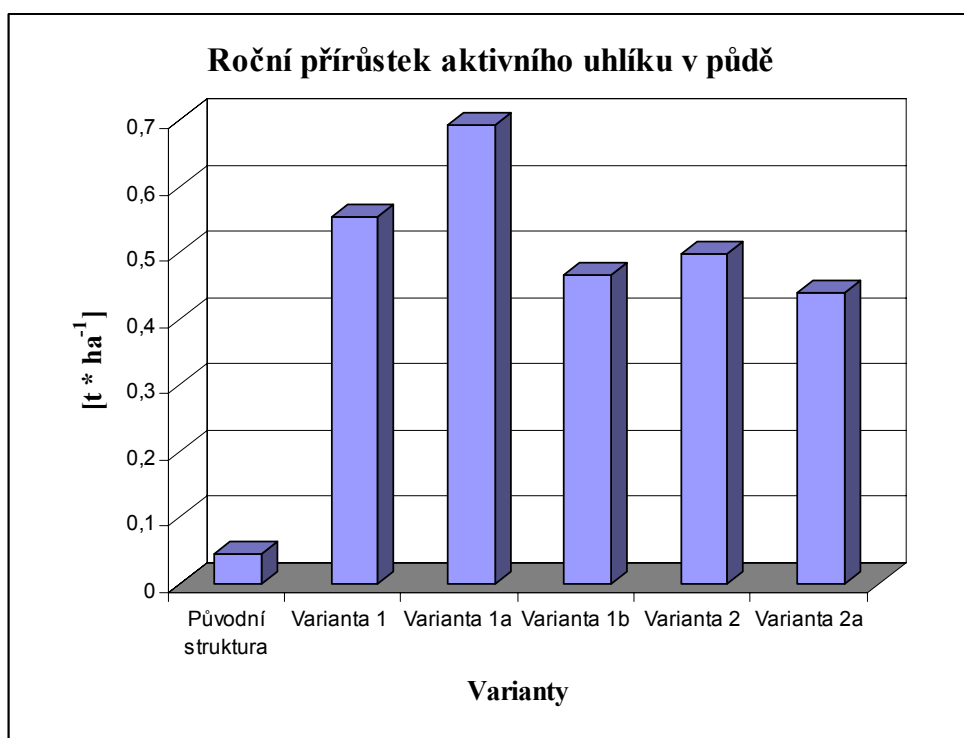
$$\Sigma C_{4a} = 1267 * 0,386 * 0,785$$

$$\Sigma C_{4a} = 384$$

$$\Sigma C_{org} = 2865 + 384 = 3249$$

#### 4.11 Grafické vyhodnocení aktivního uhlíku v půdě

Pro vyjádření pokrytí spotřeby aktivního uhlíku jsme použili C-bilanci. Hodnota C/ha naznačuje, jak dlouho bude trvat dosažení navrhovaného stavu. Z grafu je patrné, že nejkratší doba pro dosažení navrhovaného stavu je u varianty 1a, naopak původní struktura vykazuje jen velmi nízký přírůstek aktivního uhlíku.



Obrázek 22: Roční přírůstek aktivního uhlíku v půdě u jednotlivých variant

## 4.12 Výpočet potřeby obilí

Tab. 29: Potřeba obilí

	Vyšší hodnoty	Průměrné hodnoty
Prodej – potravinářská pšenice	1200	1000
Prodej – sladovnický ječmen	450	400
Seťové obilí	240	240
Krmné obilí pro vlastní potřebu (pro skot)	1150	1050

Tab. 30: Spotřeba krmného obilí pro skot

Rok	DJ	$\Sigma Y_{2z}$
2004	800	1050
2005	828	1050
2006	842	1050
Celkem	2470	3150

### 4.12.1 Spotřeba $\Sigma Y_{2z}$ na 1 DJ při úplném krytí z vlastní produkce

Vypočítáno podle KAFKY (2000)

1) Podle spotřeby sušiny

Celková spotřeba sušiny na DJ \* rok<sup>-1</sup> (dojnice s průměrnou užitkovostí)

$$5147 \text{ kg} = 5,147 \text{ t} \sim 14,1 \text{ kg} * \text{den}^{-1}$$

Sušina dodaná v objemných krmivech podle  $k_n = 4,00$

$$4 \text{ t} = 4000 \text{ kg}$$

Na jadrná krmiva zbývá:

$$5,147 - 4,0 = 1,147 \text{ t} * \text{DJ}^{-1} * \text{rok}^{-1} \sim 3,142 \text{ kg} * \text{den}^{-1} \text{ (toto použijeme)}$$

2) Podle spotřeby jadrných krmiv

Orientační spotřeba jadrných směsí v kg \* DJ<sup>-1</sup> \* rok<sup>-1</sup> (dojnice s průměrnou užitkovostí)

$$1136 \text{ kg} * \text{DJ}^{-1} * \text{rok}^{-1} \sim 3,11 \text{ kg} * \text{DJ}^{-1} * \text{den}^{-1}$$

### 4.13 Energetické zhodnocení

Aby bylo možné posoudit jednotlivé varianty podle produkce obilí, řepky a bioplynu, nepočítáme s krmným obilím pro prasata.

Produkce obilí pro etanol

Tab. 31:  $\Sigma Y_{2z}$  pro etanol

Varianta	$\Sigma Z$	$\Sigma Y_{2z}$			
		Produkce	Prodej	Krmné obilí	Na etanol zbývá
Varianta 1 (základní)	1303	4349	1640	1495	1214
Varianta 1a (zaměření na obiloviny)	1303	4850	1640	1495	1715
Varianta 1b (zaměření na řepku)	1303	4038	1640	1495	903
Varianta 2 (zaměření na bioplyn)	1425	4068	1640	1634	794
Varianta 2b (zaměření na bioplyn při navýšení výnosů)	1555	4068	1640	1784	644

Produkce řepky na řepkový olej a produkce bioplynu

Tab. 32:  $\Sigma Y_{5z}$  pro řepkový olej, produkce bioplynu

Varianta	$\Sigma Y_{5z}$	Bioplyn [m <sup>3</sup> ]
1	572	-
1a	254	-
1b	769	-
2	535	490 478
2a	535	535 223

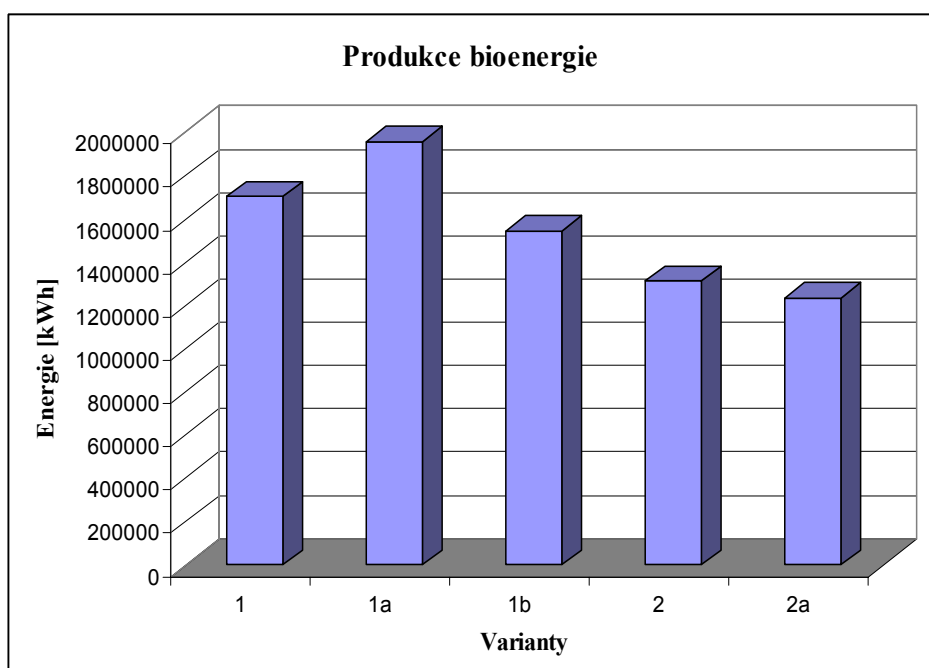
Tab. 33: Celková produkce bioenergie v jednotlivých variantách

Varianta	$\Sigma Y_{2z}$		$\Sigma Y_{5z}$		bioplyn		Celkem [kWh]
	[t]	[kWh]	[t]	[kWh]	[m <sup>3</sup> ]	[kWh]	
1	1214	1 241 890	572	461 261	-	-	1 703 151
1a	1715	1 754 399	254	204 826	-	-	1 959 225
1b	903	923 745	769	620 122	-	-	1 543 867
2	794	812 241	535	431 424	41 992	70 966	1 314 631
2a	644	658 795	535	431 424	86 565	146 295	1 236 514

Počty zvířat (DJ skotu) pro bioplyn:

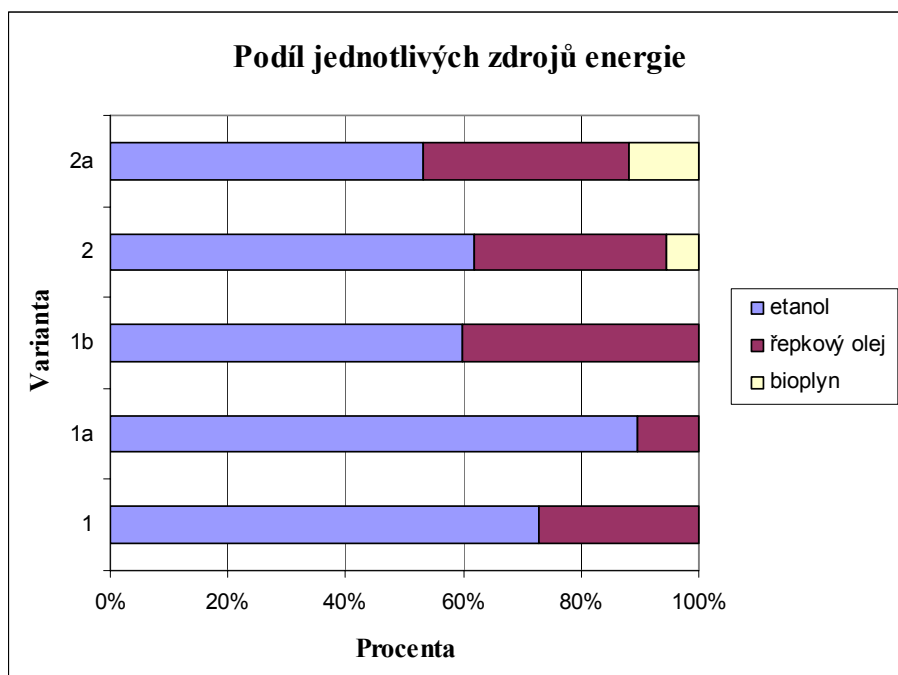
Varianta 2: 122 DJ

Varianta 2a: 251,5 DJ



Obrázek 23: Celková produkce bioenergie u jednotlivých variant

Z grafu je patrné, že varianta 1a zaměřená na výrobu etanolu z obilovin má největší energetický zisk. Menší energetický zisk je u varianty 1b, která je zaměřená na řepku. Nejmenší zisk energie lze očekávat u variant 2 a 2a, které jsou zaměřené na produkci bioplynu z odpadů vzniklých při chovu skotu. Srovnatelnost těchto variant je však omezená, protože u varianty 2 a 2a získáme navíc živočišné produkty (mléko, maso), které však do hodnocení nezahrnujeme.



Obrázek 24: Podíl jednotlivých zdrojů energie z celkového množství energie

Graf znázorňuje zdroje energie (etanol, řepkový olej a bioplyn) a jejich podíl na celkové energetické bilanci u jednotlivých variant.

#### 4.14 Termodynamické podmínky vzniku maximálních výnosů

Data pro zpracování charakteristických termodynamických křivek byla získána z Českého hydrometeorologického ústavu (pobočka České Budějovice).

Tab. 34: Přehled průměrných teplot naměřených v meteorologické stanici Chelčice v časové řadě 1997-2006

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Průměrná roční teplota
1997	-4,4	2,8	5	5,6	13,8	16,4	17,1	18,7	13,6	6,5	2,8	1,2	8,3
1998	0,3	3,4	3,9	9,4	14	17,5	17,9	18,5	12,8	9,2	1	-0,5	9
1999	0,3	-0,6	5,3	9,2	14,2	15,9	19,3	17,9	16,5	7,9	2,2	0,5	9,1
2000	-1,7	3,5	4,3	11,1	15,2	18,2	16,5	19,2	13,4	10,3	4,9	0,8	9,6
2001	-1,6	1,6	4,8	7,5	15,1	14,6	18,3	18,4	11,4	12	2,5	-2,3	8,5
2002	-0,5	4,5	4,1	8,1	15,8	18,5	18,7	18,4	12	7,8	4,6	-1,2	9,2
2003	-1,8	-3,6	5,1	8,2	15,7	20,3	19,4	21,7	14,1	5,5	4,5	-0,6	9
2004	-2,3	2	2,9	9,1	12,1	15,9	17,5	18,9	13,5	9,5	3,7	-0,4	8,5
2005	0,9	-2,9	2,3	9,5	13,7	17	18,5	16,4	14,5	9,5	2,2	-0,7	8,4
2006	-5,4	-1,7	1,4	8,7	13,5	17,6	21,5	15,3	16,1	10,9	6	2,5	8,9

Tab. 35: Přehled srážek naměřených v meteorologické stanici Němčice v časové řadě 1997-2006

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Celkem
1997	6,4	13,4	52,7	44,7	34,8	65,7	143,1	64,7	25,6	31,4	46,7	32,1	561,3
1998	15,7	3,6	38,9	36,6	48,3	71,2	84,7	31,4	50,6	52,2	34,3	8,2	475,7
1999	24	35,3	12,2	23,8	49,9	50,6	61,1	68,7	32,5	12,4	37,3	32,5	440,3
2000	13,2	15,2	78,6	5,6	39,2	49,6	99,3	49,5	61,4	78,2	32,6	21,7	544,1
2001	27,2	11,9	57,1	69,5	64,7	62,9	108,4	91,8	54,2	16	28	42,3	634
2002	10,6	32	70,3	19,3	41,7	113,8	169,7	264,4	62	99	55,3	48	986,1
2003	37,7	3,9	16,7	7,5	84,1	103,2	46,7	15,2	13,7	65,4	15,6	28,3	438
2004	33,6	30,6	48,2	47,9	89,1	121,4	88	44,6	51,6	38,5	32,6	4	630,1
2005	26,3	43,7	18,2	63,4	63	66	144,6	134,8	83,3	10,7	24,8	27,4	706,2
2006	40,1	12,6	62,9	91,9	61,1	179,2	123,9	112,3	3,3	12	27,1	10,8	737,2

Níže vykreslené křivky 1 až 4 vyjadřují teplotní a srážkové poměry, za kterých vznikly maximální výnosy ve zvolené časové řadě. Tyto křivky je možné porovnat s charakteristickými termodynamickými křivkami pro Českou republiku (KUDRNA, 1985), a zjistit, do jaké míry se podmínky vzniku maximálních výnosů jednotlivých plodin liší od průměru České republiky.

Vliv na dobu kritického období má odrůda a nadmořská výška. Různé odrůdy mohou mít posunuto kritické období podle toho, na jakou vegetační dobu byly vyšlechtěny. S délkou vegetační doby se zpravidla posunuje i kritické období.

Nadmořská výška je významným činitelem, který ovlivňuje dobu nástupu kritického období zejména u obilnin, u nichž je kritické období krátké. S rostoucí nadmořskou výškou se posunuje až do měsíce června a na začátek července.

Pro dosažení nadprůměrných výnosů je bezpodmínečně nutno, aby kritická období byla kryta dostatečným množstvím srážek. Pokles srážek v tomto období pod normální hodnotu představuje i podprůměrný výnos (KUDRNA, 1985).

### Křivka 1:

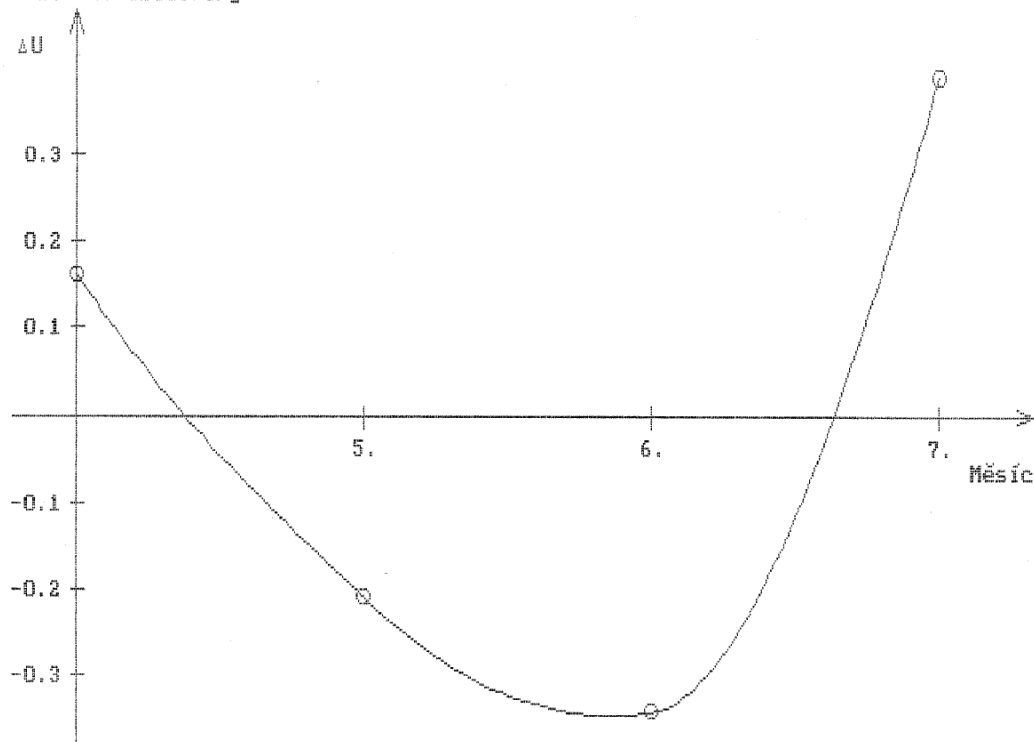
Podnik : ZOD Nemcice Plodina: obiloviny	Do měsíce: 7.
--	---------------

Typ	Max	-----	-----	-----
Vynos Rok	5.85 t/ha 2004	0.00 t/ha 1900	0.00 t/ha 1900	0.00 t/ha 1900

Mesíc	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U
4.	9.1	48	0.1634	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
5.	12.1	89	-.2083	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
6.	15.9	121	-.3422	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
7.	17.5	88	0.3871	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
8.	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
9.	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
Suma	54.6	55		0.0	0		0.0	0		0.0	0	

Podnik: ZOD Nemcice  
Plodina: obiloviny

— Max : výnos= 5.85, rok 2004



Charakteristická termodynamická křivka pro maximální výnos ( $Y_{max}$ ) obilovin velmi dobře odpovídá křivkám podle KUDRNY (1985), který pro obiloviny uvádí kritické období v květnu. Záporné hodnoty  $\Delta U$  (změny vnitřní energie) jsou podle křivky v měsících květnu a červnu, přičemž nejnižší hodnoty jsou v měsíci červnu. Částečný posun do června odráží vyšší nadmořskou výšku výrobního území.



## Křivka 2:

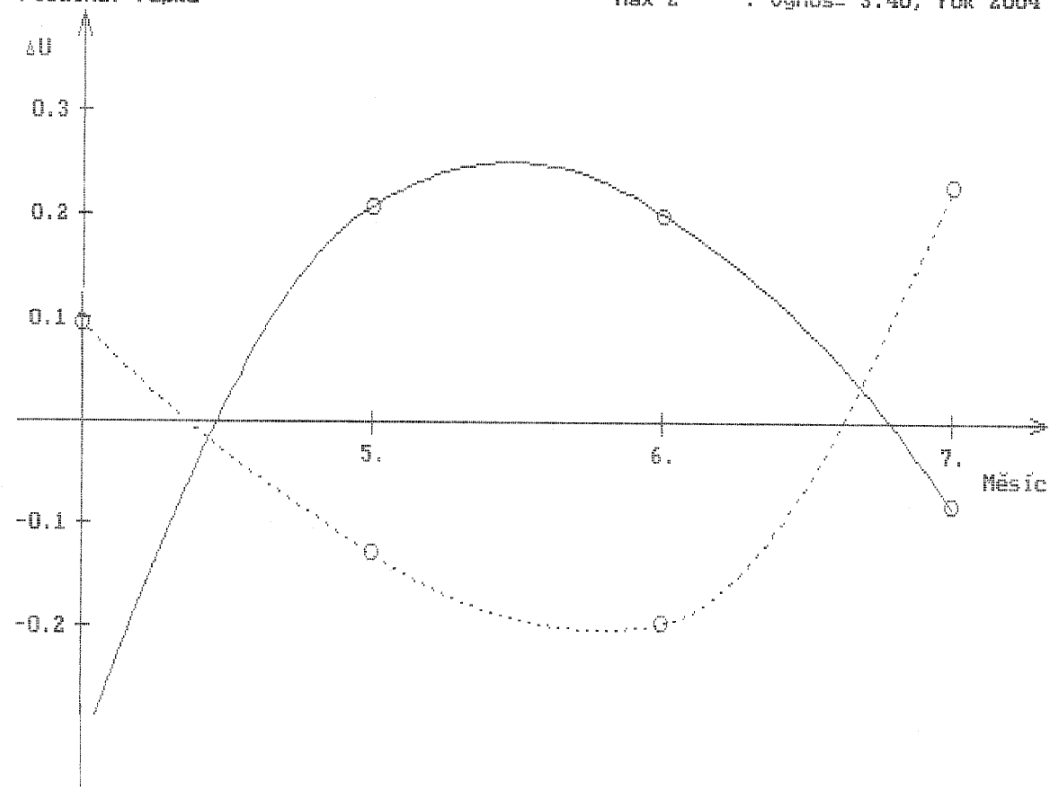
Podnik : ZOD Nemoice Plodina: repka	Do měsíce: 7.
--	---------------

Typ	Max	Max 2	-----	-----
Vynos Rok	3.50 t/ha 2001	3.40 t/ha 2004	0.00 t/ha 1900	0.00 t/ha 1900

Mesic	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U
4.	7.5	70	-0.3277	9.1	48	0.0963	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
5.	15.1	65	0.2088	12.1	90	-0.1284	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
6.	14.6	63	0.2001	15.9	121	-0.1955	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
7.	18.3	108	-0.0812	17.5	88	0.2275	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
8.	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
9.	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
Suma	55.5	56		54.6	55		0.0	0		0.0	0	

Podnik: ZOD Nemoice  
Plodina: repka

— Max : výnos= 3.50, rok 2001  
- - - Max 2 : výnos= 3.40, rok 2004



Charakteristická termodynamická křivka pro  $Y_{\max}$  je velmi netypická. V daném roce byly srážkami dobře pokryty všechny hodnocené měsíce vegetace (duben – červenec).

Křivka pro  $Y_{\max 2}$  dobře odpovídá křivce podle KUDRNY (1985), minimální hodnota  $\Delta U$  je pro řepku v červnu, při dobrém pokrytí srážkami i v měsíci květnu.

Křivka 3:

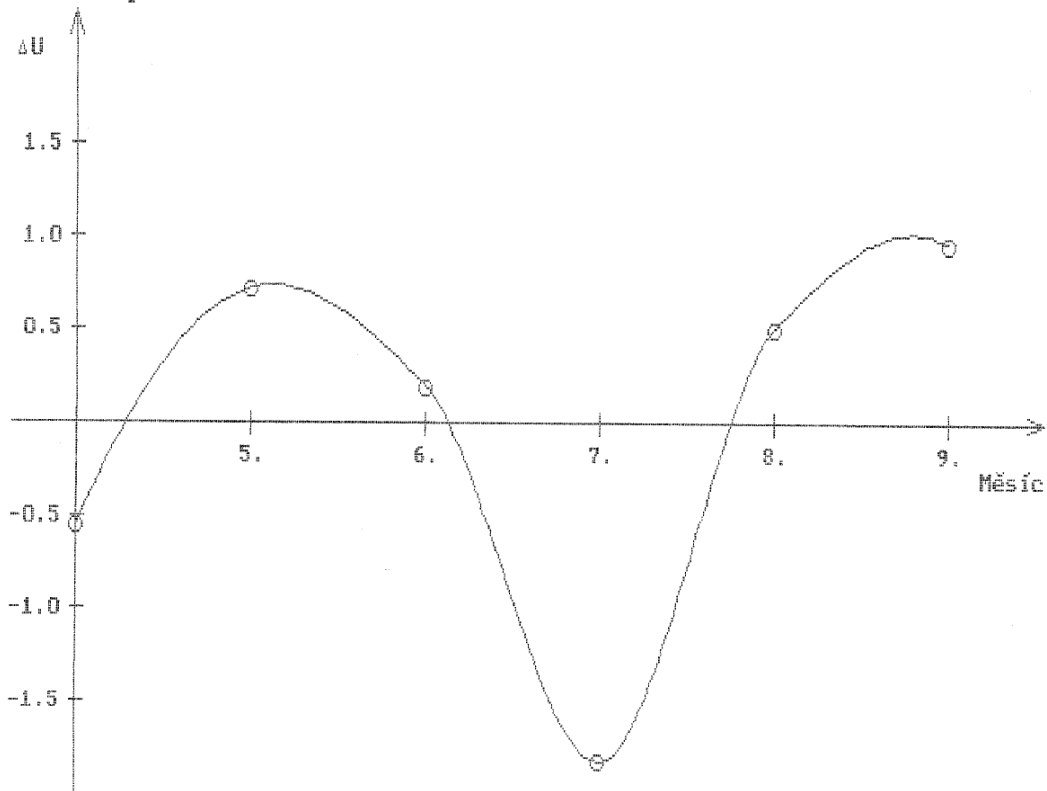
Podnik : ZOD Nencice Plodina: jetel		Do mesice: 9.	
--	--	---------------	--

Typ	Max	-----	-----	-----
Vynos Rok	10.43 t/ha 1997	0.00 t/ha 1900	0.00 t/ha 1900	0.00 t/ha 1900

Mesic	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U
4.	5.6	45	-0.5496	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
5.	13.8	35	0.7287	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
6.	16.4	66	0.1961	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
7.	17.1	143	-0.8316	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
8.	18.7	65	0.5051	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
9.	13.6	26	0.9513	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
Suma	85.2	85		0.0	0		0.0	0		0.0	0	

Podnik: ZOD Nencice  
Plodina: jetel

— Max : vynos=10.43, rok 1997



Podle křivky jsou v měsíci červenci optimální podmínky pro výnos v druhé seči.  
Časová řada není dost dlouhá, aby postihla optimální podmínky pro první i druhou seč.

Křivka 4:

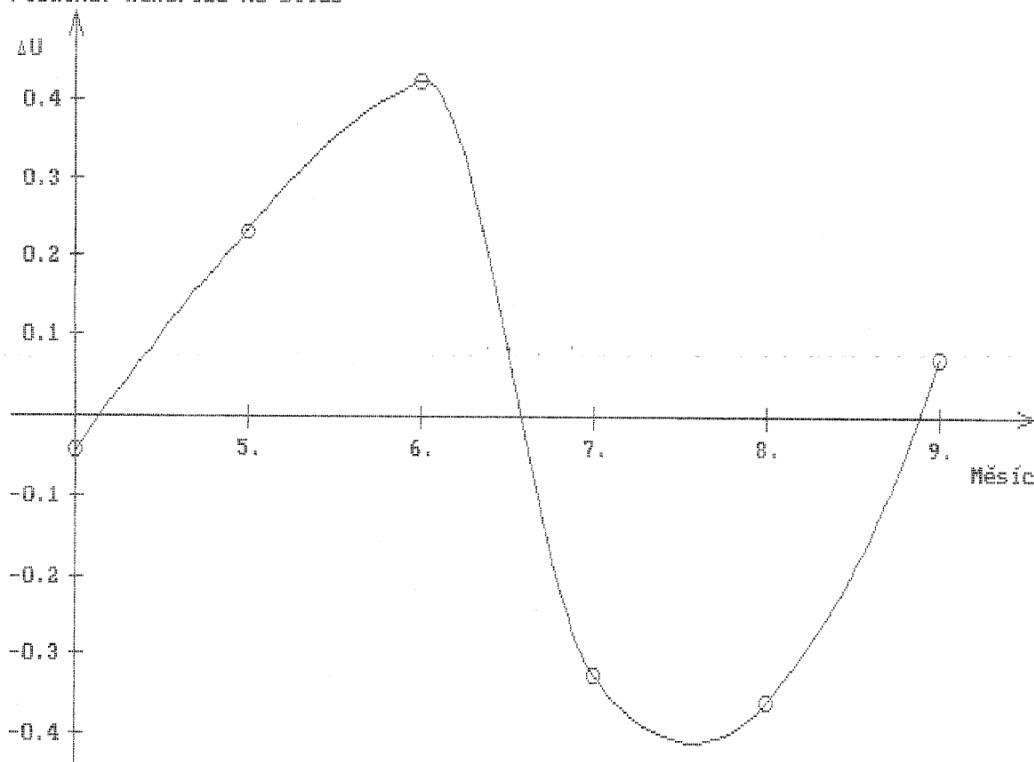
Podnik : ZOD Nencice Plodina: kukurice na silaz	Do mesice: 9.
--	---------------

Typ	Max	-----	-----	-----
Vynos Rok	5.96 t/ha 2005	0.00 t/ha 1900	0.00 t/ha 1900	0.00 t/ha 1900

Mesic	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U
4.	9.5	63	-0.0446	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
5.	13.7	63	0.2348	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
6.	17.0	66	0.4220	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
7.	18.5	145	-0.3265	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
8.	16.4	135	-0.3588	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
9.	14.5	83	0.0732	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
Suma	89.6	90		0.0	0		0.0	0		0.0	0	

Podnik: ZOD Nencice  
Plodina: kukurice na silaz

— Max : vynos= 5.96, rok 2005



Záporné hodnoty  $\Delta U$  jsou podle křivky v červenci a srpnu. KUDRNA (1985) uvádí pro kukuřici dvě kritická období (květen a srpen).

## 5 DISKUSE

Analýza původní struktury zemědělské soustavy Zemědělsko-obchodního družstva Němčice byla provedena za desetiletou časovou řadu (1997 – 2006) metodou uhlíkové bilance. Tato metoda vychází z rozdělení plodin podle jejich vlivu na množství aktivního uhlíku v půdě na zdroje, neutrální plodiny a spotřebitele. Přitom aktivní uhlík zdrojů by měl krýt objem sklizně zrna obilovin a aktivní uhlík slámy obilovin by měl krýt objem sklizně spotřebitelů.

Jako hlavní zdroje uhlíku v soustavě беру jednoleté a víceleté pícniny a trvalé travní porosty. Mezi spotřebitele naopak patří okopaniny a olejnin. Neutrální plodiny z hlediska spotřeby a produkce uhlíku jsou obiloviny.

V práci řeším energetickou bilanci ZOD Němčice na základě vypracovaného návrhu struktury podniku v případě maximálního možného zařazení energetických plodin jako je obilí na výrobu etanolu, řepka na výrobu bionafty a výroba bioplynu za předpokladu optimální hustoty skotu.

Vstupní údaje potřebné pro analýzu a návrhy vnitřní struktury zemědělské soustavy jsem získala z ročních statistických výkazů ZOD Němčice. Jde o tyto údaje: plochy sklizně a výnosy plodin, spotřeba minerálních hnojiv a stavy skotu.

Plochy zemědělské půdy se pohybují v rozmezí 2100 – 2200 hektarů. V současnosti družstvo hospodaří na 2171 hektarech zemědělské půdy, z toho je 1670 hektarů orné půdy a zbylých 501 hektarů tvoří louky a pastviny. V původní zemědělské soustavě tvoří jednoleté a víceleté pícniny 32,62 %  $P_{or}$ , plochy obilovin 53,80 %  $P_{or}$ , olejnin 13,22 %  $P_{or}$  a okopaniny pouze 0,37 %  $P_{or}$ .

Spotřeba minerálních hnojiv v časové řadě má kolísající charakter. Hodnoty čistých živin se pohybují v rozmezí 50 až 86 kg čistých živin na hektar za rok.

Stavy skotu se postupně snižují od 0,52 DJ \* ha<sup>-1</sup> v roce 1997 po 0,36 DJ \* ha<sup>-1</sup> v roce 2004. Následující dva roky dochází k mírnému nárůstu stavu skotu. V roce 2006 byla hustota skotu 0,39 DJ \* ha<sup>-1</sup>. Přestože je tato hodnota nízká, přesahuje průměr v celé České republice o 0,15 DJ \* ha<sup>-1</sup>. Podle KVAPILÍKA a kol. (2007) byla hustota skotu v roce 2006 v České republice 0,24 DJ \* ha<sup>-1</sup>.

Navíc výroba bioplynu by také měla být spojena s vyšší hustotou skotu, jako je to například v Německu a Rakousku. V těchto zemích je hustota skotu daleko větší než u nás, navíc je u nás přirozený růst počtu skotu limitován mléčnými kvótami.

Mezi stěžejní parametry pro hodnocení jednotlivých návrhů patří parametr ETA 0 a parametr OMEGA 2.

Parametr ETA 0 je určen podílem produkce suché hmoty jednoletých pícnin ku víceletým pícninám a loukám. Optimální hodnota by měla být 0,274. U původní struktury bylo dosaženo 0,436, tato hodnota překračuje normu o 59 %. V návrzích je zajištěna normální hodnota 0,274.

Pokrytí sklizně zrna obilovin aktivním uhlíkem je vyjádřeno parametrem OMEGA 2. Optimální hodnota by měla být 1. U původní struktury bylo v mém případě dosaženo 0,817. Lepší výsledek jsem dostala u varianty 1 (0,949). Tuto hodnotu lze vzhledem k přírodním podmínkám zemědělského podniku hodnotit jako relativně dobré krytí potřeby uhlíku pro obiloviny.

Pro vyjádření pokrytí spotřeby aktivního uhlíku pro všechny plodiny jsem použila C-bilanci, která se běžně používá pro vyhodnocení osevního postupu. Hodnota C/ha naznačuje (a zejména pak její porovnání v jednotlivých navrhovaných variantách), jak dlouho bude trvat dosažení navrhovaného stavu. Čím vyšší přírůstek aktivního uhlíku, tím kratší doba by měla stačit pro dosažení plánovaného stavu. V mém případě je nejkratší doba nutná pro dosažení plánovaného stavu u varianty 1a ( $0,693 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Jde o variantu zaměřenou na obiloviny, naopak původní struktura vykazuje jen velmi nízký přírůstek ( $0,045 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

Pro zhodnocení maximálních výnosů plodin jsem použila charakteristické termodynamické křivky. Růst každé plodiny je charakterizován určitým průběhem změn vnitřní energie během vegetace, který se může vyjádřit graficky. Charakteristické termodynamické křivky dobře odpovídají křivkám podle KUDRNY (1985), částečný posun u některých křivek odráží vyšší nadmořskou výšku výrobního území zemědělského podniku.

Při výpočtech získané energie (kWh) z etanolu a řepkového oleje jsem použila přepočítávací koeficienty podle KUDRNY a ŠINDELÁŘOVÉ (2000), které uvedli ve své práci.

- bioplyn – 1,69 kWh – 1 m<sup>3</sup> bioplynu
- etanol – 2,99 kWh – 1 l etanolu
- řepkový olej – 2,52 kWh – 1 kg oleje

U variant 2 a 2a uvažujeme s výrobou bioplynu z odpadů, které vznikají při chovu skotu.

Nepotravinářské využití pěstovaných plodin dává nový prostor pro rozvoj zemědělství a rozvoj venkova, uplatnění pracovních sil a zlepšení efektivity hospodaření zemědělských podniků v horských a podhorských oblastech.

## 6 ZÁVĚR

Tato práce obsahuje analýzu původní struktury zemědělské soustavy Zemědělsko-obchodního družstva Němčice a návrh optimální zemědělské soustavy. Dále jsem stanovila dekompozici zemědělské soustavy, vypočetla potřebné parametry a navrhla jsem nové struktury se zaměřením na obiloviny pro výrobu etanolu, produkci olejnin na výrobu řepkového oleje a dvě varianty se zaměřením na výrobu bioplynu. Analýzu zemědělské soustavy jsem vypočítala metodou uhlíkové bilance.

Na základě analýzy původní struktury zemědělské soustavy jsem navrhla základní variantu 1. U této varianty jsem počítala s hustotou skotu  $0,6 \text{ DJ} \cdot \text{ha}^{-1}$  a s krmnou normou  $4 \text{ t} \cdot \text{DJ}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Z celkové plochy orné půdy zaujímají obiloviny 53,80 %, řepka 11,16 %, píce 34,80 % a brambory 0,24 %.

Varianta 1a je odvozena od varianty 1, hustotu skotu a krmnou normu jsem neměnila. Varianta 1a je zaměřena na obiloviny a výrobu etanolu z nich. Navýšila jsem plochu obilovin o 6,2 %  $P_{\text{or}}$ , z původních 53,80 %  $P_{\text{or}}$  na 60 %  $P_{\text{or}}$ . Plochu řepky jsem snížila na 4,96 %  $P_{\text{or}}$ .

Varianta 1b je také odvozena od varianty 1 a je zaměřena na výrobu řepkového oleje. Počítám s maximálním zatížením soustavy řepkou, tj. 15 %  $P_{\text{or}}$ . Plochy obilovin jsem snížila na 49,96 %  $P_{\text{or}}$ . Plochy jednoletých a víceletých pícnin jsem nechala stejné jako u varianty 1 (34,8 %  $P_{\text{or}}$ ), také hustotu skotu a krmnou normu jsem neměnila.

Pro variantu 2 na výrobu bioplynu z odpadu vzniklého při chovu skotu jsem navýšila plochy víceletých pícnin na 25 %  $P_{\text{or}}$ . Plochu obilovin jsem snížila na 50,33 %  $P_{\text{or}}$  a plochu řepky na 10,44 %  $P_{\text{or}}$ . Protože jsem zvýšila plochu víceletých pícnin, tak došlo k navýšení zdrojů uhlíku a ke snížení spotřebitelů uhlíku oproti variantě 1. Při navýšení plochy víceletých pícnin jsem získala více objemných krmiv a díky tomu jsem mohla zvýšit stavy skotu o 122 DJ.

U varianty 2a jsem nechala stejné plochy orné půdy jako u varianty 2, pouze jsem navýšila výnosy u kukuřice, jetele a luk s četností výnosu 50 %. Díky tomu jsem mohla zvýšit stavy skotu na 251,5 DJ při splnění krmné normy.

Při porovnání jednotlivých variant v daných přírodních podmínkách je z hlediska energetického zisku nejlepší varianta 1a zaměřená na produkci obilovin. Z ekonomického hlediska je varianta relativně nenáročná, nemusí se měnit agrotechnika ani mechanizace v podniku. Nevýhodou je závislost výroby etanolu na dotacích od státu. Další vliv na výrobu etanolu má cena vykupovaného obilí. V posledním roce se výkupní ceny obilí zvedly, v některých případech až o 30 %, proto se zemědělcům vyplatí prodat obilí pro výživu lidí a ne vyrábět z něho etanol.

Druhá nejlepší varianta je varianta 1b se zaměřením na řepku. Tato varianta je zaměřena na dvě plodiny (řepka a obiloviny), to může být výhodou, ale i nevýhodou. V případě, že pro jednu z plodin nenastanou vhodné podmínky pro pěstování, může druhá plodina částečně vyrovnat finanční ztráty. Také u této varianty se nemusí měnit agrotechnika.

Varianta 2 zaměřená na výrobu bioplynu je z pohledu produkce energie nejhorší. U této varianty je nutná výstavba bioplynové stanice, to je spojeno s vysokými náklady a dlouhou dobou návratnosti investice.

Srovnatelnost všech variant je omezená, protože u varianty 2 získáme navíc živočišné produkty (mléko, maso), které do hodnocení nezahrnuji. V této práci se zabývám maximálním energetickým ziskem u jednotlivých variant. Pro výběr celkově nejvhodnější varianty by bylo třeba v další práci posoudit i ekonomickou výhodnost zvolených variant.



## 7 POUŽITÁ LITERATURA

- BERANOVSKÝ, J., TRUXA, J. Alternativní energie pro váš dům. Brno: ERA group spol. s r. o., 2003. 125 s.
- BROŽ, K., ŠOUREK, B. Alternativní zdroje energie. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. 213 s.
- CELJAK, I. Biomasa nemá význam pouze energetický. Agro magazín. 2007, roč. 8, č. 11, s. 40-44.
- KAJAN, M., ŠTINDL, P. Výstavba bioplynových stanic v ČR 2007 – 2013. In: Sborník konference: Výstavba a provoz bioplynových stanic, 25. – 26. 10. 2007, Třeboň, s 5-11.
- KAMINSKÝ, J., VRTEK, M. Obnovitelné zdroje energie. Ostrava: VŠB–Technická univerzita Ostrava, 1999. 102 s.
- KÁRA, J. Využití druhotných a obnovitelných zdrojů energie. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 1994. 32 s.
- KÁRA, J. Motorová paliva z biomasy v České republice. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. 40 s.
- KŘEPELKA, V. Využití bioetanolu jako paliva v zemědělství. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1997. 37 s.
- KUDRNA, K. Zemědělské soustavy. Praha: SZN, 1979. 708 s.
- KUDRNA, K. Zemědělské soustavy. 2. doplněné vydání. Praha: SZN, 1985. 720 s.
- KUDRNA, K. Obecné parametry zemědělských soustav při modelování jejich optimální struktury. Praha: Rostlinná výroba, 1987, roč. 33, č. 4, s. 337-346.
- KUDRNA, K. Zákony vývoje zemědělských soustav. Meliorace. 1989, roč. 25, č. 2, s. 81-92.
- KUDRNA, K. Zemědělské systémové inženýrství, jeho cíle, metody a uplatnění v zemědělských soustavách. Kladno: Centrum pro zemědělské soustavy, spol. s r. o., 1996. 56 s.
- KUDRNA, K., ŠINDELÁŘOVÁ, M. K problému uzavřené zemědělské soustavy na energetickém principu. Coll. Sci. Pap., Fac. Agric. České Budějovice, 2000, sv. 17, č. 2, s. 121-129.

- KVAPILÍK, J. a kol. Ročenka-chov skotu v České republice. Praha: Českomoravská společnost chovatelů, a.s., 2007. 105 s.
- MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. Alternativní plodiny. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 1996. 90 s.
- MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Hradec Králové: vh press, 1998. 56 s.
- MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. Pěstování alternativních plodin (Učební texty). České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 1999. 165 s.
- MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J. Energie z biomasy. Brno: ERA group spol. s r. o., 2006. 94 s.
- NORDBERG, A. One-and two-phase anaerobi digestion of ley crop silage with and without liquid recirculation. [Dissertation] Swedish Univ. Agric. Sci., Rep. 64, 1996.
- PASTOREK, Z., WOLFF, J. Výroba a využití bioplynu v zemědělství. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 1992. 32 s.
- PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha: FCC PUBLIC s. r. o., 2004. 288 s.
- PETŘÍKOVÁ, V. Světové zdroje obnovitelné energie a průmyslových surovin z biomasy. In „Energetické a průmyslové rostliny – VI“. Chomutov: CZ-Biom & VÚRV, 2000. 169 s.
- POKORNÝ, Z. Bionafta ekologické alternativní palivo do vznětových motorů. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky, 1998. 43 s.
- SCHULZ, H., EDER, B. Bioplyn v praxi (Teorie – projektování – stavba zařízení – příklady). Ostrava-Plesná: HEL, 2004. 168 s.
- SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J. a kol. Využití fytomasy pro energetické účely. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky v Praze, 2005. 123 s.
- SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J. a kol. Nepotravinářské využití fytomasy. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky v Praze, 2006. 95 s.

SRDEČNÝ, K., TRUXA, J. Obnovitelné zdroje energie v jižních Čechách a Horním Rakousku. Praha: EkoWATT, středisko pro obnovitelné zdroje a úspory energie, 2000. 80 s.

STRAŠIL, Z. Potenciál rostlinné biomasy v zemědělství ČR a jeho možnosti využití v energetice. Agro magazín. 2007, roč. 8, č. 12, s. 28-32.

ŠINDELÁŘOVÁ, M. et al. Výrobní parametry zemědělských podniků v různých přírodních podmínkách. Coll. Sci. Pap., Fac. Agric. České Budějovice, 1999, sv. 16, č. 2, s. 123-129.

ŠOCH, M. Agroenergetika a její zapojení do výuky na FŽP UJEP Ústí nad Labem. Výroba a využití bioplynu. České Budějovice: Zemědělská fakulta JU České Budějovice, 1996. 36 s.

TICHÝ, F. Pěstební technologie a úprava zrna pšenice ozimé a tritikale pro výrobu etanolu. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2001. 41 s.

VÁŇA, J., SLEJŠKA, A. Bioplyn z rostlinné biomasy. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. 41 s.

VEČEŘ, J. Energie napůl zdarma. Praha: Horizont, 1985. 228 s.

Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů ( zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - Mapa polohy ZOD Němčice

Příloha 2 - Mapa ploch hospodaření ZOD Němčice

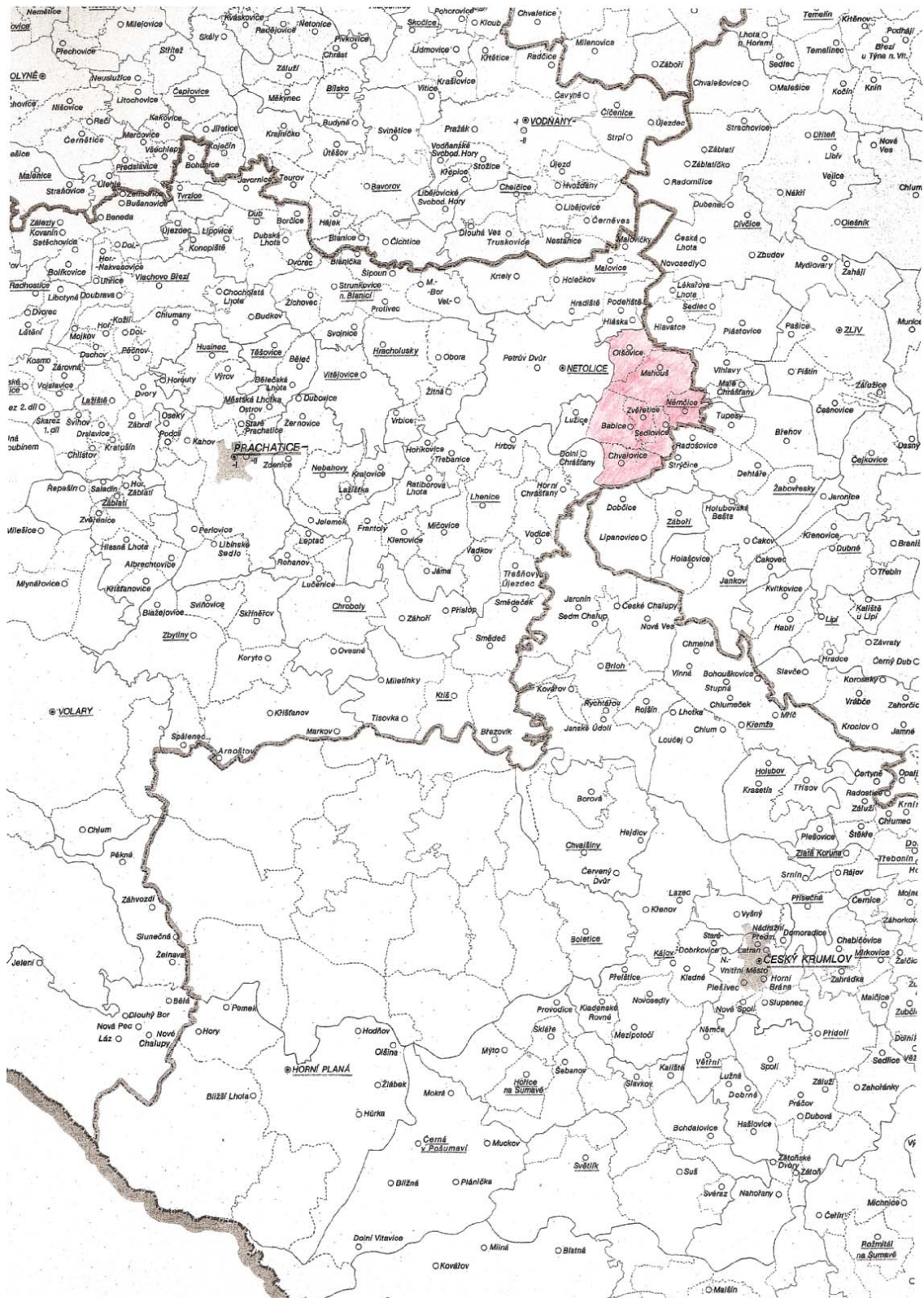
Následující pasáž (Příloha 3, 4, 5) o rozsahu čtrnácti stran obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále diplomové práce uloženém na Zemědělské fakultě Jihočeské univerzity.

Příloha 3 - Spotřeba minerálních hnojiv v časové řadě 1997 - 2006

Příloha 4 - Rozdělení četností výskytu výnosů

Příloha 5 - Podklady pro výpočet zemědělské soustavy zpracované programem „Soustavy“

# Příloha 1: Mapa polohy ZOD Němčice



## Příloha 2: Mapa ploch hospodaření ZOD Němčice

