

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA



STUDIJNÍ OBOR: VŠEOBECNÉ ZEMĚDĚLSTVÍ

KATEDRA: AGROEKOLOGIE

SEKCE: AGROCHEMIE A PEDOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Téma: **Možnosti a limity produkce bioenergie ve zvoleném
zemědělském podniku v nižších polohách**

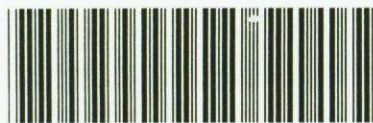
Vedoucí diplomové práce:

Prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.

Konzultant diplomové práce:

Ing. Marie Šindelářová, CSc.

Knihovna JU - ZF



3114703766

Autor diplomové práce:

Svatopluk Čech, DiS.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Katedra: obecné produkce rostlinné

Akademický rok: 2003/2004

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: Svatopluk ČECH

Studijní program: M 4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Všeobecné zemědělství

Název tématu: Možnosti a limity produkce bioenergie ve zvoleném zemědělském podniku v nižších polohách

Zásady pro vypracování:

(v zásadách pro vypracování uveďte cíl práce a metodický postup)

Cílem práce je vyhodnotit možnosti a limity produkce bioenergie ve zvoleném zemědělském podniku v nižších polohách středočeského regionu.

Bude vypracován návrh výrobní struktury zemědělské soustavy, zaměřený na produkci plodin pro energetické účely, zejména zrna obilovin pro výrobu etanolu, případně dalších plodin, zejména řepky. Bude rovněž vyhodnocena možnost výroby bioplynu z odpadů z chovu skotu. Vlastnímu návrhu bude předcházet analýza vnitřní struktury zemědělské soustavy s výpočtem a vyhodnocením vybraných parametrů vnitřní struktury a jejich vzájemných vztahů.

Jako podklad pro analýzu i návrh vnitřní struktury zemědělské soustavy budou použity:

- plochy sklizně a výnosy plodin
- stavy skotu
- spotřeba minerálních hnojiv

v jednotlivých letech přibližně 7 + 10-leté časové řady.

Podrobná metodika bude dohodnuta s vedoucím diplomové práce.

Rozsah grafických prací: cca 10 grafů a map

Rozsah průvodní zprávy: 40 ÷ 60 stran

Seznam odborné literatury:

- Kudrna, K.: Zemědělské systémové inženýrství, jeho cíle, metody a uplatnění v zemědělských soustavách. Centrum pro zemědělské soustavy, Neuměřice, 1996, 56 s.
- Kára, J.: Motorová paliva z biomasy v České republice. Zemědělské informace, 2001 (25), ÚZPI Praha, 39 s.
- Tichý, F. a kol.: Pěstební technologie a úprava zrna pšenice ozimé a tritikale pro výrobu etanolu. Zemědělské informace, 2001 (5), ÚZPI Praha, 41 s.
- Šoch, M.: Výroba a využití bioplynu. Agroenergetika a její zapojení do výuky na FŽP UJEP Ústí nad Labem. ZF JU České Budějovice, 1996, 35 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.

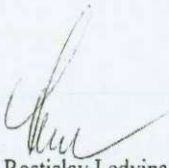
Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.

Konzultant: Ing. Marie Šindelářová, CSc.


Datum zadání diplomové práce: 6. 1. 2004

Termín odevzdání diplomové práce: 30. 4. 2006

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


prof. Ing. Rostislav Ledvina, CSc.

Vedoucí katedry


doc. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.

Děkan

V Českých Budějovicích dne 8. 3. 2004

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Možnosti a limity produkce bioenergie ve zvoleném zemědělském podniku v nižších polohách“ vypracoval samostatně, na základě vlastních zjištění a materiálů uvedených v seznamu použité literatury.

J. Čech
.....

V Českých Budějovicích dne 28. dubna 2006

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří mi byli nápomocni při řešení mé diplomové práce. Především však děkuji své diplomové konzultantce paní Ing. Marii Šindelářové, CSc. za její odborné vedení, pomoc a cenné rady v průběhu zpracování diplomové práce.

Dále děkuji Ing. Zdeňce Markesové ředitelce Školního statku v Poděbradech za ochotu, kterou projevila při poskytování podkladů pro mou práci. Za odbornou pomoc děkuji také panu Jiřímu Bernardovi a panu Danielovi Férovi, DiS.

Použité symboly a označení:

ŠS	školní statek
ZS	zemědělská soustava
RV	rostlinná výroba
ŽV	živočišná výroba
SP	soustava průmyslová
ϵ_s	energie slunečního záření
ϵ_{rs}	energie rostlinných společenstev
ϵ_i	iontové pole
ϵ_k	energie klimatu
ϵ_p	bioenergetický potenciál půdy
G_{ps}	geologickopetrografický substrát
Nh	nadmořská výška
ΣZ	celkový počet zvířat (DJ)
DJ	dobyččí jednotka (500 kg)
h_z	hustota skotu ($DJ * ha^{-1}$)
k_n	krmná norma ($t * DJ^{-1}$)
Σ_{pz}	polygastrická zvířata
Σ_{mz}	monogastrická zvířata
Σ_m	mikrobiální společenstva
ΣC_k	aktivní uhlík po konverzi polygastrickými zvířaty
P_z	plocha zemědělské půdy v ha
P_{or}	plocha orné půdy v ha
ΣH	spotřeba průmyslových hnojiv v t čistých živin NPK ($N + P_2O_5 + K_2O$)
Y_i	výnos plodiny v $t * ha^{-1}$
ΣY_{si}	celková sklizeň suché hmoty plodiny v t
Y_{si}	výnos suché hmoty plodiny v $t * ha^{-1}$
ΣY_s	celková sklizeň suché hmoty všech plodin v t

ζ_2	parametr vyjadřující poměr zdrojů a spotřebitelů uhlíku pro strukturu ($Y_{s1+4} P_{1+4}$) \leftrightarrow ($Y_{s2} P_2$)
ζ_3	parametr vyjadřující poměr zdrojů a spotřebitelů uhlíku pro strukturu ($Y_{s1+4} P_{1+4} + Y_{s2} P_2$) \leftrightarrow ($Y_{s3} P_3$)
k_{1-4}	přepočítací koeficienty pro jednotlivé plodiny
k_1	= 1,00,
k_2	= 0,75,
k_4	= 0,50,
ETA 0	suchá hmota jednoletých píceňin na jednotku hlavních uhlíkatých zdrojů
ETA 2	poměr zrna k uhlíkatým zdrojům
OMEGA 2	poměr sumy aktivního uhlíku k objemu sklizně obilovin
C_2^P	Planckova konstanta (přepočítávací koeficient sušiny píceňin na objem zrna obilovin)
Z_c	zdroje uhlíku
S_c	spotřebitelé uhlíku
r	koeficient korelace
ΔU	celková změna vnitřní energie, jež charakterizuje výnos suché hmoty
t_{cn}	teplota sledovaného období
h_{sn}	srážky ve sledovaném období
t_c	úhrn teplot za vegetaci v roce $Y_{s \max}$
h_s	úhrn srážek za vegetaci v roce $Y_{s \max}$
$Y_{s \max}$	maximální dosažený výnos v delší časové řadě
MEŘO	methylester řepkového oleje

Indexy jednotlivých plodin:

0	jednoleté píceiny (kukuřice na zeleno + ostatní)
1	víceleté píceiny (vojtěška + ostatní)
2	obiloviny
2z	zrno obilovin
2sl	sláma obilovin
3a	cukrová řepa
3b	brambory rané
3c	brambory pozdní
3d	krmná řepa
4a	louky
4b	pastviny
5a	řepka ozimá
5b	slunečnice
5c	hořčice
6	hrách
7a	zelenina
7b	ovoce
ri	rhizomy

OBSAH:

1. Úvod	1
2. Literární část	2
2.1. Systémový přístup - systémové analýzy a metody	2
2.2. Zemědělské systémové inženýrství	3
2.3. Teorie zemědělské soustavy	4
2.4. Parametry stavu zemědělské soustavy	4
2.4.1. Struktura zemědělské soustavy	5
2.4.2. Výrobní území zemědělské soustavy	8
2.4.3. Rovnováha zemědělské soustavy	10
2.5. Metoda uhlíkové bilance v zemědělské soustavě	12
2.6. Obnovitelné zdroje energie – biomasa	14
2.6.1. Řepka jako energetická plodina	16
2.6.2. Výroba bioplynu	21
2.6.3. Výroba bioethanolu z obilovin	33
2.7. Termodynamické podmínky vzniku maximálních výnosů plodin	38
3. Metodika	41
3.1. Analýza a návrh vnitřní struktury zemědělské soustavy	41
3.1.1. Plochy sklizně a výnosy plodin	41
3.1.2. Stavy skotu	42
3.1.3. Spotřeba hnojiv	44
3.2. Výpočet struktury zemědělské soustavy metodou uhlíkové bilance	44
3.2.1. Dekompozice struktury zemědělské soustavy metodou uhlíkové bilance	44
3.2.2. Výpočet parametrů zemědělské soustavy	45
3.2.3. Výpočet normální struktury	46
3.2.4. Výpočet optimální struktury	47
3.2.5. Výpočet jednotlivých návrhů s ohledem na energetické využití	48
3.3. Tvorba termodynamické křivky	50

4. Vlastní práce	53
4.1 Charakteristika výrobní oblasti ŠS Poděbrady	53
4.2. Charakteristika podniku	57
4.3. Analýza vnitřní struktury zemědělské soustavy	58
4.3.1. Dekompozice původní struktury zemědělské soustavy Školního statku Poděbrady 1994 – 2004	58
4.3.2. Normální struktura	60
4.3.3. Znázornění parametrů vnitřní struktury zemědělské soustavy v grafické formě a jejich vyhodnocení	61
4.4. Návrh optimální struktury zemědělské soustavy ŠS Poděbrady	68
4.4.1. Varianta 1 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na obiloviny	68
4.4.2. Varianta 2 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na olejninu	71
4.4.3. Varianta 3 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na produkci bioplynu	74
4.5. Ekonomické vyhodnocení	79
4.5.1. Výpočet ΣY_{2z} pro etanol v jednotlivých návrzích	79
4.5.2. Produkce energie v kWh v jednotlivých návrzích	80
4.6. Termodynamické podmínky vzniku maximálních výnosů plodin	82
5. Diskuze	90
6. Závěr	91
7. Použitá literatura	93

Přílohy

1. ÚVOD

V současné době dochází v celém světě k snižování výměry zemědělské půdy a zároveň k růstu populace. Tato negativní bilance klade velké nároky na množství a kvalitu potravin, s čímž je spojena spotřebu energie, vody a zdrojů. Celková situace vytváří mimořádný tlak na ekosystém naší planety.

Jedním z klíčových faktorů tohoto stavu je zemědělská výroba, která prochází neustálým vývojem a řadou klíčových změn. Hlavním cílem zemědělské výroby je snaha o soběstačnost v produkci a výrobě potravin. To vyžaduje intenzifikaci výroby, která je založena na velkých materiálových a energetických vstupech. Druhým ale rozhodně ne méně důležitým cílem by měla být snaha o udržení ekologické stability krajiny, která je spojena především s racionálním využíváním přírodních zdrojů. Tímto je myšleno šetrné hospodaření na půdě, zlepšování kvality půdního fondu a jeho ochrana před negativními vlivy jakožto i uvážlivé využívání přírodních zdrojů dané lokality a respektování funkce krajiny. Snahou by mělo být zabezpečení uzavřeného a vyrovnaného koloběhu látek a energie v zemědělské soustavě, tedy minimalizace odčerpávání a úniku látek a energie ze soustavy a tím zamezení devastace a degradace krajiny jakožto celku.

S rozvojem vědy a poznáním stavu současné situace dochází k pochopení přírodních zákonitostí. Na těchto základech vznikla řada metod, které respektují přirozenou funkci krajiny a přitom umožňují zemědělské využití. Jednou z nich je metoda uhlíkové bilance, jejímž autorem je akademik Karel Kudrna. Tato metoda umožňuje projektování struktur specializovaných soustav s plánovanou výrobou, založených na respektování podmínek dané lokality s maximálním zatížením kulturami spotřebitelů uhlíku.

Cílem mé práce je pomocí metody uhlíkové bilance analyzovat výrobní strukturu Školního statku Poděbrady v středočeském regionu a navrhnout nové řešení, které bude respektovat ekologické principy udržitelného rozvoje krajiny. Bude vypracován návrh výrobní struktury zemědělské soustavy, zaměřený na produkci plodin pro energetické účely, zejména zrna obilovin pro výrobu etanolu, případně dalších plodin, zejména řepky. Bude rovněž vyhodnocena možnost výroby bioplynu z odpadů z chovu skotu.

2. LITERÁRNÍ ČÁST

2.1. Systémový přístup - systémové analýzy a metody

Systémový přístup je základem systémové analýzy. Pojmem systémový přístup rozumíme logické myšlení, jehož základem je logická úvaha, intuice, korekce všech závěrů, využití všech zkušeností. Jevy jsou chápány komplexně v jejich vnitřních i vnějších souvislostech.

V principu představuje systémová analýza kvalitativní a kvantitativní 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. Systémová analýza je podkladem pro systémové metody, ty pak dále slouží pro navrhování zemědělských soustav.

Úkolem systémových metod je vyjádřit všechna poznání ve vzájemné interakci a zařadit výsledky do kontextu činnosti zemědělské soustavy, aby se stala výrobní normou a sloužila člověku. Obecně systémové metody práce umožňují řešit optimální parametry zemědělské soustavy, provést prognózu vývoje při změnách parametrech, zkrátit časový rozdíl mezi vědeckým poznáním a jeho realizací a mezi vznikem dalších potřeb a vyvinutím nové soustavy, jež má tyto potřeby uspokojit (KUDRNA, 1985). Myšlenou úvahu lze vyjádřit prostým schématem.



Obrázek 1: Schéma systémového přístupu podle KUDRNY (1985)

2.2. Zemědělské systémové inženýrství

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

Rostoucí demografická křivka je také příčinou toho, že zemědělskou výrobu nelze omezit ani vrátit zpět v technologiích ani ve stupni intenzity výroby. Závažná je právě skutečnost, že již dnes je stav ve výživě obyvatel naší planety velmi neutěšený: čtvrtina obyvatel žije v absolutním nadbytku, dvě třetiny pak v absolutní chudobě.

Logické řešení nespočívá v tom, aby se odstranil současný nedostatek potravin, nýbrž v tom, že při tomto nepříznivém stavu bude nutno několikanásobně zvýšit výrobu v důsledku ztráty půdy urbanizací, katastrofami aj., v důsledku čehož klesá plocha orné půdy. V potaz musíme brát také ekologické problémy, které musejí být akceptovány zemědělskou soustavou a které nám vyvolávají určitá omezení v hospodaření na zemědělské půdě.

Důsledky této situace už nelze klasickými metodami řešit. Zde již nevystačíme s metodikou klasických věd, jako třídění, popis, experiment a výklad. Tady musí být uplatněna analýza vztahů, systémový přístup k řešení celého zemědělství (KUDRNA, 1996).

Vlastní název „Systémové inženýrství“ vznikl z anglického „Systems engineering a growing concept“ tedy „široká oblast ignorující hranice, které rozdělují různé disciplíny a oddělují vědu od inženýrské práce“.

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).

Systémové inženýrství podle KUDRNY (1996) zahrnuje:

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.

Oblast vědeckého poznání jako komplexní vědeckou disciplínu, která spojuje metody analýzy a inženýrské činnosti, postupy projektování, využití matematických,

2.4.1. Struktura zemědělské soustavy

Struktura soustavy vyjadřuje kvalitativní specifičnost vztahů mezi prvky soustavy za předpokladu jejich vzájemných souvislostí a vazeb (KUDRNA, 1979). Určuje také všechny další parametry stavů procesů v biologické, technické a ekonomické oblasti (KUDRNA, 1985).

Strukturu můžeme členit na vnější (základní) a vnitřní.

- Vnější - prostorové uspořádání jednotlivých dílčích soustav a podsoustav z hlediska vzájemných vazeb aktivních prvků zemědělské soustavy a krajinného prostoru.
- Vnitřní - prostorové a časové uspořádání jednotlivých prvků uvnitř jednotlivých podsoustav určených poměrem zdrojů a spotřebitelů uhlíku (druh zvířete, odrůdy polních plodin atd.).

Vnitřní struktura zemědělské soustavy a všechny regulační procesy, které regulují poměr kumulátorů, stabilizátorů a spotřebitelů uhlíku, jakož i migrace prvků, determinují účinnost zemědělské soustavy (KUDRNA, 1996).

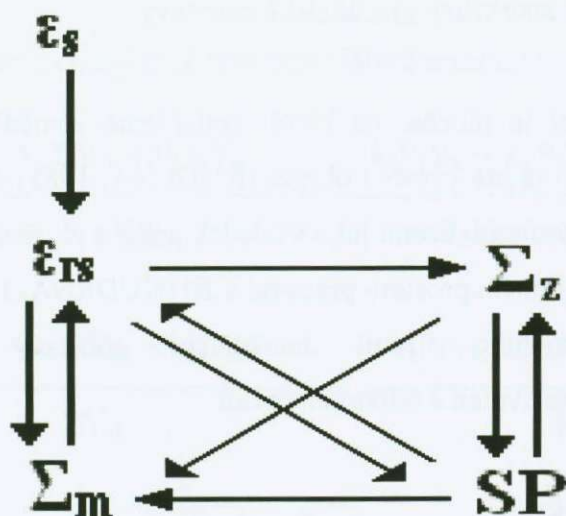
Struktura je určena třemi podsoustavami:

- 1) soustava rostlinných společenstev (ϵ_{rs})
- 2) soustava hospodářských zvířat (Σ_z)
- 3) soustava mikrobiálních společenstev (Σ_m)

Soustava rostlinných společenstev transformuje energii slunečního záření (ϵ_s) v energii potenciální (organickou glycidobílkovinnou hmotu).

Soustava hospodářských zvířat transformuje glycidobílkovinnou hmotu v kvalitnější živočišné bílkoviny a část jí vrací ve formě uhlíkatých látek do půdy.

Soustava mikrobiálních společenstev přeměňuje uhlíkatou a z části dusíkatou hmotu a dokončuje cyklický oběh uhlíku (KUDRNA, 1996).



Obrázek 3: Schéma vazeb v zemědělskopřůmyslové soustavě podle KUDRNY (1985)

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).

Mezi těmito soustavami probíhají neustálé energetické procesy, přičemž základní podmínkou jejich realizace je zcela specifické prostředí – biosféra krajinného prostoru a stejná intenzita pracovních procesů všech podsoustav (KUDRNA, 1985). Specifické prostředí je tvořeno těmito základními prvky:

- 1) konzervativní prvky (geografická pásma, nadmořská výška a geologickopetrografický substrát)
- 2) progresivní prvky (energie klimatu, práce člověka, rostlinná a mikrobiální společenstva)
- 3) reliktní prvky (vznikají působením progresivních prvků na prvky konzervativní, např. půda)

Parametry ζ_2 a ζ_3 charakterizují strukturu zemědělské soustavy:

$$\zeta_2 = \frac{k_1 \Sigma Y_{s1} + k_4 \Sigma Y_{s4}}{\Sigma Y_{s2}} = \frac{k_1 P_1 Y_{s1} + k_4 P_4 Y_{s4}}{P_2 Y_{s2}}$$

$$\zeta_3 = \frac{k_1 \Sigma Y_{s1} + k_4 \Sigma Y_{s4} + k_2 \Sigma Y_{s2}}{\Sigma Y_{s3}} = \frac{k_1 P_1 Y_{s1} + k_4 P_4 Y_{s4} + k_2 P_2 Y_{s2}}{P_3 Y_{s3}}$$



Mapa izočar ζ_3 parametrů na území ČR (KUDRNA, 1985)

Obrázek 5: Mapa izočar (KUDRNA, 1985)

- 1) Rostoucí hodnoty ζ_2 a ζ_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 ζ_2 a ζ_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.

soustavy je spojen s vratnými a cyklickými procesy, které v ní probíhají (KUDRNA, 1979).

V principu mohou podle KUDRNY (1979) nastat dva druhy rovnovážných stavů:

- 1) 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)
- 2) dynamický rovnovážný stav (vzniká neustálým porušováním stálé rovnováhy příkonem energie a vkladem práce)

Uvedli jsme, že stabilita soustavy je spojena s jejím rovnovážným stavem. Dynamický rovnovážný stav, a tedy i stabilita, mohou být udržovány jen permanentním vkladem práce a energie (KUDRNA, 1979). Podle KUDRNY a DEMA (1994) je vnitřní stabilita zemědělské struktury dána stabilitou vodní a uhlíkové bilance. Dále je nutná pro stabilitu zemědělské soustavy přítomnost zpětných vazeb, které musí přivádět do půdy dostatečné množství hmoty k zajištění transformačních procesů. Také musí dojít k oslabení změny stavu aktivních prvků struktury zemědělské soustavy, které vyvolávají odchylky soustavy od stavu rovnováhy. Tyto zpětné vazby nazýváme kompenzačními zpětnými vazbami a dělíme je na pozitivní a negativní zpětnou vazbu:

- 1) Pozitivní zpětná vazba při zvětšení hodnoty proměnné představující vstup určitého prvku do soustavy, zvětšuje současně hodnotu proměnné, představující stav výstupu prvku spojeného s ním zpětnou vazbou.
- 2) Negativní zpětná vazba je charakterizována nepřímou úměrností, tedy se zvětšením hodnoty vstupujícího prvku se hodnota proměnné prvku spojeného s ním zpětnou vazbou zmenšuje.

Pojem rovnováhy a stability soustavy souvisí s problémem ideální zemědělské soustavy. Ideální stav soustavy nastává, když všechna hmota v zemědělské soustavě je transformována soustavou polygastrických zvířat a mikrobními společenstvy a hmota odcházející za hranice zemědělské soustavy je přeměňována tak, že se všechna vrací zpět do struktury soustavy. Soustava je tak prakticky uzavřena.

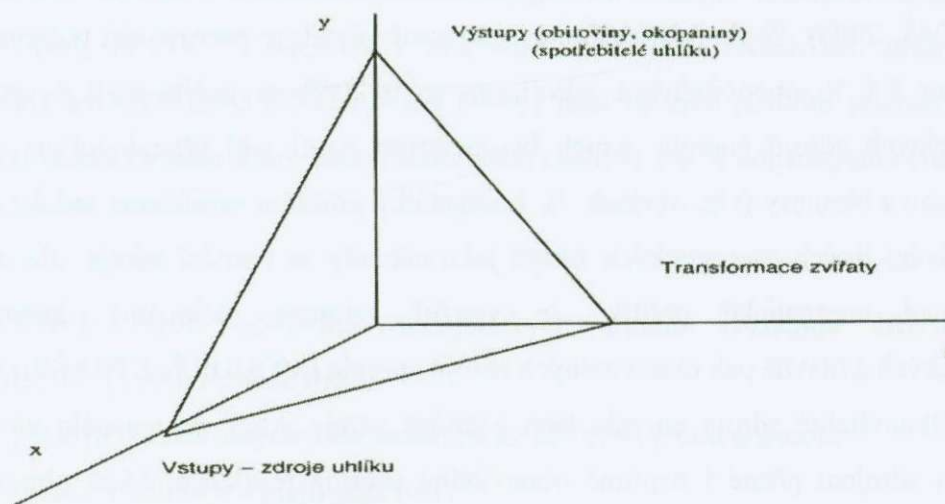
ΣY_{2z}	0,065	= ΣC_{2z}
ΣY_{2sl}	1,270 * 0,386	= ΣC_{2sl}
$\Sigma Y_{2z-kukuřice}$	0,065	= $\Sigma C_{2z-kukuřice}$
$\Sigma Y_{2sl-kukuřice}$	1,500 * 0,386	= $\Sigma C_{2sl-kukuřice}$
ΣY_{6z}	0,065	= ΣC_{6z}
ΣY_{6sl}	1,600 * 0,386	= ΣC_{6sl}
ΣY_{s4a}	0,386 * 0,785	= ΣC_{4a}

suma aktivního uhlíku = ΣC_k

Koeficienty používané pro výpočet:

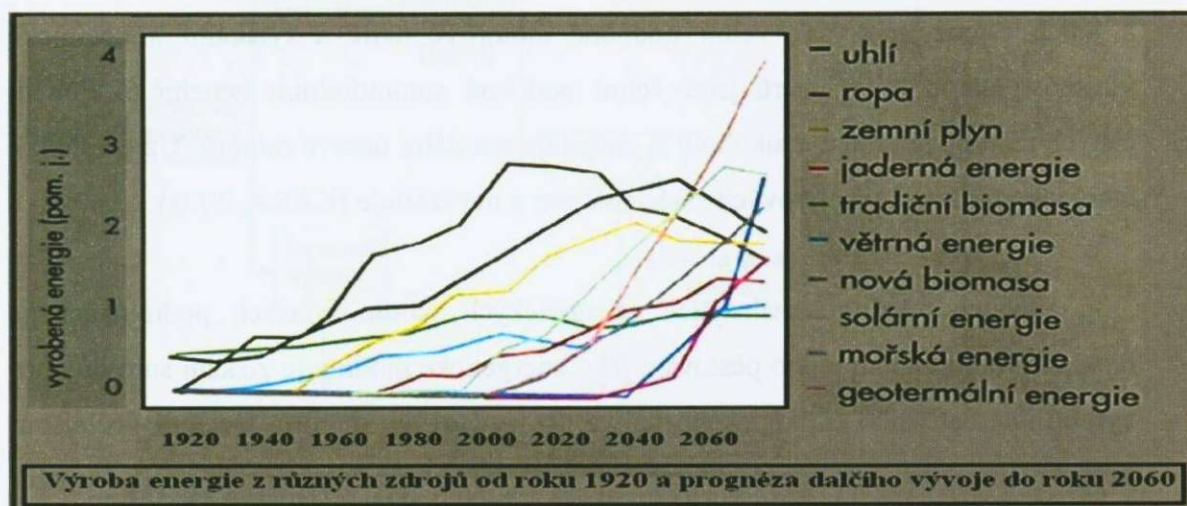
- 0,785 koeficient pro výpočet aktivního uhlíku po konverzi živin
- 0,386 koeficient pro přepočtení suché hmoty všech plodin na aktivní uhlík
- 0,450 koeficient pro přepočtení suché hmoty rhizomů, ze suché hmoty víceletých píceň
- 0,360 koeficient pro výpočet aktivního uhlíku ze sušiny rhizomů víceletých píceň
- 0,065 koeficient pro výpočet aktivního uhlíku zrna obilovin

Normální stav zemědělské soustavy je definován jako nejmenší soubor charakteristik a proměnných, které zcela určují její chování a činnost v biosféře krajinného prostoru. Je vyjádřeno třemi na sobě nezávislými veličinami, jež zcela charakterizují její činnost. Normální stav je zobrazen na obrázku 6.



Obrázek 6: Normální stav zemědělské soustavy (KUDRNA, 1989)

odpadová rekuperace včetně části získané tepelnými čerpadly. Specifikem zemědělství je zpracování exkrementů hospodářských zvířat na bioplyn, spalování dřeva a slámy pro energetické účely a zpětné využití biologického tepla z odvětraného stájového vzduchu. Tyto činnosti je možno posoudit jako obnovitelné i jako druhotné zdroje energie (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1998).



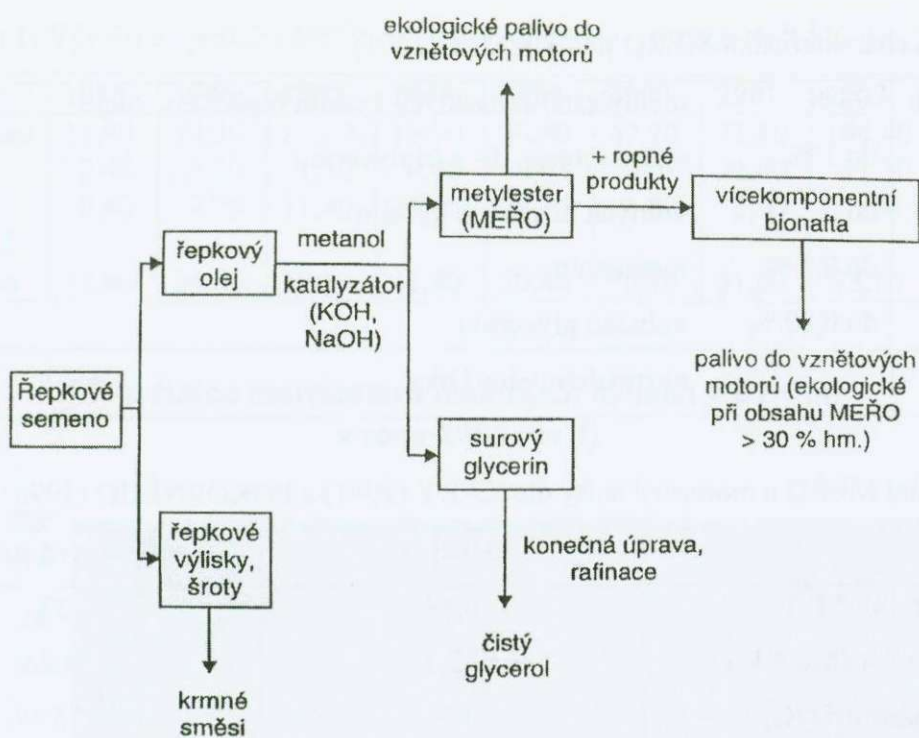
Obrázek 7: Schéma vývoje výroby energie z různých zdrojů (POULEK, LIBRA, 2005)

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 definována jako rostlinný a živočišný materiál různé formy, rostoucí na půdě nebo ve vodě a substance vzniklé biologickým růstem – živočichové, rostliny a jejich odpady (VYUŽITÍ BIOMASY K ENERGETICKÝM ÚČELŮM, 1986). Nebo také podle MOUDRÉHO a STRAŠILA (1998) jako veškeré přírodní produkty, které jsou výsledkem procesu fotosyntézy, schopného zachytit 1-3 % dopadajícího slunečního záření.

Výrobní cíle pěstování energetických plodin rozděluje BRAMM a DAMBROTH (1990) následovně:

- pěstování cukernatých a škrobnatých rostlin pro výrobu ethanolu
- využití rostlinných olejů jako paliv
- pěstování rostlin k využití na teplo a produkci energie



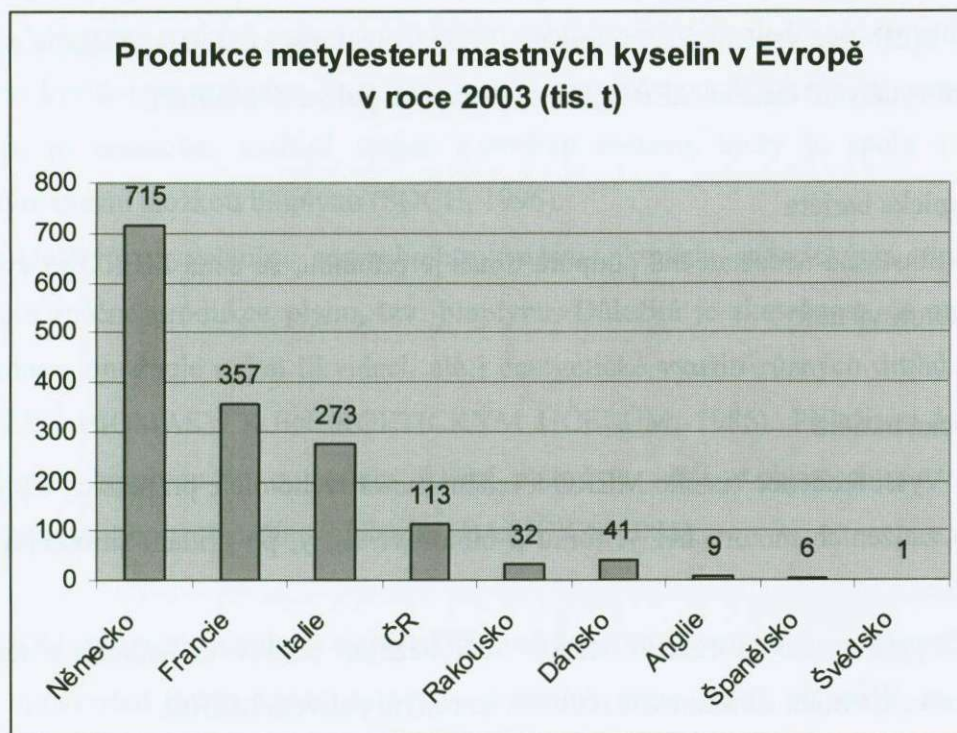
Obrázek 8: Obecné technologické schéma výroby MEŘO (POKORNÝ, 1998)

Methylester kyselin řepkového oleje (MEŘO) se sice chemicky liší od ropných produktů, avšak jeho hustota, viskozita, výhřevnost a průběh spalování se motorové naftě velmi přibližují. MEŘO se ve srovnání s motorovou naftou vyznačuje vcelku pozitivním vlivem na životní prostředí. MEŘO vykazuje podstatně lepší parametry ve srovnání s motorovou naftou v emisích CO_2 , SO_2 a kouřivosti. Mírně vyšší má pouze emise NO_x , což lze eliminovat seřízením motoru. Provozní přechod na methylester usnadňuje neomezená mísitelnost s motorovou naftou. K určitým problémům se startováním dochází již při teplotě pod 5°C . Pod bodem mrazu vyvstávají problémy s dopravou paliva z nádrže k motoru a při startování studeného motoru. Proto musí být MEŘO přizpůsobeno zimnímu provozu přidáním vhodných aditiv (KÁRA, 2001).

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 (KÁRA, 2001).

Tabulka 1: Výroba a spotřeba MEŘO v České republice v tis. tun (KRÁLOVÁ, 2004)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Produkce	11,80	19,30	27,60	15,70	30,60	67,20	71,10	104,40	113,50
Vývoz	2,40	3,20	1,50	0,08	0,03	0,07	22,40	31,30	43,50
Dovoz	8,40	8,70	11,40	25,80	20,20	3,20	2,90	0,04	0,06
Celková spotřeba	17,80	24,80	37,50	41,40	50,80	70,40	51,60	73,10	70,10



Obrázek 9: (BARANYK, 2005)

Porovnání vlivu MEŘO a motorové nafty na životní prostředí podle KÁRY (2001):

Lokální ekologické efekty

- MEŘO neobsahuje prakticky síru
- MEŘO má velmi dobrou biologickou rozložitelnost (98% do 21 dní)
- MEŘO má cca poloviční kouřivost oproti motorové naftě
- MEŘO má výrazně nižší obsah rakvinotvorných polycyklických aromatických uhlovodíků
- MEŘO má příznivější složení dalších emisních složek

Podle rozhodnutí hygienika ČR nejde o látku škodlivou zdraví ani nebezpečnou vodnímu prostředí (vodní zdroje).

Brikety mají průměr 90 – 140 mm a délku 70 mm, měrná hmotnost je $1040 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Pokud uvážíme vlhkost řepkové slámy 10 %, získáme $16 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ (BERANOVSKÝ et al.).

2.6.2. Výroba bioplynu

Anaerobní rozklad organických látek probíhá v přírodě odedávna v prostředí bez přístupu kyslíku ze vzduchu. Tam, kde tepelné poměry umožňují rozvoj metanových bakterií, je anaerobní rozklad spojen s tvorbou metanu, který je spolu s oxidem uhličitým hlavní složkou bioplynu (ŠOCH, 1996).

Umělým vyvoláním anaerobního kvašení různých organických surovin se dosahuje značné produkce plynu, tzv. bioplynu. Důležitá je skutečnost, že anaerobní fermentace umožňuje nejen likvidaci, ale i energetické využití různých druhů odpadů (VYUŽITÍ BIOMASY K ENERGETICKÝM ÚČELŮM, 1986). Příležitost k výrobě a využívání bioplynu je po celém území státu. Je větší v oblastech s rozvinutou živočišnou výrobou a hustším osídlením (BABIČKA, 2005).

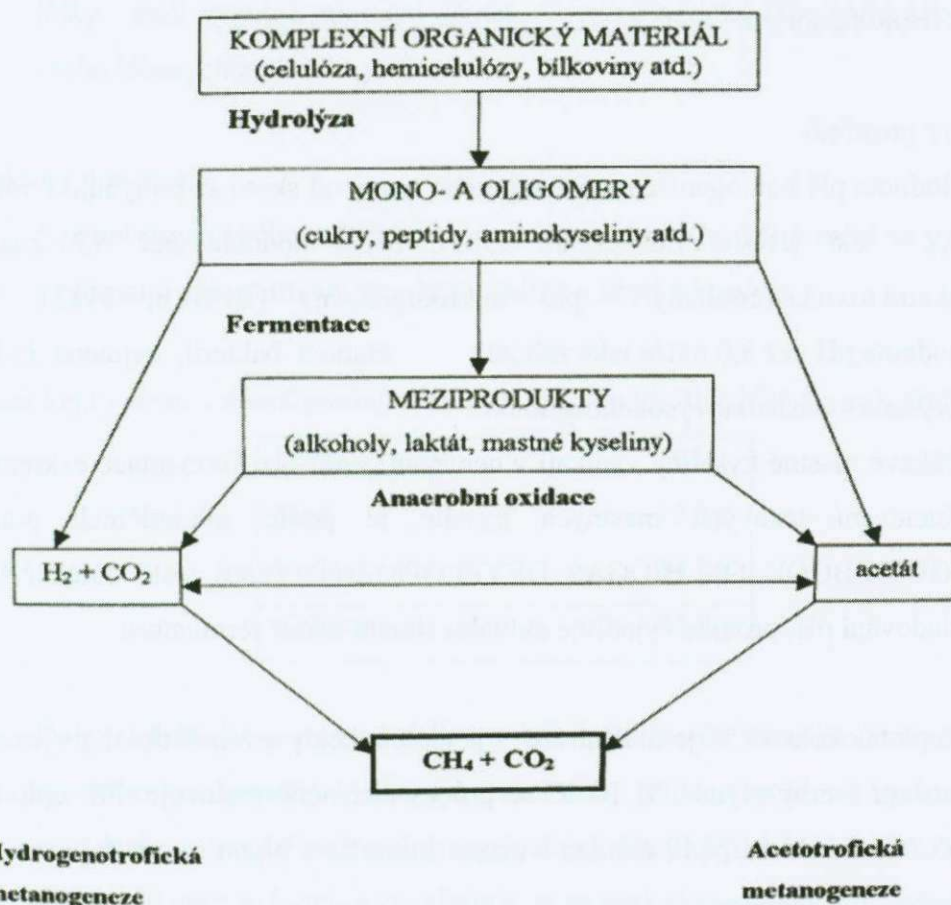
Oblast využití bioplynu skýtá velké možnosti pro rozvoj venkova a zemědělství. Jde o zpracování hnoje, kejdy, fytomasy a dalších organických materiálů za účelem produkce bioplynu, který může být následně využíván k výrobě tepla a elektřiny, což má několikerý pozitivní dopad. Dojde ke zpracování materiálů, z nichž některé nemají další využití. U jiných dojde k jejich zhodnocení. Proces, kterým projde hnůj v jímkách při produkci bioplynu, zvyšuje jeho kvalitu, kejdu a další odpady je možné dále používat v zemědělské výrobě jako hnojivo. Elektřina a teplo jsou vyráběny z bioplynu čistým, ekologickým způsobem a bioplyn je obnovitelným zdrojem energie. To vše přispívá ke zvýšení životní úrovně a rozvoje podnikání na venkově (BABIČKA, 2006).

Bioplyn z exkrementů hospodářských zvířat

Mezi organické materiály vhodné pro výrobu bioplynu lze podle ŠOCHA (1996) řadit městské kaly, exkrementy hospodářských zvířat (viz tabulka 2), městské odpady, odpady potravinového průmyslu a z části i odpady z dřevozpracujícího průmyslu. Největším producentem organických látek u nás jsou hospodářská zvířata.

nedotčeny. Z uvedeného vyplývá, že anaerobní fermentací je na bioplyn transformována jen ta část stájových odpadů, které se tvorbou humusu stejně nezúčastňují, přičemž jsou přitom do stabilizované formy převedeny živiny, u nichž jinak dochází ke značným ztrátám. Základní nevýhodou je, že objem vzniklé kalové vody se prakticky rovná objemu exkrementů před fermentací (ŠOCH, 1996).

Obrázek 10: Čtyřfázový model anaerobní konverze (NORDBERG, 1996)



Vlastní anaerobní fermentace probíhá ve čtyřech stupních (SAM – SOON et al., 1987):

- 1) Hydrolytické bakterie, které rozkládají organické polymery na kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý, jiné uhlíkaté látky, organické kyseliny vyšší než kyselina octová, alkoholy vyšší než metanol.
- 2) Acetogenické bakterie, které produkují vodík. Jsou obligátní a fakultativní anaeroby, jež mohou fermentovat organické kyseliny vyšší než kyselina octová, a alkoholy vyšší než methanol na vodík a oxid uhličitý.

- 3) Homoacetogenické bakterie, které mohou přeměňovat široké spektrum jedno- a víceuhlíkatých látek na kyselinu octovou.
- 4) Metanogeny, které mohou z acetátu, vodíku, oxidu uhličitého a některých dalších jednouhlíkatých organických látek vytvářet metan.

Při anaerobním využití živočišných odpadů musíme přihlížet podle ŠOCHA (1996) k těmto faktorům:

1) Faktory prostředí

- Hodnota pH homogenizovaného tekutého hnoje od skotu se pohybuje v rozmezí 7,2 – 8,8 (HOJOVEC et al. 1982). Nižší hodnota než 6,2 znamená akutní toxické problémy pro mikroorganismy (BENEŠ, 1982). Vyšší hodnota pH než 8,0 může také zabrzdit činnost bakterií, zejména je-li pH zvýšena v důsledku vysokého amonia.
- Těkavé mastné kyseliny vznikají v nemetanogenní fázi fermentace exkrementů. Stanovení těkavých mastných kyselin je podle zahraničních pramenů (GUIDEBOOK ON BIOGAS DEVELOPMENT, 1980) ještě důležitější než sledování pH, protože vyjadřuje aktuální situaci uvnitř fermentoru.
- Teplota okolo 35 °C je ideální. Když je teplota kejdy nižší, dochází k výraznému snížení tvorby plynu. Při 10 °C se proces víceméně zastavuje. Při teplotě nad 35 °C však klesá podíl metanu v plynu a množství plynu se zvětšuje jen velmi málo.

Teplotní režim je důležitý pro ekonomickou kalkulaci, neboť část bioplynu musí být spotřebována na ohřev fermentoru na procesní teplotu. Při dobrém návrhu bioplynové stanice se spotřebovává asi 30 % vyrobeného plynu.

Podle HAŠE (1985) dělíme proces fermentace dle teploty a mikroorganismů na:

Psychofilní vyhnívání	4 – 20 °C
Mezofilní vyhnívání	20 – 40 °C
Termofilní vyhnívání	50 – 60 °C

- Obvyklé poměry C:N v hnoji od skotu jsou okolo 10 : 1. Z výzkumu ale vyplývá (GUIDEBOOK ON BIOGAS DEVELOPMENT, 1980), že zvýší-li se poměr C:N na 25 – 30 : 1, dosáhne se lepšího výtěžku plynu i stupně vyhnití. Potřeba dusíku je mnohem menší než potřeba uhlíku. Je však důležité, aby se většina dusíku nevyskytovala ve formě amonia nebo amoniaku.
- Pro metabolismus bakterií jsou nezbytné stopy některých kovů. Ve vysokých koncentracích však těžké kovy mají silně toxický účinek. Také silně okysličené látky mají výrazně inhibiční účinek. Výrazně toxický účinek má také hnůj od zvířat léčených antibiotiky.

2) Faktory provozní

- Složení organického substrátu - od stejného druhu se liší a mění se v závislosti na krmení, proměnlivém množství steliva a zbytku krmiva.

Složení kejdy skotu v denní produkci na 1 DJ v kg podle BULÍČKA a kol. (1977)

Pevné výkaly	26 kg
Moč	15 kg
Voda	14 kg
Celkem	55 kg

- Dobou zdržení - se rozumí doba ve dnech, po kterou materiál úměrně setrvává ve vyhnívací komoře. Volba vyhnívací doby je dána rychlostí vývinu plynu a požadavkem stupně odbourání organických látek. Při dlouhodobém vyhnívání (40 – 50 dnů) se bioplyn zkvalitňuje, je to však ekonomicky velmi nevýhodné.
- Koncentrace substrátu - je ovlivněna čerpatelností a uchováním pohyblivosti disperzních fází.
- Organické zatížení - rozumí se tím množstvím organického materiálu, které se přivádí za časovou jednotku do vyhnívací komory. Ideální je takový průtok organické hmoty fermentorem, kdy přítok organické hmoty za den se rovná organické hmotě rozložené za stejnou dobu.
- Stupeň míchání - zajišťuje neustálý kontakt substrátu s mikroorganismy, stejnoměrnou teplotu substrátu, stejnoměrné rozdělení biologických produktů a meziproduktů a tvorba pěnové vrstvy na povrchu je omezena na nejmenší míru.

Hlavními složkami bioplynu je metan a oxid uhličitý, dále obsahuje v různém procentickém zastoupení oxid uhelnatý, vodík, dusík, kyslík, sirovodík a čpavek. Poměr metanu a oxidu uhličitého se může měnit v závislosti na řadě faktorů – složení kvasného materiálu, stupni vyhřátí, obsahu sušiny a teploty vyhnívání. Z dobře pracujícího reaktoru obsahuje bioplyn 65 – 75 % metanu a 25 – 35 % oxidu uhličitého (DOHANYOS, ZÁBRANSKÁ, 2001). Metan je hlavní energetickou částí bioplynu s účinnou výhřevností 22,0 – 35,8 MJ * m⁻³ v závislosti na jeho obsahu v bioplynu. Se vzduchem tvoří výbušnou směs již při 5 – 6 % (PASTOREK, 1995). Vlastnosti bioplynu jsou zpracovány v tabulce 3.

Tabulka 3: PASTOREK (1995) uvádí následující vlastnosti bioplynu

	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	CH ₄ : CO ₂ (60 : 40%)
Objemový podíl (%)	55 - 70	27 - 47	1	3	100
Výhřevnost MJ * m³	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 (kg * m⁻³)	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2

Základní technologické zařízení pro anaerobní fermentaci se podle ŠOCHA dělí:

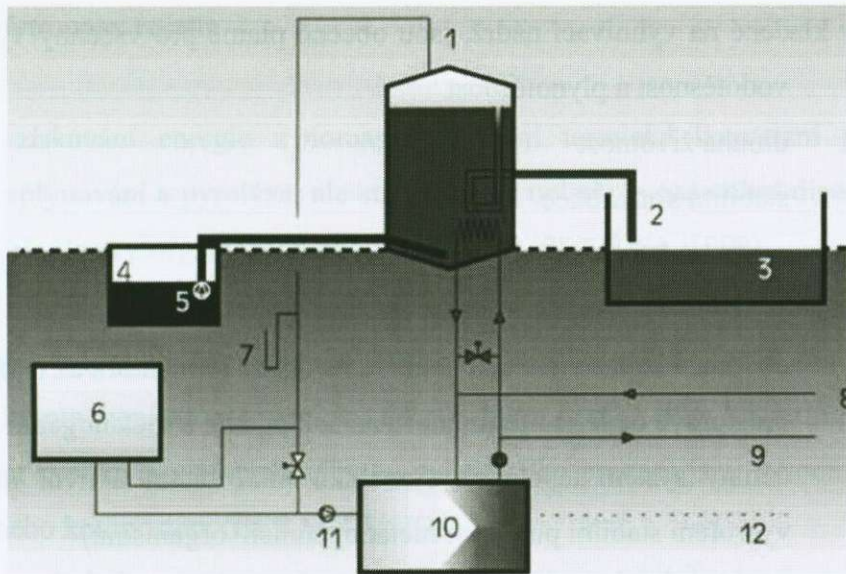
- 1) Kalové hospodářství (jímky, vyhřívací nádrže, čerpadla, atd.)
- 2) Plynové hospodářství (plynojem, atd.)
- 3) Kotelna
- 4) Elektrotechnická zařízení, měřicí a regulační přístroje

Je nutné zajistit, aby surová kejda byla do vyhřívací komory dopravena v čerstvém stavu, homogenizovaná v takové koncentraci, aby nedocházelo k provozním potížím.

Podle provozu dělí ŠOCH (1996) zařízení na výrobu bioplynu na tyto základní systémy:

- 1) Průtokový systém s kontinuálním provozem (viz. obrázek 11)

Čerstvý substrát se přivádí do reaktoru buď průběžně nebo jednou či několikrát denně anebo několikrát týdně. Objem tekutiny ve vyhřívací komoře je přibližně stále stejný.



Obrázek 11: Schéma bioplynové stanice podle BERANOVSKÉHO et al. (2006)

1 - odvod bioplynu, 2 - přepad kalu, 3 - zásobník odplyněné kejdy, 4 - nová sběrná nádrž, 5 - kalové čerpadlo, 6 - plynojem, 7 - vodní uzávěr, 8 - připojení ke stávajícímu dálkovému vytápění, 9 - teplo z kogenerační jednotky, 10 - kogenerační jednotka, 11 - dmychadlo, 12 - elektřina z kogenerační jednotky.

2) Vykládkové vyhnívání – diskontinuální

Vyhnívací komora se naplní čerstvým materiálem, který pak v ní zůstává po celou vypočtenou dobu zdržení. Vyprazdňování komory se neprovádí úplně, nýbrž cca 20 % obsahu se ponechá jako očkovací materiál.

3) Systém vyhnívacích kanálů – plug and flow

Jedná se o jednoduchý způsob vyhnívání s kontinuálním provozem. Zařízení je tvořeno žlabem o průřezu písmene “V“, tepelně zaizolovaným a překrytí plastovou fólií sloužící jako plynojem.

4) Zvláštní a nové systémy

Specifické dle místa vzniku a účelu využití.

Požadavky kladené na vyhnívací nádrž, jsou obecně platné pro všechny výše uvedené systémy:

vodotěsnost a plynotěsnost

dlouhá životnost

stabilita konstrukce

snadná údržba

dokonalá izolace (snížení nákladů na ohřev fermentoru až o 1/3)

prostorově oddělení fermentoru na acidogenní a metanogenní část

účinný systém tepelných výměníků mikrobiální aktivní matrice (pro vytvoření stabilní populace metanogenních organismů)

Využití bioplynu podle ŠOCHA (1996)

- Bioplyn je pro svoji výhřevnost $22 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ významným a nezanedbatelným zdrojem energie
- použití bioplynu pro pohon spalovacích motorů (pohon motorových vozidel, výroba elektřiny – 1 m^3 dává až 1,69 kWh elektrické energie)
- spalování bioplynu v plynových hořácích
- ohřev užitkové vody
- zdroj tepla

- využití odpadu z bioplynových stanic jako účinného hnojiva

Zařízení na bioplyn nelze považovat jenom za zařízení k získávání energie. Je potřeba posuzovat celou problematiku komplexně – hodnotit výhody zmenšení nepříjemného zápachu při rozmetání vyhnílého hnoje a toho, že se zahubí nebo sníží počet bakterií a parazitů, který šíří nákazy. Je třeba vzít v úvahu také možnost lepšího využití živin a snadnější manipulace s rozmetáním hnoje, který vyhníl. V neposlední řadě znamená zařízení na výrobu metanu větší nezávislost na naftě a tím i jistou soběstačnost (ŠOCH, 1996).

Bioplyn z fytomasy rostlin

Při získávání energie z biomasy převažují termické konverzní procesy, tj. spalování, zplynování a pyrolýza, ale stále více se uplatňuje anaerobní digesce spojená s produkcí bioplynu a organického hnojiva (VÁŇA, SLEJŠKA, 1998).

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). Zbytky vyhnívacího procesu jsou vysoce hodnotným hnojivem nebo kompostem (BERANOVSKÝ et al.).

Anaerobní digescí je možno zpracovat biodegradabilní odpady rostlinného a živočišného původu i cíleně pěstovanou fytomasu energetických rostlin (VÁŇA, SLEJŠKA, 1998).

Technologické systémy vhodné pro anaerobní digesci fytomasy:

1) Kofermentace fytomasy

Tradiční bioplynové stanice jsou založeny na míchacích biofermentorech, které jsou plněny kontinuálně nebo diskontinuálně substrátem o sušině nižší než 10 %. Biozplynování fytomasy na bioplynových stanicích tohoto typu se provádí kofermentací fytomasy s kejdou, přičemž sušina kejdy v substrátu činí vyšší podíl než sušina fytomasy. Přídavek fytomasy optimalizuje poměr uhlíku a dusíku a kejdy vnáší do substrátu potřebné živiny a mikroelementy nezbytné pro rozvoj mikroflóry.

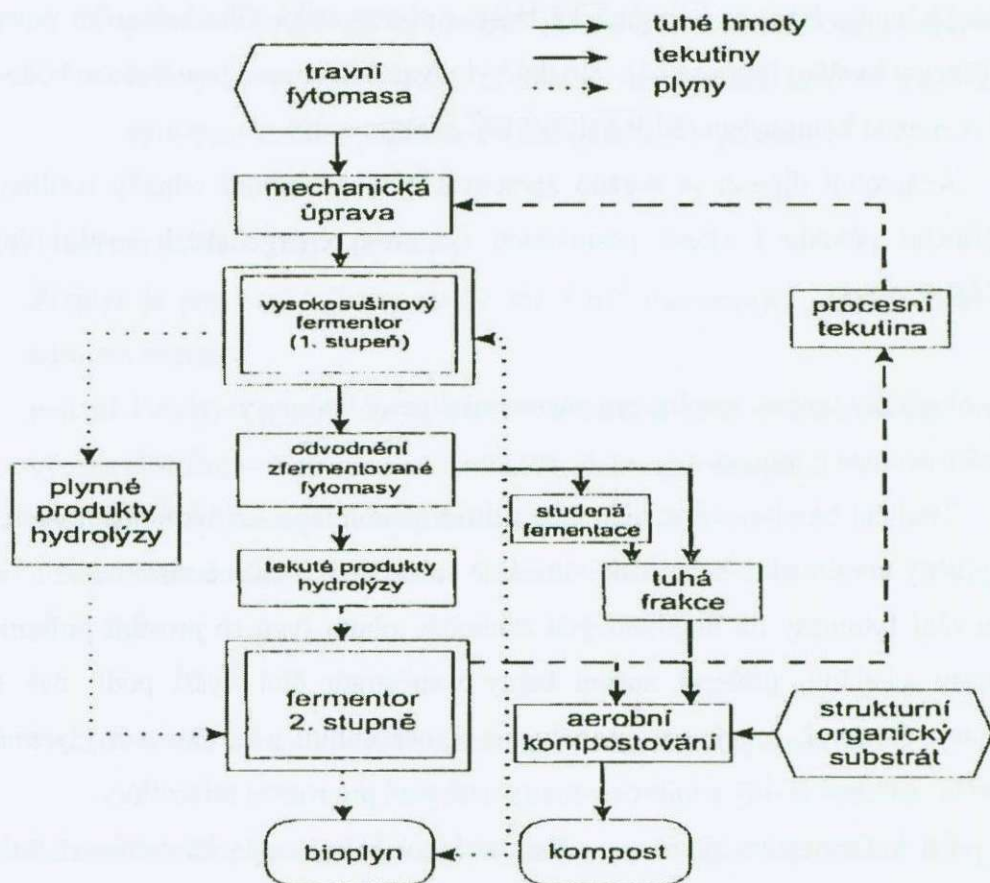
Při kofermentaci fytomasy s čistírenskými kaly vzniká kontaminace substrátu těžkými kovy, čímž se omezí jeho využití jako organického hnojiva na zemědělské půdy (THEO – KOZMIENSKY, SCHERER, 1992, cit. dle VÁŇA, SLEJŠKA, 1998).

2) Anaerobní fermentace fytomasy v mokřích procesech (viz obrázek 12)

Biozplynování fytomasy v tekutých suspenzích o sušině cca 10 % se provádí zpravidla v kontinuálních technologiích používaných v mokřích kofermentačních systémech. V těchto systémech fytomasa představuje celkový nebo převažující podíl sušiny substrátu. Odvodněný fermentovaný substrát má sušinu 20 – 30 % je tedy možné ho mísit se strukturním ligninocelulózovým substrátem (drcená štěpka, drcená kůra) nebo s řezanou slámou tak, aby objem vlhkosti ve směsi představoval cca 60 – 70 %

celkové pórovitosti a poměr C : N činí 30 – 35 : 1, a tuto směs podrobit aerobní fermentaci s cílem získání kompostu s vysokým obsahem humusových látek.

Anaerobní fermentace biomasy v tekutém substrátu vyžaduje objemné biofermentory a je energeticky náročná na vyhřívání, čerpání a odvodňování. Pomalá reprodukovatelnost anaerobních mikroorganismů zpřičiňuje potřebu delšího období setrvání substrátu ve fermentoru, zpravidla nad 15 dní, což snižuje jeho možné zatížení (GUJER, ZEHNDER, 1983, cit. dle VÁŇA, SLEJŠKA, 1998).



Obrázek 12: Schéma bioplynové stanice na travní fytomasu (VÁŇA, SLEJŠKA, 1998)

3) Anaerobní fermentace fytomasy v suchých fermentorech

„Suché“ technologie anaerobní digesce pracují se sušinou vsázky vyšší než 25 % (JEWELL et al., 1981, cit. Dle VÁŇA, SLEJŠKA, 1998). V suchých fermentačních technologiích se používají procesy mezofilní v rozpětí teplot 35 – 40 °C nebo termofilní v rozmezí teplot 55 – 60 °C (VÁŇA, SLEJŠKA, 1998). Termofilní mikroflóra je schopna degradovat více proteinů než mezofilní a je až dvojnásobně tolerantní k volnému amoniaku (VÁŇA, 1997). Podle VÁŇI a SLEJŠKY (1998) při termofilní

fermentaci bioodpadu při 55 °C ve srovnání s mezofilní fermentací je produkce bioplynu vyšší, ale celková produkce metanu je nižší.

Nevýhodou termofilního procesu je jeho menší stabilita, zmenšená odvodňovací schopnost fermentovaného materiálu a především vyšší tepelné ztráty (GALLERT, WINTER, 1997, cit. dle VÁŇA, SLEJŠKA, 1998).

Vliv chemického složení fytomasy

Chemické složení sušiny fytomasy, zejména pufrovitost, poměr C : N, obsah proteinů, polysacharidů a ligninu, je u fytomasy značně proměnlivá v závislosti na druhu rostlin, půdních a klimatických podmínkách, hnojení, době a způsobu sklizně a způsobu konzervace (VÁŇA, SLEJŠKA, 1998).

Anaerobní digesce ve srovnání se zvířecími fekáliemi je komplikovanější vzhledem k vyššímu obsahu nízkopolymerních uhlovodíků mikrobiologicky lehce přeměnitelných na organické kyseliny, což vede k nadměrnému okyselování, a z důvodů nízké pufrovací kapacity substrátu na bázi fytomasy (STEWART, 1980). Metanogenezi fytomasy ovlivňuje stupeň lignifikace buněčných stěn. Lignin se v anaerobních podmínkách téměř nerozkládá. Obsah ligninu a stupeň jeho asociace s polysacharidy se zvyšuje se stárnutím rostliny (VÁŇA, SLEJŠKA, 1998). ROBERTSON a SOEST (1977) zjistili, že nejlépe anaerobně fermentovatelné rostliny jsou rostliny s vysokým stupněm stravitelnosti. Podle VÁŇA a SLEJŠKY (1998) je možné fermentovatelnost ovlivnit přidávkem některých prvků, jako optimální se jeví přidávek kobaltu. Inhibice tvorby metanu byla zjištěna při vyšším obsahu taninu. Taniny tvoří nerozpustné komplexy s bílkovinami.

Použitelnost fytomasy

V tropických a subtropických oblastech je možné bioplynové stanice zásobovat čerstvou fytomasou celoročně. V evropských podmínkách je třeba zabezpečovat provoz bioplynových stanic především mimo vegetační období, kdy je spotřeba bioplynu k výrobě tepla největší. K tomuto účelu je třeba fytomasu konzervovat sušením, senážováním a silážováním (VÁŇA, SLEJŠKA, 1998).

Pro biozplynování je zvláště vhodná fytomasa při sklizňové vlhkosti nad 45 % a s poměrem C : N v rozmezí 20 – 30 : 1. Sušší fytomasa a fytomasa se širším poměrem C : N je vhodnější pro přímé spalování (VÁŇA, SLEJŠKA, 1998). Pro zpracování travních porostů, jetelů a vojtěšek se v zahraničí nejlépe osvědčuje senážování s cílem zavadnutí fytomasy na sušinu 25 – 40 % a její zpracování svinovacími lisami do obřích válcových balíků obalených fólií.

Bioplynový energetický potenciál rostlinných materiálů podle VÁŇI a SLEJŠKY (1998)

	Výnos spalitelných látek (t/ha)	Výtěžnost metanu (m³/ha)	Energetický zisk (GJ/ha)
Kukuřičná stébla (Č)	6,8	257	65,9
Ovesná sláma (Su)	6,3	293	69,6
Stébla řepky (Su)	6,1	192	44,1

(Č) - čerstvé (Su) – suché

Produkce bioplynu v zařízeních anaerobní digesce je poměrně velmi rozdílná. U čerstvě otevřených balíků travní senáže je produkce 0,5 m³ * kg⁻¹ organické sušiny, 5 dnů po otevření 0,37 m³ * kg⁻¹ a 30 dnů po otevření jen 0,225 m³ * kg⁻¹ organické sušiny. Čerstvá travní hmota z intenzivních porostů dává 0,7 m³ * kg⁻¹ organické sušiny, z extenzivních porostů jen 0,55 m³ * kg⁻¹ organické sušiny. Rozdíl v produkci bioplynu z čerstvé trávy a z čerstvě otevřeného balíku travní senáže není prakticky žádný (VÁŇA, SLEJŠKA, 1998). Seno dává horší výsledky, než čerstvá senáž. Při hodnocení produkce bioplynu nelze zapomenout, že bioplyn je vlastně směs metanu a oxidu uhličitého, který bioplyn vlastně znehodnocuje. Bioplyn obsahuje 50 – 75 % metanu a obsah metanu je tím vyšší, čím je vyhnívací teplota nižší, čím je kratší vyhnívací doba a čím je substrát bohatší na tuky, cukry a bílkoviny, např. mladý travní porost dá bioplyn s 65 – 70 % metanu, zatímco slamnatý hnůj jen 50 – 60 % metanu (KUŽEL et al., 2001).

Ekologické a ekonomické aspekty anaerobní digesce fytomasy

Základní pozitivní externalitou anaerobní digesce je omezení produkce skleníkových plynů (CHARTIER et al., 1996, cit. dle VÁŇA, SLEJŠKA, 1998). Při tvorbě rostlinné fytomasy se fixuje podstatně více CO₂ než se eliminuje spalováním

biomasy. Spalováním bioplynu z fytomasy nevznikají škodlivé emise SO₂ 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 uspořit neobnovitelné energetické zdroje.

Anaerobní digesce fytomasy vykazuje i další externality, které platí pro fytoenergetiku obecně. Je to zejména využití nadbytečné půdy, ekologické zpracování biodegradabilních odpadů, snížení závislosti státu na importu energie, vznik nových pracovních příležitostí zejména ve venkovských obcích, ozelenění krajiny apod. (HONZÍK, 1998, cit. dle VÁŇA, SLEJŠKA, 1998).

Nevýhodou anaerobní digesce je organizační náročnost procesu a investiční nákladnost. Ekonomická efektivnost bioplynových stanic se však neustále zvyšuje s růstem cen energií.

2.6.3. Výroba bioethanolu z obilovin

Program produkce bioethanolu má přispět k orientaci na obnovitelné zdroje energie. Přitom pomůže udržet zemědělskou činnost v krajině, přinést zmírnění sociálního dopadu restrukturalizace hospodaření na venkově a zlepšit řadu dalších ekologických a ekonomických jevů (PETR, 2004).

Produkce obilovin pro výrobu ethanolu má z hlediska uplatnění konečného výrobku, tj. ethanolu vzniklého kvasným procesem ze škrobu zrna, hlavní využití v motorových palivech (TICHÝ et al., 2001).

Výroba ethanolu v konečném důsledku podle TICHÉHO et al. (2001) umožňuje řešení:

- 1) přebytku zemědělské půdy, hlavně v marginálních oblastech a s tím související ekologii krajiny a sociální otázky venkova
- 2) snížení škodlivých emisí ve výfukových zplodinách spalovacích motorů pomocí přídavku ethanolu produkovaného z obilovin
- 3) snížení dovozu ropy a tím závislosti na dodavatelích

Technologie výroby ethanolu

Výroba ethanolu z obilovin zahrnuje v prvním technologickém kroku enzymatickou konverzi škrobu obilného zrna na zkvasitelné cukry pomocí syntetického amylázového komplexu a dále klasickou kvasnou technologií výroby ethanolu pomocí kvasinek rodu *Sacharomyces* s konečnou destilační fází (TICHÝ et al., 2001).

Suroviny k produkci bioethanolu musí obsahovat velkou koncentraci zkvasitelných cukrů v podobě monosacharidů (glukóza, fruktóza, manóza), z disacharidů sacharózu a maltózu. Vyšší cukry, jako jsou škrob a celulóza, je nutné rozložit na jednoduché cukry. Obecně můžeme uvažovat o vztahu obsah škrobu a výtěžnost bioethanolu (PETR, 2004).

Jakostní kritéria navrhovaná MZe ČR pro obiloviny k produkci bioethanolu

Kriterium	Pro pšenici	Pro tritikale
Vlhkost v %	14	14
Objemová hmotnost v kg / hl	73	69
Příměsi v %	6	6
Nečistoty v %	1	1
Min. číslo poklesu v s	200	150
Min. obsah škrobu v %	58	58

Ze škrobnatých surovin se do budoucna nepočítá se zpracováním brambor. Výroba lihu z brambor je drahá a jsou problémy s odpadními vodami. Z okopanin přichází v úvahu cukrovka. Z ostatních druhů půjde o využití obilovin s nejvyšším obsahem škrobu (viz. tabulka 4). Jsou to kukuřice, pšenice, tritikale a popřípadě i žito (PETR, 2004).

plodina	výnos v t/ha			náklady v tisících Kč		
	zrna, hlíz, bulev	škrobu	lihu	na 1 ha	na 1 t škrobu	na 1 t lihu
Pšenice	4,8	2,8	1,3	17,7	6,3	11,1
Tritikale	4,1	2,4	1,1	15,9	6,6	11,4
Kukuřice	6,6	3,5	1,4	26,4	7,6	14,7

Brambory	23,0	4,6	2,2	44,0	9,6	14,7
cukrovka	45,0	7,7	3,6	40,5	5,3	8,8

Tabulka 4: Náklady na produkci lihu u jednotlivých plodin (PETR, 2004)

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

Předpokladem dobré kvality zrna pro výrobu ethanolu je pěstování pšenice ozimé a tritikale pouze po obilovině, nejlépe v obilnářské výrobní oblasti. Po zlepšujících předplodinách se dosahuje vyššího obsahu bílkovin v sušině zrna (TICHÝ et al., 2001).

PETR (2004) udává některé odrůdy ozimé pšenice, které jsou vhodné pro produkci zrna pro výrobu bioetanolu: Hana, Alka, Vlasta, Banquet, Complet, Driffter, Mladka, Rheia, Sulamit, Svitava, Ludwig. Všechny uvedené odrůdy mají obsah škrobu v zrna větší 66%. TICHÝ et al. (2001) doplňuje některé vhodné odrůdy tritikale: Disco, Modus, Kolor, Presto.

Výběr nejvhodnější plodiny a odrůdy musíme zohlednit podle požadovaných vlastností a zvolené lokality pěstování (TICHÝ et al., 2001).

Největší výnos čistého škrobu na hektar poskytuje pšenice, ale pouze za optimálních podmínek, počínaje vhodnou předplodinou, zpracováním půdy, odrůdou, dobou výsevu, chemickou ochranou, dobou sklizně atd. Přednosti tritikale jsou ve vysokém produkčním potenciálu i v méně příznivých agroekologických podmínkách. Dále se cení stabilita výnosu a možnost zařazení po horší předplodině. Snáší lehčí půdy a sušší podmínky, též kyslejší půdy. Neméně významnou vlastností tritikale je menší náročnost na hnojení a dobrý zdravotní stav, taktéž spotřeba hnojiv a pesticidů je nejnižší ze všech ozimých plodin (PETR, 2004).

85 % faktorů ovlivňující produkci sacharidů v pšenici a tritikale, a tím konečnou produkci etanolu, závisí na podmínkách pěstování a průběhu počasí. Těžiště pěstování

se předpokládá v obilnářské a bramborářské oblasti. Tam očekáváme nejen ekonomický, ale i sociální přínos. Neobejdeme se však bez určité úrovně intenzity pěstování. Ovšem takové, aby vstupy v podobě hnojiv a pesticidů byly přiměřené, aby energie v nich obsažená, která je fosilního původu, nepřesáhla přijatelnou hranici poměru vstupu a výstupu energie.

Pěstování má mít integrovaný charakter. To znamená, že je nutná určitá vyvážená struktura plodin, a tím i vhodných předplodin. Vlastní koncentrace obilnin by neměla přesáhnout 60 % (PETR, 2001).

Při technologii zpracování obilného zrna na ethanol je primárním krokem celého procesu enzymatická hydrolýza škrobu, který se nachází v endospermu zrna jako zásobní látka, na jednoduché zkvasitelné cukry. Ty jsou následně podrobeny klasickému lihovarnickému kvasnému procesu zakončenému destilací s produkcí etanolu a tzv. destilačních výpalků. V průběhu celého technologického procesu sehrávají celulózové obalové vrstvy zrna negativní roli a především se podílejí na tvorbě destilačních výpalků. Proto pro usnadnění uvedeného procesu je žádoucí odstranění celulózové obalové vrstvy zrna.

Broušením v zařízení pro výrobu ječných krup se ukázalo zcela nevhodné. Klasické mlecí technologie jsou podle TICHÉHO et al. (2001) dostačující, avšak ekonomicky velmi silně zatěžují výrobu ethanolu z obilovin. Jako vhodná se jeví technologie debranningu neboli Tkáčův proces.

Při této metodě se kombinací loupání a broušení oddělí obalové vrstvy do tří frakcí označených A, B, a C. Frakce první (A) obsahuje především balastní celulózu, druhá (B) a třetí (C) frakce obsahují nutričně velmi zajímavé látky aleuronové a subaleuronové vrstvy. Poslední frakcí zůstává škrobový endosperm ve formě oloupaného zrna, který je možné použít pro kvasnou výrobu ethanolu. Výtěžnost tohoto procesu dosahuje 85 – 86 % (TICHÝ et al., 2001). Měřítkem ekonomické výhodnosti by měla být produkce ethanolu z jednoho hektaru (PETR, 2001).

Výhody a nevýhody ethanolu jako paliva podle KŘEPELKY (1997)

Výhody: zdroje lihových paliv jsou rovnoměrně rozmístěny po celé zeměkouli

použití v benzínových motorech s sebou přináší snížení koncentrací některých škodlivých složek výfukových exhalací

proti benzínu alkoholy hoří rychleji a tím způsobují účinnější vývin točivého momentu a spalováním alkoholu se vyvine větší objem spalin, který způsobí vyšší tlak ve válci motoru

Nevýhody: při srovnání s benzínem je nízká výhřevnost a tím i vyšší časová a měrná spotřeba paliva a z toho plynoucí potřeba větších palivových nádrží

nižší odpařitelnost alkoholu ztěžuje studené starty

užití ethanolu přináší snížení koncentrací CO a HC, avšak koncentrace aldehydů a NO_x poněkud roste

poměrně velká výrobní cena oproti palivům z ropy

Elementární složení směsného paliv (kg / kg směsného paliva)	
C	0,52
H	0,13
S	0,00
O	0,35

Parametry	Etanol
Hustota (kg / dm ³)	0,79
Výhřevnost (MJ / dm ³)	23,2

(KÁRA, 2001)

Použití etanolu do benzínových motorů

Přidáváním tzv. oxigenátů (např. alkoholů) do automobilových benzínů. Z alkoholů používaných do benzínů jsou nejdůležitější: metanol, etanol, izopropanol, t-butanol a jejich směsi. Z éterů to jsou hlavně: metyl-tercbutyléter (MTBE), etyl-tercbutyl-éter (ETBE), tercaml-metyl-éter (TAME) a jejich směsi. Některé mají více charakter paliva, některé se více používají jako antidetonační přísady (KŘEPELKA, 1997).

Obecné hodnocení směsi benzínu s 10 % etanolu podle KŘEPELKY (1997)

- snížení emise nespálených uhlovodíků HC o 6 %
- snížení emise oxidu uhelnatého CO o 13 %
- snížení emisí benzínu o 12 %
- zvýšení emisí formaldehydů o 12 %
- zvýšení emise acetaldehydů o 156 %
- nárůst emise oxidu dusíku NO_x o 5 %

Úpravy motoru

U benzínových motorů se při používání přísadků 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 se zvyšují kompresní poměry motorů a používá se tzv. vrchní mazání (KŘEPELKA, 1997).

Podle BABIČKY (2006) je jediným efektivním řešením kombinace výroby bioplynu a biolihu v jednom závodě. Takovéto uspořádání umožňuje celoroční provoz tohoto zařízení, který bude nejméně z 80 % energeticky soběstačné a navíc bude schopné zpracovávat jak zemědělskou nadprodukcii, tak i odpadní biomasu ze zemědělsko-potravinářského sektoru, popřípadě i organický odpad z domácnosti.

2.7. 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. BERTALANFFY (1950) charakterizuje tento proces jako přechod energie ze stavu méně uspořádaného a chaotického termického pohybu molekul do stavu uspořádaného s určitou strukturou a s určitým řádem, jímž se vyznačuje organická hmota (KUDRNA, 1979).

Řízení činnosti zemědělské soustavy je komplikováno působením nahodilých veličin, jednou z nich je počasí (KUDRNA, 1985). Je třeba vhodným způsobem

definovat požadavky polních plodin na srážky v jednotlivých fázích jejich vývoje, v jednotlivých měsících vegetace. Prokázalo se, že pro tvorbu výnosů je rozhodující tzv. kritické období (KUDRNA, 1979), kdy plodiny intenzivně rostou a vytvářejí největší přírůstky organické hmoty. K tomu, aby se vytvořil maximální výnos, musí v kritickém období nastat vliv převahy srážek nad teplotami.

Kritické termodynamické fáze hlavních plodin podle KUDRNY (1979)

ΔU_{\min} v měsíci

IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
-	Pícniny na orné půdě Oves Ječmen Pšenice ozimá Žito	Brambory Řepka ozimá Kukuřice	Pícniny na orné půdě Mák	Cukrovka Krmné okopaniny Brambory Kukuřice

Srážky odčerpáním energie zajistí, že se organická hmota tvoří v podmínkách blízkých izotermickému procesu. Jakékoliv snížení srážek v kritickém období vede ke snížení výnosů a obrácený chod termodynamické křivky vede k výnosům minimálním.

Při nedostatku srážek se zastavuje růst. Při dlouhodobém 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. Ten nastává mnohem rychleji, nastane-li nedostatek vody v tzv. kritickém období. Proto toto období, které je poměrně krátké, má rozhodující vliv na utváření výnosů.

Velký nadbytek srážek způsobuje maximální zatížení, které se zpravidla podaří v tomto období vyrovnat. Snižuje se však vnitřní energie, v našem případě zejména obsah sacharidů a bílkovin. Na konci vegetace polních plodin působí nadbytek srážek nepříznivě, neboť vlivem odvedení tepla způsobuje prodloužení vegetační doby. Při nedostatku či nadbytku vodních srážek záleží na termodynamické fázi, ve které se rostlina nachází.

Termodynamické fáze růstu polních plodin podle KUDRNY (1979)

Termodynamické fáze	Růstové fáze
I.	Vytvoření kořene
II.	Klíčení a růst nadzemní hmoty
III.	Intenzivní růst
IV.	Zrání

3. METODIKA

3.1. Analýza a návrh vnitřní struktury zemědělské soustavy

Analýza vnitřní struktury školního statku v Poděbradech byla zpracována podle metodických postupů doporučených akademikem Kudrnou. Cílem bylo provést návrh výrobní struktury ŠS Poděbrady se zaměřením na možnosti a limity produkce bioenergie. Zejména pak výroby ethanolu z obilovin, případně řepky a možnost výroby bioplynu z odpadů produkovaných při chovu skotu.

Vlastnímu návrhu bude předcházet analýza vnitřní struktury zemědělské soustavy s výpočtem a vyhodnocením vybraných parametrů vnitřní struktury a jejich vzájemných vztahů.

K výpočtu parametrů vnitřní struktury a ke konstrukci grafů byl použit program „Soustavy“ Ing. S. Vithy na počítači katedry Obecné produkce rostlinné. Program po zadání vstupních údajů počítá parametry vnitřní struktury, sestavuje grafy vybraných parametrů, umožňuje hodnotit vývoj parametrů ve sledovaném období pomocí regresních přímek a regresních koeficientů.

Vstupní údaje byly získány z rozboru hospodaření ŠS Poděbrady a ze statistických výkazů ZEM V6-01. Údaje jsou zpracovány za časovou řadu jedenácti let, tj. řada 1994 – 2004.

Jedná se o tyto údaje: plochy sklizně a výnosy plodin
stavy skotu
spotřeba minerálních hnojiv

3.1.1. Plochy sklizně a výnosy plodin

Data byla získána z ročních výkazů o sklizni plodin, označovaných jako ZEM V6-01, popřípadě z materiálů poskytnutých ŠS Poděbrady. V potaz bereme také výměru zemědělské a orné půdy.

Pěstované plodiny na ŠS Poděbrady za časovou řadu 1994 – 2004

- kukuřice na zelené krmení a siláž
- ostatní jednoleté píceiny
- vojtěška
- ostatní víceleté píceiny
- kukuřice na zrno
- obiloviny
- brambory
- cukrová řepa
- krmná řepa
- řepka
- slunečnice
- hrách
- hořčice
- ovoce a zelenina
- louky
- pastviny

Plochy sklizně jsou zaokrouhlené na celé ha, výnosy jsou v tunách zaokrouhlených na dvě desetinná místa. Sklizně zaokrouhlíme na celé tuny.

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

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. Stavý skotu

Získaná data jsou přepočítána na dobytčí jednotku (DJ). Výpočet se provádí z průměrného stavu jednotlivých kategorií skotu v určitém roce, vynásobených koeficientem přepočtu na DJ.

Průměrný stav počítáme takto:

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

4

Případně méně přesným ale jednodušším způsobem:

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

2

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

$$\frac{\text{celkový počet krmných dnů za rok}}{\text{počet dnů v roce}}$$

počet dnů v roce

Přepočet kategorií skotu na DJ

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

3.1.3. Spotřeba hnojiv

Množství minerálních hnojiv ($N + P_2O_5 + K_2O$) se uvádí jediným číslem za každý rok v tunách, tj. NPK [t] celkem.

3.2. Výpočet struktury zemědělské soustavy metodou uhlíkové bilance

Akumulace uhlíku v rhizosféře víceletými pícninami implikuje akumulaci zrna obilnin a akumulace uhlíku obilninami (zrna i slámy) implikuje akumulaci suché hmoty spotřebitelů uhlíku – cukrovky a brambor. 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 maximálního zatížení. 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 (KUDRNA, 1979).

Výpočet struktury zemědělské soustavy v krocích:

- 1) Dekompozice zemědělské soustavy
- 2) Výpočet parametrů zemědělské soustavy
- 3) Výpočet normální struktury zemědělské soustavy
- 4) Výpočet optimální struktury
- 5) Výpočet jednotlivých návrhů s ohledem na energetické využití

3.2.1. Dekompozice struktury zemědělské soustavy metodou uhlíkové bilance

Dekompozicí struktury zemědělské soustavy se vyhodnocuje suchá hmota všech plodin, které jsou zdroji uhlíku a je přepočtena na uhlík aktivní pomocí následujících koeficientů.

Koeficienty pro přepočet:

0,785	koeficient pro výpočet aktivního uhlíku po konverzi živin
0,386	koeficient pro přepočet suché hmoty všech plodin na aktivní uhlík
0,450	koeficient pro přepočet suché hmoty rhizomů, ze suché hmoty víceletých píceňin (na 2 roky pěstování)
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
1,500	koeficient pro převod zrna kukuřice na slámu
0,600	koeficient pro výpočet suché hmoty rhizomů ze suché hmoty vojtěšky (na 3 roky pěstování)

Dekompozice struktury zemědělské soustavy:

Plodina	Dekompozice	ΣC_k
jednoleté pícniny + kukuřice	ΣY_{s0}	$0,386 * 0,785$
víceleté pícniny + vojtěška	ΣY_{s1}	$0,386 * 0,785$
rhizomy (vojtěška)	$\Sigma Y_{sri(\text{vojtěška})}$	$0,600 * 0,360$
rhizomy (víceleté pícniny)	$\Sigma Y_{sri(\text{víceleté pícniny})}$	$0,450 * 0,360$
obiloviny – zrno	ΣY_{2z}	0,065
obiloviny – sláma	ΣY_{2sl}	0,386
kukuřice – zrno	$\Sigma Y_{2z\text{-kukuřice}}$	0,065
kukuřice – sláma	$\Sigma Y_{2sl\text{-kukuřice}}$	0,386
hrách – zrno	ΣY_{6z}	0,065
hrách – sláma	ΣY_{6sl}	0,386
louky	ΣY_{s4a}	$0,386 * 0,785$

3.2.2. Výpočet parametrů zemědělské soustavy

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

$$ETA_0 = \Sigma Y_{s0} / (\Sigma Y_{s1} + \Sigma Y_{s4a})$$

Poměr zrna k uhlíkatým zdrojům

$$ETA\ 2 = \Sigma Y_{2z} / (\Sigma Y_{s0} + \Sigma Y_{s1} + \Sigma Y_{ri} + \Sigma Y_{s4a})$$

Aktivní podíl zdrojů uhlíku k zrnu obilovin

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

Bioenergetický potenciál půdy

$$E_p = \Sigma Y_s / \Sigma H$$

Spotřeba minerálních hnojiv na 1 ha P_z ($t * ha^{-1}$)

$$\Sigma H / P_z$$

Hustota polygastrických zvířat – skotu ($DJ * ha^{-1}$)

$$hz = \Sigma Z / P_z$$

Krmné množství ($t * DJ^{-1} * rok^{-1}$)

$$kn = \Sigma Y_{s(0+1+4)} / \Sigma Z$$

3.2.3. Výpočet normální struktury

Výpočet vychází z průměrných výnosů plodin a plochy orné a zemědělské půdy za určitou časovou řadu. Účelem je stanovení normální struktury metodou uhlíkové bilance. Zpravidla vycházející z výnosů sklizně zrna obilovin, u kterého dopočítáváme podle uhlíkové bilance teoretickou potřebu zdrojů a teoretické množství spotřebitelů uhlíku.

Potřeba zdrojů uhlíku. Výpočet provádíme pomocí průměrné sklizně obilovin a Planckovy konstanty.

$$(\Sigma Y_{s0} + \Sigma Y_{s1} + \Sigma Y_{s4a}) = \Sigma Y_{2z} * C_2^P [t]$$

Podíl jednoletých silážních plodin. Při výpočtu bereme v potaz odvozené koeficienty parametrů z ETA 0.

$$\Sigma Y_{s0} = (\Sigma Y_{s0} + \Sigma Y_{s1} + \Sigma Y_{s4}) * 0,215$$

$$P_0 = \Sigma Y_{s0} / Y_{s0} [ha]$$

$$P_0 [\%por] = P_0 / P_{or} * 100 [\% P_{or}]$$

Podíl víceletých píceňin. Rozdíl potřeby suché hmoty zdrojů uhlíku a součtu jednoletých píceňin a luk.

$$\Sigma Y_{s1} = (\Sigma Y_{s0} + \Sigma Y_{s1} + \Sigma Y_{s4}) - (\Sigma Y_{s0} + \Sigma Y_{s4}) [t]$$

$$P_1 = \Sigma Y_{s1} / Y_{s1} [ha]$$

$$P_1 [\%por] = P_1 / P_{or} * 100 [\% P_{or}]$$

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

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

$$P_2 [\%por] = P_2 / P_{or} * 100 [\% P_{or}]$$

Sklizeň suché hmoty spotřebitelů uhlíku. Při výpočtu je použit koeficient přepočtu zrna na slámu a koeficient přepočtu slámy na aktivní uhlík

$$\Sigma C_{2sl} = \Sigma Y_{2z} * 1,270 * 0,386$$

$$\Sigma Y_{s(3+5)} = \Sigma C_{2sl}$$

$$P_{(3+5)} = \Sigma Y_{s(3+5)} / Y_{s(3+5)} [ha]$$

Procentický součet ploch plodin na orné půdě.

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

Použité koeficienty:

1,4388	Planckova konstanta - přepočítávací koeficient sušiny jednoletých píceňin, víceletých píceňin a drnového fondu na objem zrna obilovin
0,215	koeficient konverze – množství sušiny krmného množství, které odchází prostřednictvím zvířat ze soustavy
0,386	koeficient přepočtu sušiny na aktivní uhlík
1,270	koeficient pro převod zrna na slámu

3.2.4. Výpočet optimální struktury

Výpočet optimální struktury se provádí podle obdobného algoritmu jako normální struktura, výpočet je možno zahájit od ΣY_{2z} , ΣY_{s3} , Z, podle druhu plánované výroby. Dále je nutno vzít v úvahu parametr OMEGA 2, ETA 0 a ETA 2.

3.2.5. Výpočet jednotlivých návrhů s ohledem na energetické využití

Při výpočtech jednotlivých návrhů postupujeme obdobně jako při výpočtech parametrů normální struktury. Hlavním rozdílem je navrhované využití půdy podle zaměření jednotlivých variant.

Normální zemědělská soustava (časová řada 1994 – 2004)

Vychází z metodiky výpočtu normální zemědělské struktury viz. kapitola 3.2.3. V soustavě počítáme se zastoupením jednoletých a víceletých píceňin 58 %, obilovin 50 %, okopanin a olejnin 15 %. Součet ploch tedy vychází více než 100 %. To znamená že teoretická potřeba zdrojů podle uhlíkové bilance je vyšší než skutečná.

Varianta 1 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na obiloviny

Varianta 1 je zaměřena na obiloviny se sníženým množstvím plodin charakteru spotřebitelů. Výpočet vychází z C-bilance a využívá parametr ETA 2.

V návrhu došlo k snížení ploch jednoletých a víceletých píceňin na 37,3 %, k navýšení ploch obilovin na 56,3 % a k snížení ploch olejnin na 6,4 %.

Varianta 2 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na olejninu

Varianty 2a a 2b jsou odvozeny z varianty 1.

Varianta 2a – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na řepku

Varianta 2a počítá s maximálním zatížením soustavy řepkou, tj. 12,5 % P_{or} . Předpokládáme, že řepka se chová zcela jako spotřebitel. Plochy jednoletých a víceletých píceňin zůstaly obdobné jako u varianty 1, tedy 37,3 %, u obilovin došlo ke snížení ploch na 50,2 %.

Varianta 2b – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na slunečnici

Zcela se shoduje s variantou 2a, pouze řepka byla nahrazena slunečnicí, a to ve stejném plošném rozsahu.

Varianta 3 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na produkci bioplynu

Varianty 3a, 3b a 3c vycházejí primárně z varianty 1. Zdroje uhlíku jsou nastaveny na maximum, spotřebitelé naopak na minimum.

Varianta 3a

Plocha jednoletých a víceletých pěstnic je 45 %, obilovin činí 50 %, zbývajících 5 % tvoří olejiny. Došlo k navýšení zdrojů uhlíku oproti variantě 1, naopak spotřebitelé byly utlumeny.

Varianta 3b

Celková plošná struktura zcela odpovídá variantě 3a, včetně výnosů a sklizní. Mění se pouze SZ, předpokladem je snížení ztrát a zvýšení kvality objemných krmiv.

Varianta 3c

Celková plošná struktura zcela odpovídá variantě 3a a 3b, Y_{s0} a Y_{s1} se blíží $Y_{s0 \max}$ a $Y_{s1 \max}$.

Pro výpočty struktury zemědělské soustavy používáme výnosy vypočítané metodou četností. Tato metoda spočívá v tom, že zvolíme výnosové intervaly a k nim přiřazujeme četnosti výskytu. Zvolíme 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 DJ	0,943 m ³ bioplynu denně, tj. 1,69 kWh energie denně
1 kg ethanolu	1,13 l
1 kg ethanolu	3,38 kWh
1 t zrna	342 l (při obsahu škrobu v zrně min. 57 %)
1 kg oleje	1,5 m ³ bioplynu
1 kg oleje	2,52 kWh
Podíl oleje z řepky	0,32 (ze semene)

3.2.5. Výpočet jednotlivých návrhů s ohledem na energetické využití

Při výpočtech jednotlivých návrhů postupujeme obdobně jako při výpočtech parametrů normální struktury. Hlavním rozdílem je navrhované využití půdy podle zaměření jednotlivých variant.

Normální zemědělská soustava (časová řada 1994 – 2004)

Vychází z metodiky výpočtu normální zemědělské struktury viz. kapitola 3.2.3. V soustavě počítáme se zastoupením jednoletých a víceletých píceň 58 %, obilovin 50 %, okopanin a olejnin 15 %. Součet ploch tedy vychází více než 100 %. To znamená že teoretická potřeba zdrojů podle uhlíkové bilance je vyšší než skutečná.

Varianta 1 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na obiloviny

Varianta 1 je zaměřena na obiloviny se sníženým množstvím plodin charakteru spotřebitelů. Výpočet vychází z C-bilance a využívá parametr ETA 2.

V návrhu došlo k snížení ploch jednoletých a víceletých píceň na 37,3 %, k navýšení ploch obilovin na 56,3 % a k snížení ploch olejnin na 6,4 %.

Varianta 2 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na olejninu

Varianty 2a a 2b jsou odvozeny z varianty 1.

Varianta 2a – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na řepku

Varianta 2a počítá s maximálním zatížením soustavy řepkou, tj. 12,5 % P_{or} . Předpokládáme, že řepka se chová zcela jako spotřebitel. Plochy jednoletých a víceletých píceň zůstaly obdobné jako u varianty 1, tedy 37,3 %, u obilovin došlo ke snížení ploch na 50,2 %.

Varianta 2b – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na slunečnici

Zcela se shoduje s variantou 2a, pouze řepka byla nahrazena slunečnicí, a to ve stejném plošném rozsahu.

Varianta 3 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na produkci bioplynu

Varianty 3a, 3b a 3c vycházejí primárně z varianty 1. Zdroje uhlíku jsou nastaveny na maximum, spotřebitelé naopak na minimum.

Varianty 3a

Plocha jednoletých a víceletých pícnin je 45 %, obilovin činí 50 %, zbývajících 5 % tvoří olejninu. Došlo k navýšení zdrojů uhlíku oproti variantě 1, naopak spotřebitelé byly utlumeny.

Varianty 3b

Celková plošná struktura zcela odpovídá variantě 3a, včetně výnosů a sklizní. Mění se pouze ΣZ, předpokladem je snížení ztrát a zvýšení kvality objemných krmiv.

Varianty 3c

Celková plošná struktura zcela odpovídá variantě 3a a 3b, Y_{s0} a Y_{s1} se blíží $Y_{s0 \max}$ a $Y_{s1 \max}$.

Pro výpočty struktury zemědělské soustavy používáme výnosy vypočítané metodou četností. Tato metoda spočívá v tom, že zvolíme výnosové intervaly a k nim přiřazujeme četnosti výskytu. Zvolíme 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 DJ	0,943 m ³ bioplynu denně, tj. 1,69 kWh energie denně
1 kg ethanolu	1,13 l
1 kg ethanolu	3,38 kWh
1 t zrna	342 l (při obsahu škrobu v zrně min. 57 %)
1 kg oleje	1,5 m ³ bioplynu
1 kg oleje	2,52 kWh
Podíl oleje z řepky	0,32 (ze semene)

3.3. Tvorba termodynamické křivky

Růst každé plodiny je charakterizován zcela určitým průběhem změn vnitřní energie během vegetace, který můžeme vyjádřit graficky. Křivku, již dostaneme, nazýváme charakteristickou termodynamickou křivkou dané plodiny.

Abychom mohli vyjádřit tyto poměry měřitelnými příznaky, pak vyjdeme z hodnot maximálního výnosu, který byl v dlouhé časové řadě a v daném bioenergetickém poli dosažen a jeho hodnotu zvolíme jako koeficient charakterizující určitou hladinu bioenergetického potenciálu půdy. Do výpočtu pak zahrneme i poměr teplot a srážek, za kterých maximální výnos vznikl.

Výpočet bude proveden v programu DELTA U 2.0 od Ing. Vítězslava Šindeláře, pro tvorbu a propočet termodynamické křivky.

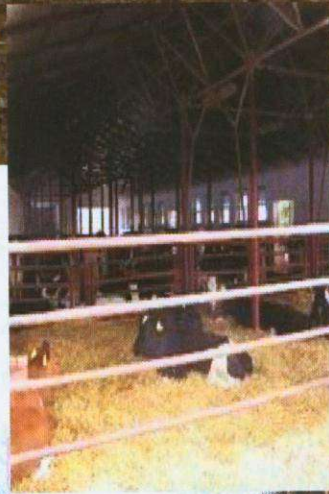
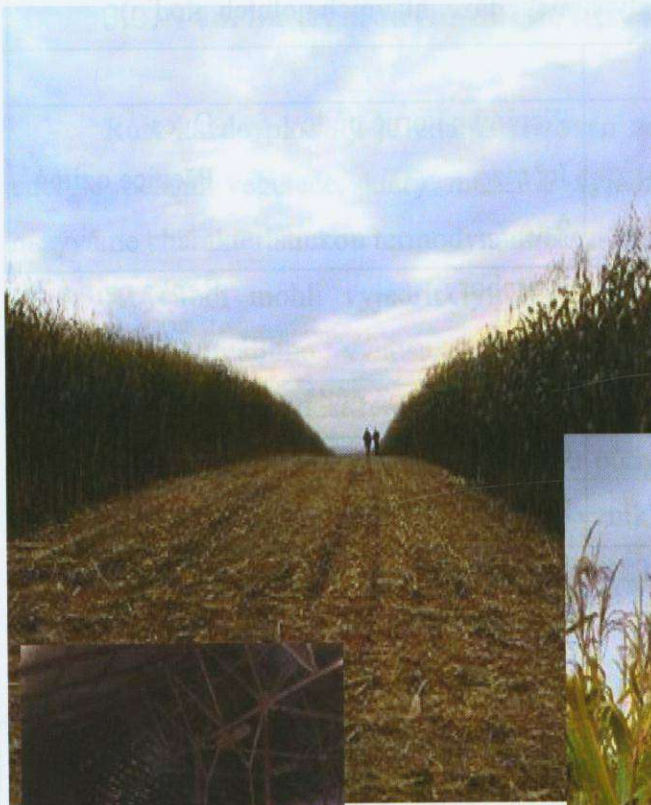
$$\Delta U = [(t_{cn} / t_c) + (-h_{sn} / h_s)] * Y_{s \max}$$

ΔU	celková změna vnitřní energie, jež charakterizuje výnos suché hmoty
t_{cn}	teplota sledovaného období
h_{sn}	srážky ve sledovaném období
t_c	úhrn teplot za vegetaci v roce $Y_{s \max}$
h_s	úhrn srážek za vegetaci v roce $Y_{s \max}$
$Y_{s \max}$	maximální dosažený výnos v delší časové řadě

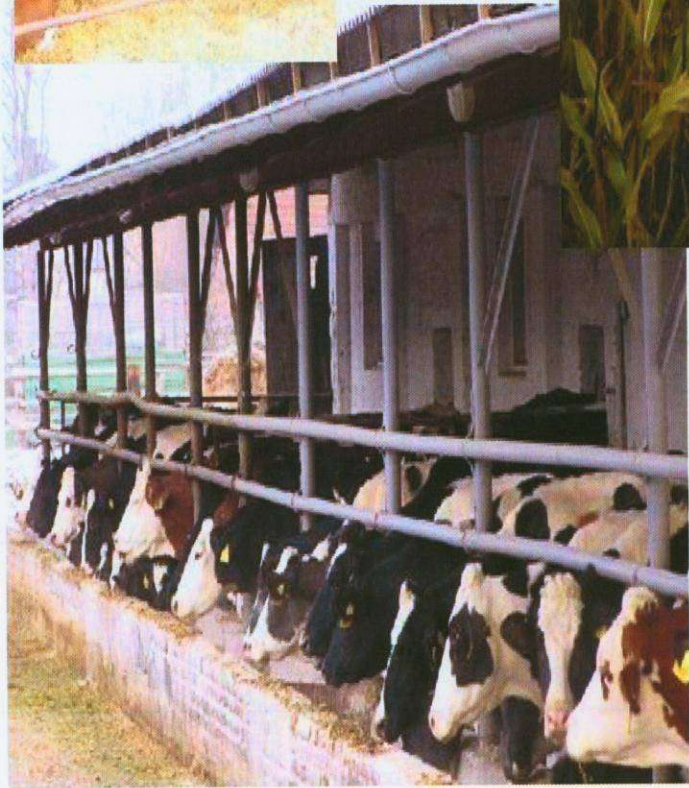
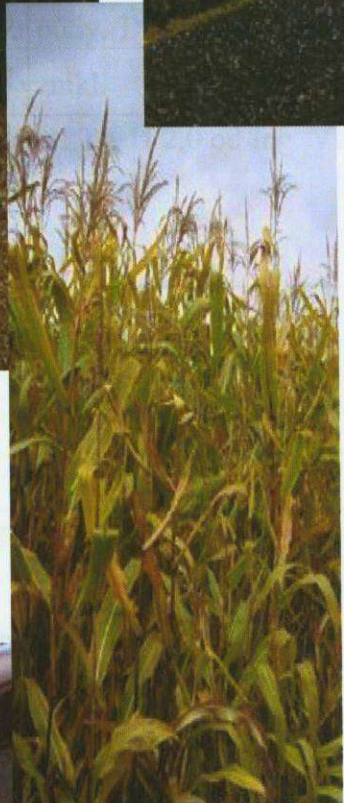
Průběh charakteristických křivek, jakož i klimatické rovnice, porovnáme-li ji s rozdělením růstových fází během vegetace, prokazují, že kritická období vyjádřená veličinou ΔU_{\min} jsou spojena s fází intenzivního růstu polních plodin.

Termodynamické fáze				
	I.	II.	III.	IV.
Růstové fáze	Vytvoření kořene	Klíčení a růst nadzemní hmoty	Intenzivní růst	Zrání

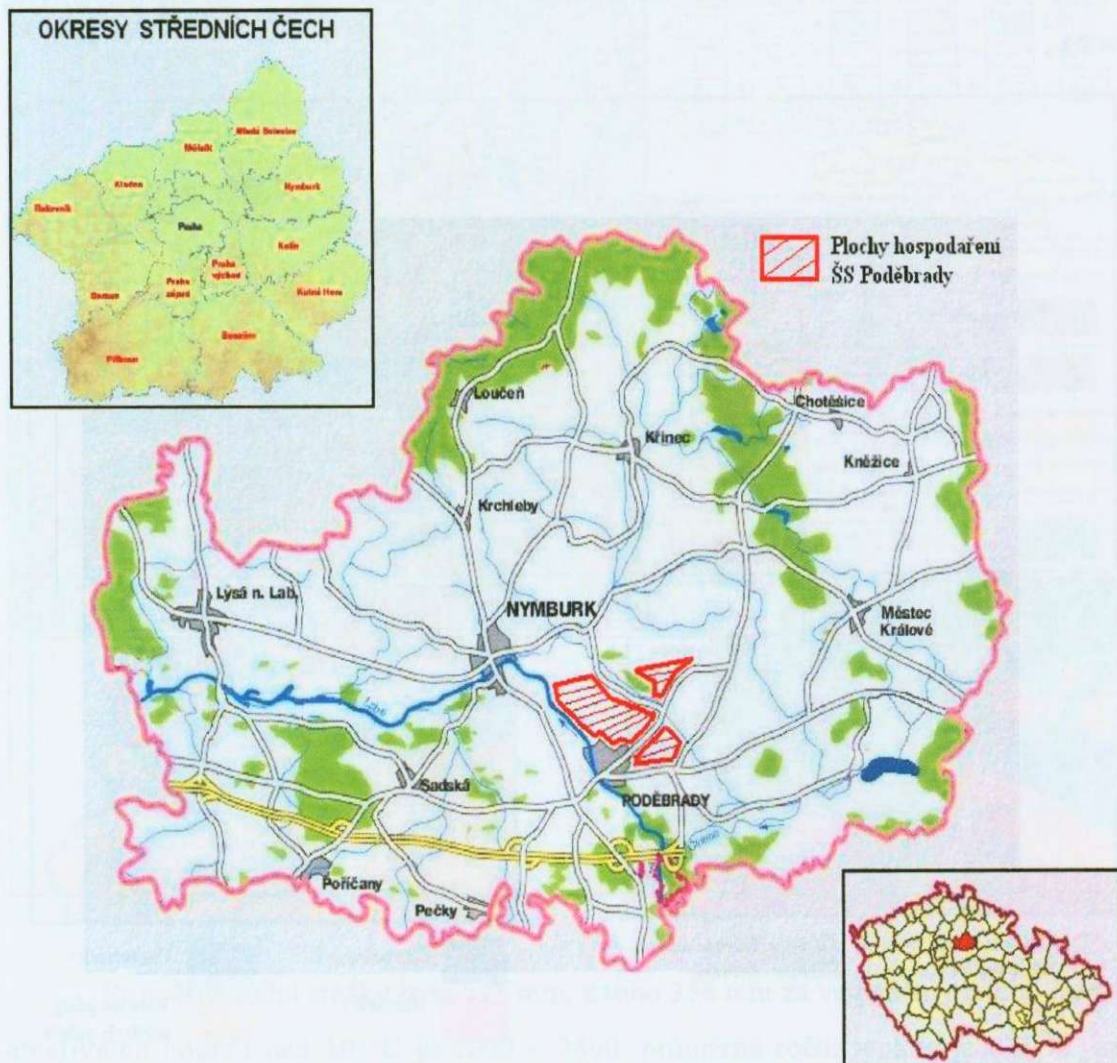
ΔU_{\min} v měsíci (kritické termodynamické fáze hlavních polních plodin)		
IV.	-	
V.	Pícniny na orné půdě Ječmen Žito	Oves Pšenice ozimá
VI.	Brambory Kukuřice	Řepka ozimá
VII.	Pícniny na orné půdě	Mák
VIII.	Cukrovka Krmné okopaniny	Kukuřice Brambory



www.vnitro.cz
www.období.cz



4. VLASTNÍ PRÁCE

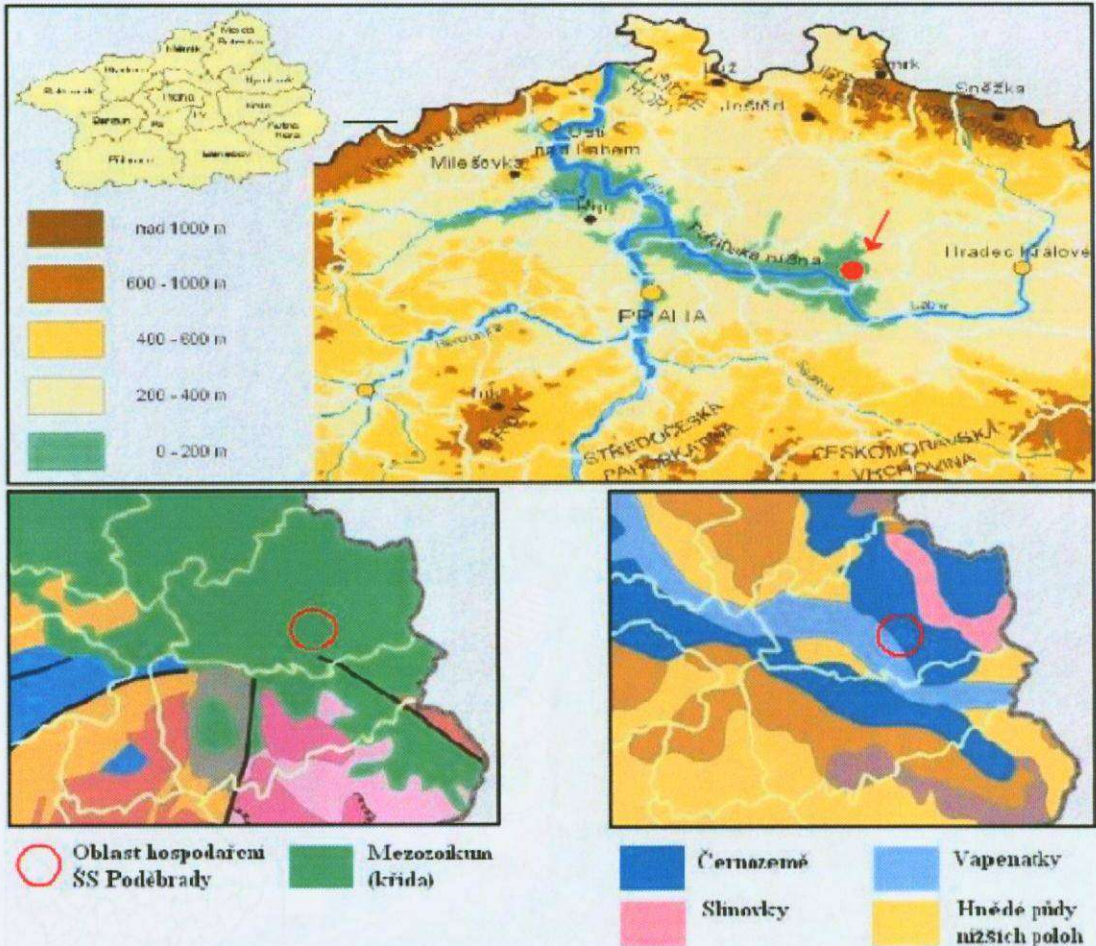


(CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY, 1996)

4.1 Charakteristika výrobní oblasti ŠS Poděbrady

Školní statek Poděbrady se nachází ve středních Čechách, okres Nymburk, asi 50 km východně od Prahy. Výrobní oblast podniku spadá do Polabské nížiny. Severním sousedem okresu Nymburk je Mladoboleslavsko, na západě hraničí s okresem Praha - východ, jižním sousedem je Kolínsko a na východě hraničí s jičínským a královehradeckým okresem.

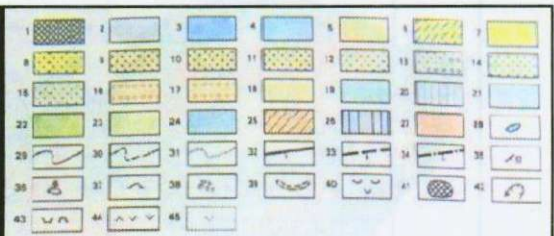
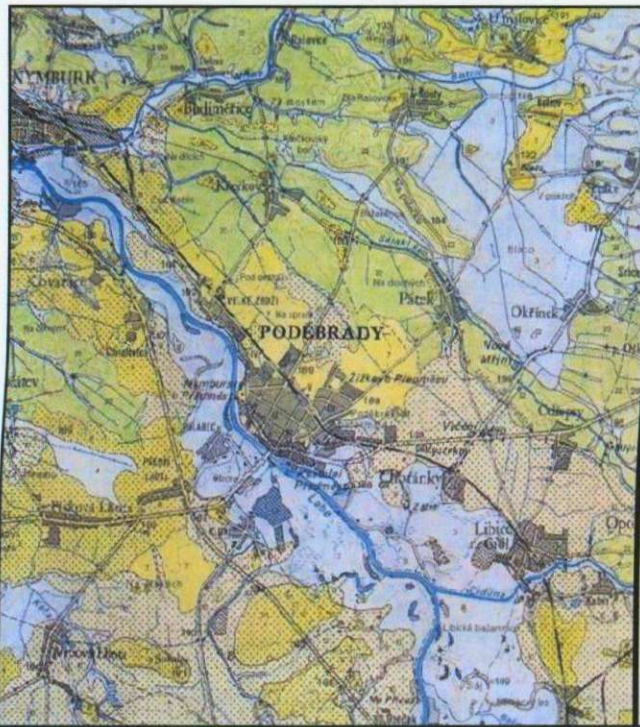
V rámci Středočeského regionu patří výrobní oblast mezi intenzivní zemědělské výroby. Zemědělská půda zabírá 70 % plochy, která je z více než 92 % zorněna. Trvalé kultury nepřesahují 9 % z plochy. Tradiční je výroba obilovin, cukrovky, zeleniny a ovoce.



(CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY, 1996)

Povrch výrobní oblasti je málo členitý s charakterem výrazně rovinného typu. Největší část obhospodařované plochy leží v nížině pod 200 m nad mořem a jen na severu území mírně stoupá. Část pozemků leží při pravé straně řeky Labe, dalším vodním tokem zasahujícím do výrobní oblasti je Sánský kanál odvádějící vodu z Žehuňského rybníka do Mrliny.

Celá oblast spadá pod řepařskou výrobní oblast. Půdy jsou zastoupeny černozeměmi a hnědozeměmi na spraších, případně na sprašových hlínách. Při toku řek jsou zastoupeny také nivní půdy na nivních uloženinách. Převažující půdní druh je hlinitý hluboký a aluviální písčitohlinitý.



KVARTÉR, holocén: 1 - antropogenní uloženiny (navážky); 2 - mláky; 3 - fluvioní hlíny, náplně písky a štěrky; 4 - deluviofluvionální písčité až hrubé písky;
holocén - pleistocén: 5 - deluvionální hlíny, písčité hlíny až hrubé písky;
pleistocén - avichení: 6 - koloidobulvárni sedimenty; 7 - varisko a opáskové hlíny; 8 - hrubé písky; 9 - fluvionální písky a štěrky; 10 - štěrky; 11 - fluvionální písky a štěrky; 12 - štěrky; 13 - fluvionální písky a štěrky; 14 - fluvionální písky a štěrky; 15 - fluvionální písky a štěrky; 16 - fluvionální písky a štěrky; 17 - fluvionální štěrky; 18 - fluvionální štěrky; 19 - fluvionální štěrky; 20 - štěrky; 21 - štěrky; 22 - štěrky; 23 - štěrky; 24 - štěrky; 25 - štěrky; 26 - štěrky; 27 - štěrky; 28 - štěrky; 29 - štěrky; 30 - štěrky; 31 - štěrky; 32 - štěrky; 33 - štěrky; 34 - štěrky; 35 - štěrky; 36 - štěrky; 37 - štěrky; 38 - štěrky; 39 - štěrky; 40 - štěrky; 41 - štěrky; 42 - štěrky; 43 - štěrky; 44 - štěrky; 45 - štěrky.

MEZOZOIKUM, křída, cenozoikum - sarsón: 35 - sarsón; 36 - sarsón; 37 - sarsón; 38 - sarsón; 39 - sarsón; 40 - sarsón; 41 - sarsón; 42 - sarsón; 43 - sarsón; 44 - sarsón; 45 - sarsón.

PROTEROZOIKUM, železnohorné praeozoikum: 25 - muskovitická až biotitická břidlice (masty drobová); 26 - grafitická břidlice; 27 - muskovit; 28 - amfibol; 29 - žilná hrana; 30 - žilná hrana; 31 - žilná hrana; 32 - žilná hrana; 33 - žilná hrana; 34 - žilná hrana; 35 - žilná hrana; 36 - žilná hrana; 37 - žilná hrana; 38 - žilná hrana; 39 - žilná hrana; 40 - žilná hrana; 41 - žilná hrana; 42 - žilná hrana; 43 - žilná hrana; 44 - žilná hrana; 45 - žilná hrana.



SOUBOR GEOLOGICKÝCH A ÚČELOVÝCH MAP
 GEOLOGICKÁ MAPA ČR, listy 13 - 14 Nymburk
 Měřítko 1 : 50 000. Seřadil a vydal Ústřední ústav geologický. Redaktor listu O. Koláček. Spolupráce Z. Adamovič, Z. Falc, M. Fišera, J. Klečák. Redaktor řady M. Opieřal. Výstup vyznačené okolo P 286. Koordinátor I. Čižba. Reklama, úzávěrka duben 1992. Vydání první Grafická úprava M. Činčeka. Technická redakce J. Rudolfský. Reprodukční zpracození a tisk OT Kolín, Tisk 1993.
 Obsah topografického podkladu © Český úřad geodetický a kartografický 1971. Stav ke dni 1. 1. 1984.
 Tematický obsah © Český geologický ústav 1992.

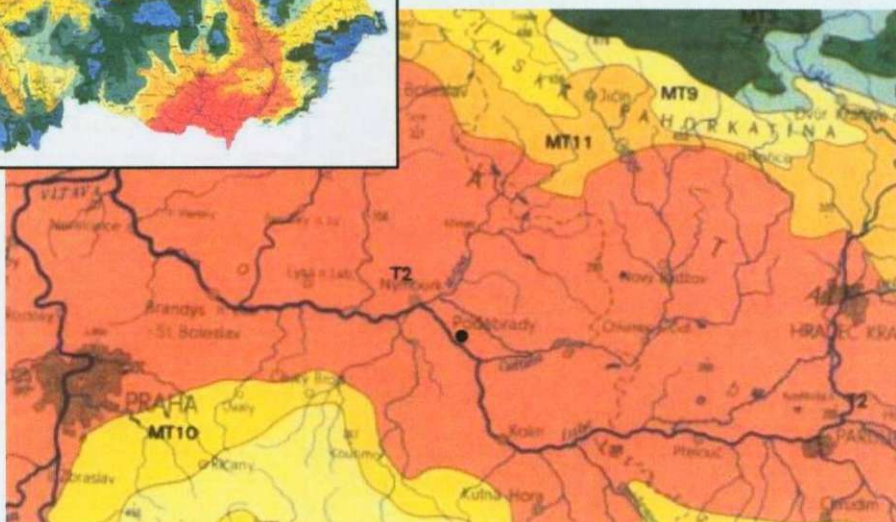
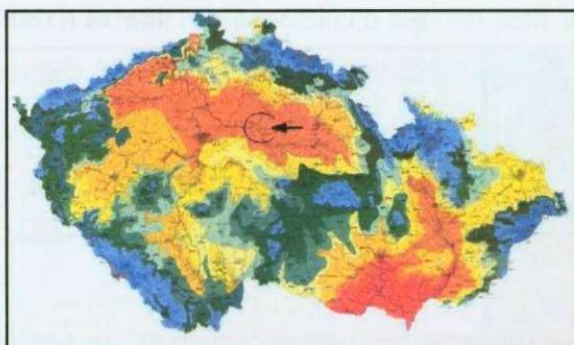
Průměrné roční srážky jsou 575 mm, z toho 356 mm za vegetační období. Suma efektivních hodnot nad 10 °C je 2600 – 2800, průměrná roční teplota je 8,9 °C, za vegetační období pak 15,2 °C. Výskyt suchých vegetačních období 10 – 60 %.

Průměrné měsíční srážky v mm podle KAVKY et al. (2003)

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
36	32	32	46	58	67	71	69	45	43	39	37

Průměrné měsíční teploty v °C podle KAVKY et al. (2003)

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
-2,6	-1,3	2,9	7,7	12,8	15,7	17,8	16,8	13,3	8,2	3,2	-0,4



(QUITT, 1971)

Z hlediska klimatických poměrů oblast spadá do kategorie T2, tj. teplá mírně suchá oblast, teplotní charakteristika je uvedena v tabulce 5. Charakterizovaná podle QUITTA (1971) takto: dlouhé léto, teplé a suché, velmi krátké přechodné období s teplým až mírně teplým jarem i podzimem, krátkou, mírně teplou, suchou až velmi suchou zimou, s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky.

Charakteristika	Hodnota
Počet letních dnů	50 – 60
Počet dnů s teplotou 10°C a více	160 - 170
Počet mrazových dnů	100 -110
Počet ledových dnů	30 – 40
Průměrná teplota v lednu	-2 - -3
Průměrná teplota v červenci	18 – 19
Průměrná teplota v dubnu	8 – 9
Průměrná teplota v říjnu	7 – 9
Průměrná počet dnů se srážkami 1 mm a více	90 - 100

Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 - 400
Srážkový úhrn v zimním období	200 - 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 - 50
Počet dnů zamračených	120 - 140
Počet dnů jasných	40 - 50

Tabulka 5 (OUITT, 1971)

4.2. Charakteristika podniku

Školní statek Poděbrady má dlouholetou tradici, byl založen kolem roku 1920, později spadl pod ministerstvo školství a od 1. července 2001 je řazen pod Středočeský kraj jako příspěvková organizace. Hlavní účel a předmět činnosti je vymezen § 42 zákona č. 76/1978 Sb. o školských zařízeních, ve znění pozdějších předpisů. V současnosti zaměstnává 15 lidí.

Zaměření zemědělské výroby:

Rostlinná výroba včetně pěstování zeleniny, okrasných rostlin, léčivých a aromatických rostlin, rostlin pro technické užití.

Živočišná výroba zahrnuje chov hospodářských zvířat za účelem získávání a výroby živočišných produktů, chov sportovních koní.

Produkce chovných plemenných zvířat a využití jejich genetického materiálu.

Výroba osiv a sadby.

V roce 2004 statek hospodařil na 276 ha zemědělské půdy, z kterých bylo 247 ha půdy orné, 24 ha trvalých travních porostů a 5 ha pastvin.

Struktura pěstitelských ploch byla v roce 2004 následující:

Kukuřice na siláž	50 ha	Kukuřice na zrno	16 ha
Ostatní jednoleté	23 ha	Slunečnice	15 ha
Vojtěška	33 ha	Trvalé travní porosty	24 ha
Obiloviny	110 ha	Pastviny	5 ha

Skladba živočišné výroby v roce 2004:

Skot	215 ks	Koně	4 ks
Prasata	220 ks	Ovce a kozy	10 ks

Hustota skotu činila v roce 2004 0,59 DJ na hektar.

4.3. Analýza vnitřní struktury zemědělské soustavy

4.3.1. Dekompozice původní struktury zemědělské soustavy

Školního statku Poděbrady 1994 - 2004

Struktura zemědělské soustavy

	P	P	Y _s	ΣY _s
	[ha]	[% P _{or}]	[t * ha ⁻¹]	[t]
P _o kukuřice na siláž	42,30	15,75	4,70	201,00
P _o ostat. jednoleté píce	16,60	6,18	3,60	60,00
P ₁ vojtěška	36,50	13,59	5,90	215,00
P ₁ ostatní víceleté píce	10,70	4,00	1,60	17,00
P ₂ obiloviny	124,70	46,47	3,96*	494,00*
P ₂ kukuřice na zrno	12,10	4,49	5,98*	72,00*
P ₆ hrách	1,50	0,58	2,02*	3,00*
P _{3a} cukrovka	2,40	0,88	7,70	18,00
P _{3b} brambory rané	0,20	0,06	2,40	0,40
P _{3c} brambory pozdní	0,30	0,13	1,30	0,50
P _{3d} krmná řepa	0,10	0,04	1,00	0,10
P _{5a} řepka	13,40	4,99	2,74* (8,20)	110,00 (37,00*)
P _{5b} slunečnice	3,70	1,39	2,22* (7,10)	26,00 (8,00*)
P _{5c} hořčice	0,90	0,34	1,52* (4,60)	4,00 (1,40*)
P _{7a} zelenina	0,50	0,17	1,90	1,00
P _{7b} ovoce	0,20	0,06	0,40	0,10
P_{or} orná půda celkem	272,00	100,00		
P _{4a} louky	24,00	8,07 % P _z	2,33	56,00

P_{4b}	louky	5,00	1,68 % P _z	0,80	4,00
	zemědělská půda celkem	301,00			

* zrna obilovin, luskovin, semeno olejnin

Dekompozice				
	Plodina	ΣYs [t]	Koeficienty	ΣCk [t]
ΣY _{S0}	Kukuřice	201	0,386 * 0,785	60,9
ΣY _{S0}	Ostat. jednoleté pícniny	60	0,386 * 0,785	18,2
ΣY _{S1}	Vojtěška	215	0,386 * 0,785	65,1
ΣY _{S_{ri}}	Rhizomy	215 * 0,6	0,360	46,4
ΣY _{S1}	Ostat. víceleté pícniny	17	0,386 * 0,785	5,1
ΣY _{S_{ri}}	Rhizomy	17 * 0,45	0,360	2,7
ΣY _{2z}	Obiloviny – zrno	494	0,065	32,1
ΣY _{2sl}	Obiloviny – sláma	494 * 1,270	0,386	242,2
ΣY _{2z}	Kukuřice na zrno – zrno	72	0,065	4,7
ΣY _{2sl}	Kukuřice na zrno – sláma	72 * 1,5	0,386	41,7
ΣY _{6z}	Hrách – zrno	3	0,065	0,2
ΣY _{6sl}	Hrách – sláma	3 * 1,6	0,386	1,8
ΣY _{S_{4a}}	Louky	56	0,386 * 0,785	17,0
Celkem				506,0

Dekompozicí původní struktury zemědělské soustavy ŠS Poděbrady, získáme celkový součet aktivního uhlíku.

Nepočítáme – li se zrnem kukuřice

$$\begin{aligned}
 \text{OMEGA 2} &= \Sigma Ck / \Sigma Y_{2z} & \text{OMEGA (2 + 6)} &= \Sigma Ck / \Sigma Y_{2z} + \Sigma Y_{6z} \\
 &= 506 / 494 & &= (506 - 0,2) / (494 + 3) \\
 &= 1,024 & &= 1,018
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ETA 0} &= \Sigma Y_{S0} / \Sigma Y_{S1+4a} \\
 &= 0,906
 \end{aligned}$$

Vzhledem k nízkému procentu zastoupení luskovin, respektive hrachu, je jejich vliv (podíl na ΣCk a z toho vyplývající ovlivnění parametru OMEGA 2) nízký a proto ho lze zanedbat, jak je patrné z výpočtu.

Počítáme – li se zrnem kukuřice

$$\begin{aligned} \text{OMEGA 2} &= \sum C_k / \sum Y_{2z} & \text{OMEGA (2 + 6)} &= \sum C_k / \sum Y_{2z} + \sum Y_{6z} \\ &= 0,886 & &= 0,880 \end{aligned}$$

Pokud by OMEGA 2 klesla významně pod 1, značilo by to, že výnos obilovin není plně kryt aktivním uhlíkem zdrojů.

4.3.2. Normální struktura

$$\begin{aligned} P_{or} &= 268,45 \text{ ha} & P_{4a} &= 24 \text{ ha} & P_{4b} &= 5 \text{ ha} \\ P_z &= 297,45 \text{ ha} & & & & \end{aligned}$$

	P [ha]	P [% P _{or}]	Y _s [t * ha ⁻¹]	ΣY _s [t]
P ₀ - jednoleté pícniny	39,55	14,73	4,42	175,00
P ₁ - víceleté pícniny	118,51	44,15	4,92	583,00
P ₂ - obiloviny	136,80	50,96	4,14*	566,00*
P ₍₃₊₅₎ - okopaniny a olejníny	38,49	14,34	7,38	284,00
	333,35	124,18		

* zrna obilovin

Součet ploch vychází pak více než 100 %. To znamená, že teoretická potřeba zdrojů podle uhlíkové bilance je vyšší nežli skutečná.

Výpočet:

$$\begin{aligned} \Sigma Y_{S_{0+1+4a}} &= \Sigma Y_{2z} * C_2^P & \Sigma Y_{2z} &= 566 \text{ t} \\ &= 814 \text{ t} & \Sigma Y_{S_0} &= 175 \text{ t} \end{aligned}$$

$$P_0 = 175 / 4,42 \Leftrightarrow 39,55 \text{ ha} \sim 14,73\% P_{or}$$

(průměrný výnos suché hmoty kukuřice a ostatních jednoletých pícnin je 4,42 t / ha)

$$\begin{aligned} \Sigma Y_{S_1} &= \Sigma Y_{S_{(0+1+4a)}} - \Sigma Y_{S_0} - \Sigma Y_{S_{4a}} & \Sigma Y_{S_{4a}} &= 56 \text{ t} \\ &= 583 \text{ t} & & \end{aligned}$$

$$P_1 = 583 / 4,92 \Leftrightarrow 118,51 \text{ ha} \sim 44,15 \% P_{or}$$

(průměrný výnos suché hmoty víceletých pícev je 4,92 t / ha)

$$\Sigma Y_{2z} = 566 \text{ t} \quad P_2 = 566 / 4,14 \Leftrightarrow 136,71 \text{ ha} \sim 50,96 \% P_{or}$$

(průměrný výnos zrna obilovin je 4,14 t / ha)

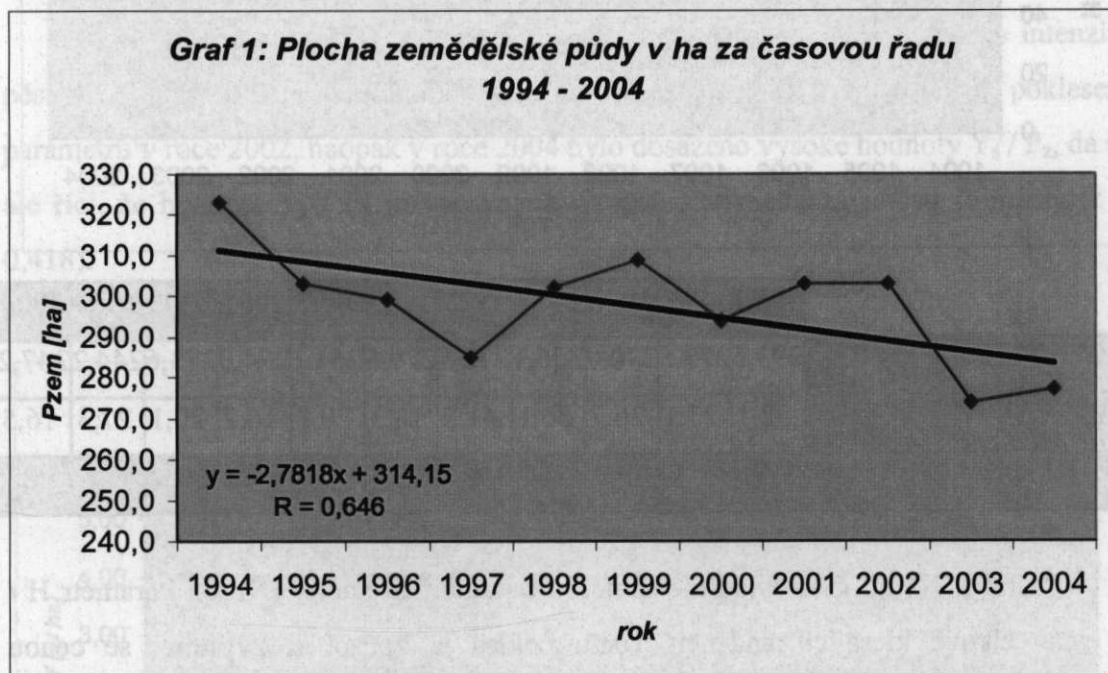
$$\begin{aligned} \text{spotřebitel: } \Sigma Y_{s(3+5)} &= \Sigma C_{2sl} \\ &= (\Sigma Y_{2z} + \Sigma Y_{2z - kuk}) * 0,386 \\ &= 284 \text{ t} \end{aligned}$$

$$P_{(3+5)} = 284 / 7,38 \Leftrightarrow 38,49 \text{ ha} \sim 14,34 \% P_{or}$$

$$P_{0+1+2+(3+5)} = 333,35 \text{ ha} \sim 124,18 \% P_{or}$$

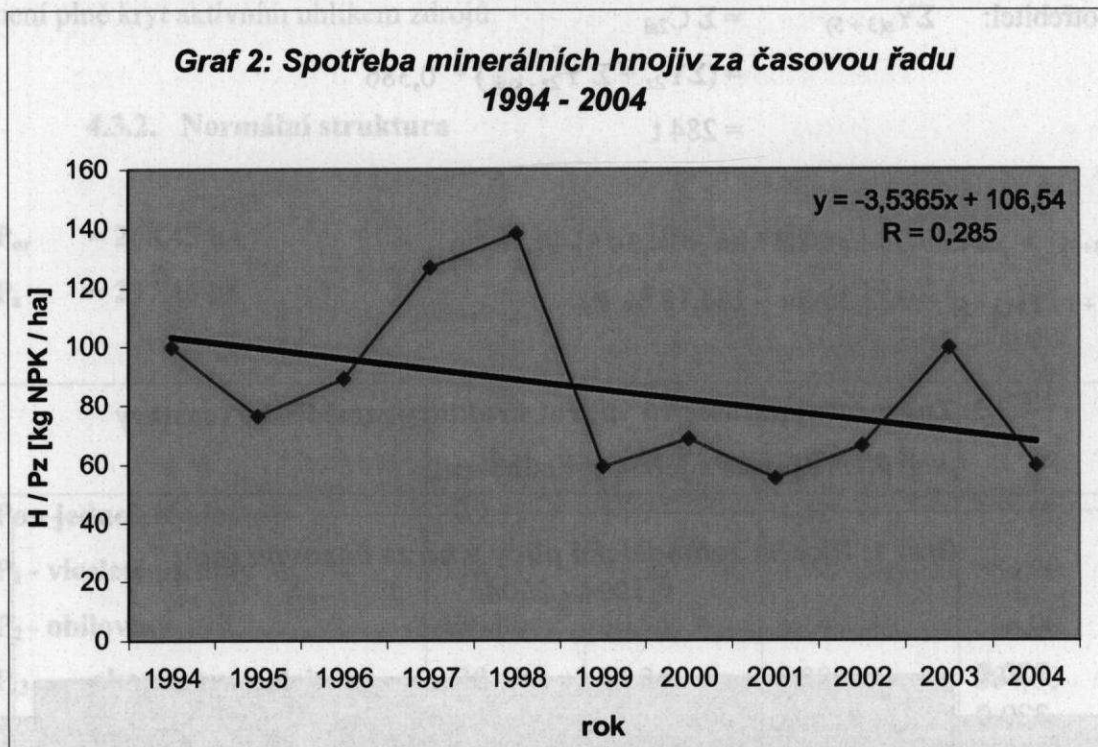
4.3.3. Znázornění parametrů vnitřní struktury zemědělské soustavy v grafické formě a jejich vyhodnocení

**Graf 1: Plocha zemědělské půdy v ha za časovou řadu
1994 - 2004**



	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Orná půda	293,5	273,5	270,0	256,1	272,8	279,5	264,1	274,0	273,6	244,2	247,2
Louky a pastviny	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Zemědělská půda	322,5	302,5	299,0	285,1	301,8	308,5	293,1	303,0	302,6	273,2	276,2

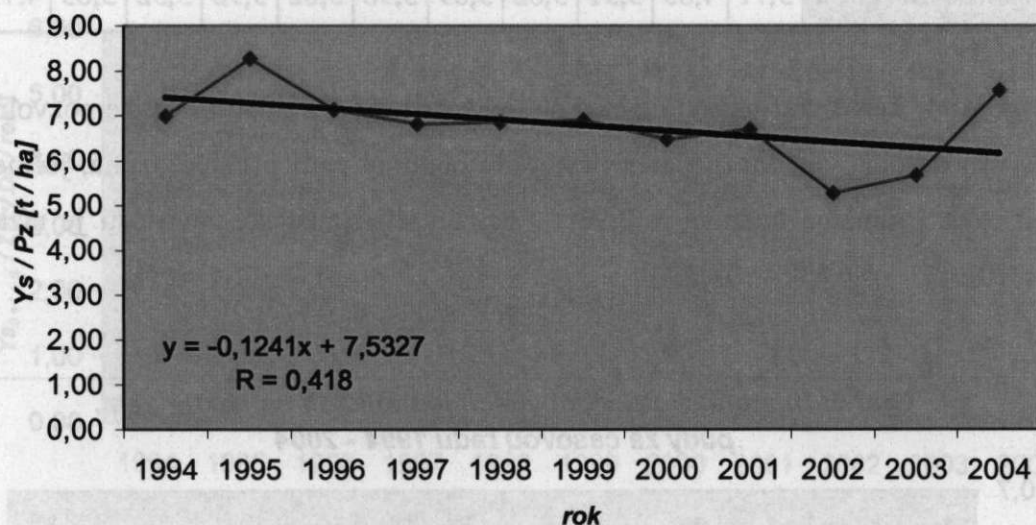
Počta Graf 1: Vykresluje plochu zemědělské půdy, tedy orné půdy, luk a pastvin. Je patrné, že výměra ŠS Poděbrady má lehce klesavou tendenci. Louky a pastviny jsou složkou konstantní, nemění se. Kolísá pouze výměra orné půdy. Výkyvy v ploše orné půdy jsou způsobeny nájemními vztahy mezi ŠS Poděbrady a fyzickými osobami. Stupeň statistické závislosti je střední ($r = 0,646$).



	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Výměra zem. půdy [ha]	293,5	273,5	270,0	256,1	272,8	279,5	264,1	274,0	273,6	244,2	247,2
NPK [t]	32,1	23,1	26,7	36,1	41,8	18,3	20,1	16,7	20,1	27,3	16,5
[kg / ha]	99,6	76,2	89,3	126,6	138,4	59,2	68,3	55,1	66,3	99,6	59,5

Graf 2: Tento graf vyjadřuje spotřebu minerálních hnojiv (NPK). Parametr H / P_z má celkově klesající tendenci. Tento pokles je způsoben zvyšující se cenou minerálních hnojiv a snahou nahradit chybějící hnojiva hnojivy statkovými. Stupeň statistické závislosti je nízký ($r = 0,285$).

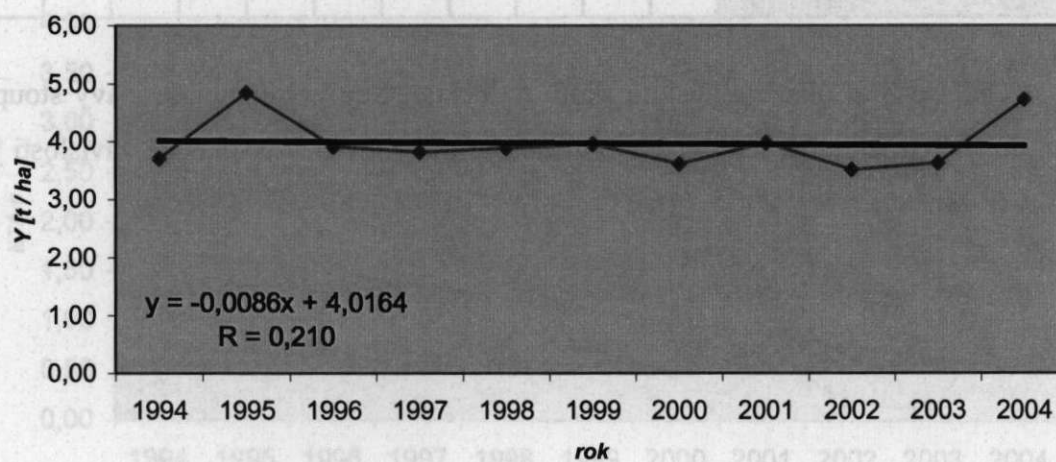
Graf 3: Výnos suché hmoty všech plodin za časovou řadu 1994 - 2004



	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Y_s / P_z [t / ha]	6,99	8,27	7,13	6,81	6,86	6,90	6,49	6,70	5,28	5,68	7,56

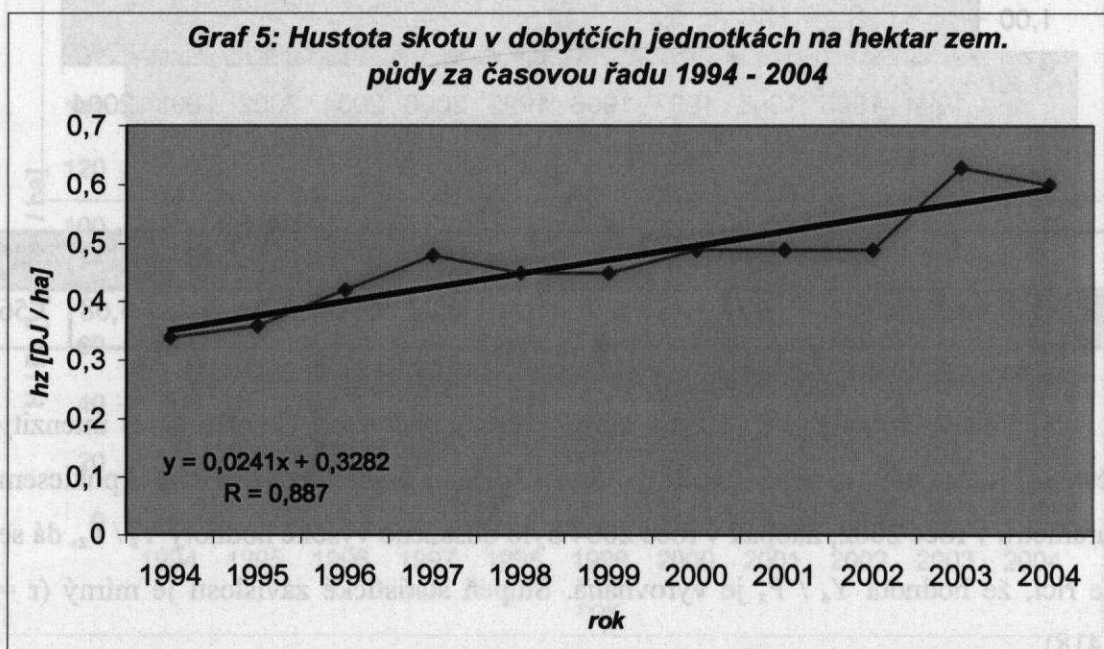
Graf 3: Parametr Y_s / P_z má mírně klesavý charakter. Udává pokles intenzity pěstovaných plodin v suché hmotě na hektar. Tento pokles byl zapříčiněn poklesem parametru v roce 2002, naopak v roce 2004 bylo dosaženo vysoké hodnoty Y_s / P_z , dá se ale říci, že hodnota Y_s / P_z je vyrovnaná. Stupeň statistické závislosti je mírný ($r = 0,418$).

Graf 4: Výnos obilovin za časovou řadu 1994 - 2004



	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Výnos obilovin [t / ha]	3,71	4,85	3,91	3,82	3,89	3,96	3,62	3,98	3,52	3,63	4,72

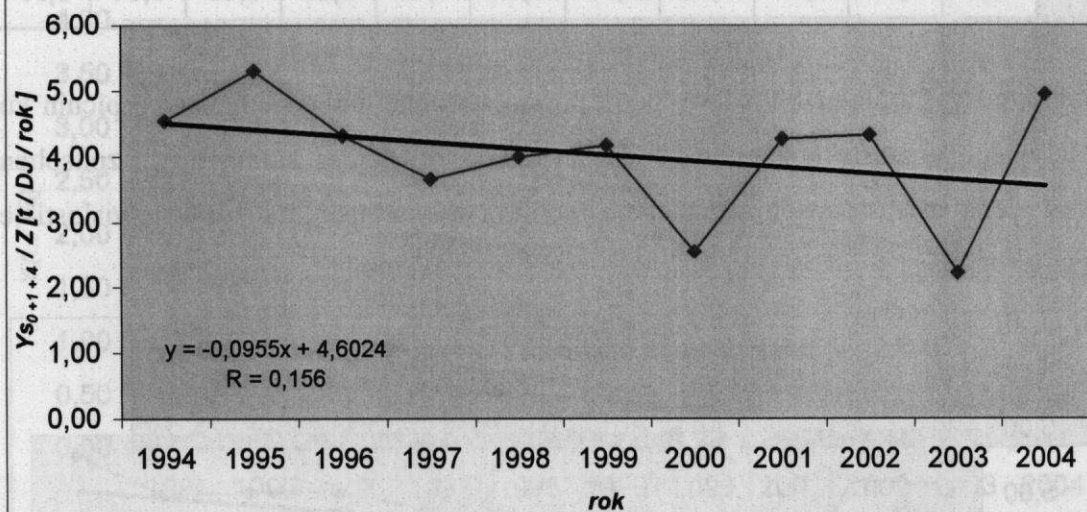
Graf 4: Tento graf ukazuje výnos obilovin na hektar. Je patrný velice pozvolný pokles výnosu obilovin. Mezi hlavní pěstované obilniny patří pšenice ozimá, ječmen jarní a oves. Průměrná hodnota je 3,96 t / ha. Stupeň statistické závislosti je nízký ($r = 0,210$).



	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Hustota skotu [DJ / rok / ha]	0,33	0,36	0,41	0,49	0,44	0,45	0,48	0,48	0,49	0,62	0,59

Graf 5: Graf ukazuje hustotu skotu na hektar. Se zvyšujícími se stavy stoupá počet dobytčích jednotek na výměru zemědělské půdy. Stupeň statistické závislosti je vysoký ($r = 0,887$).

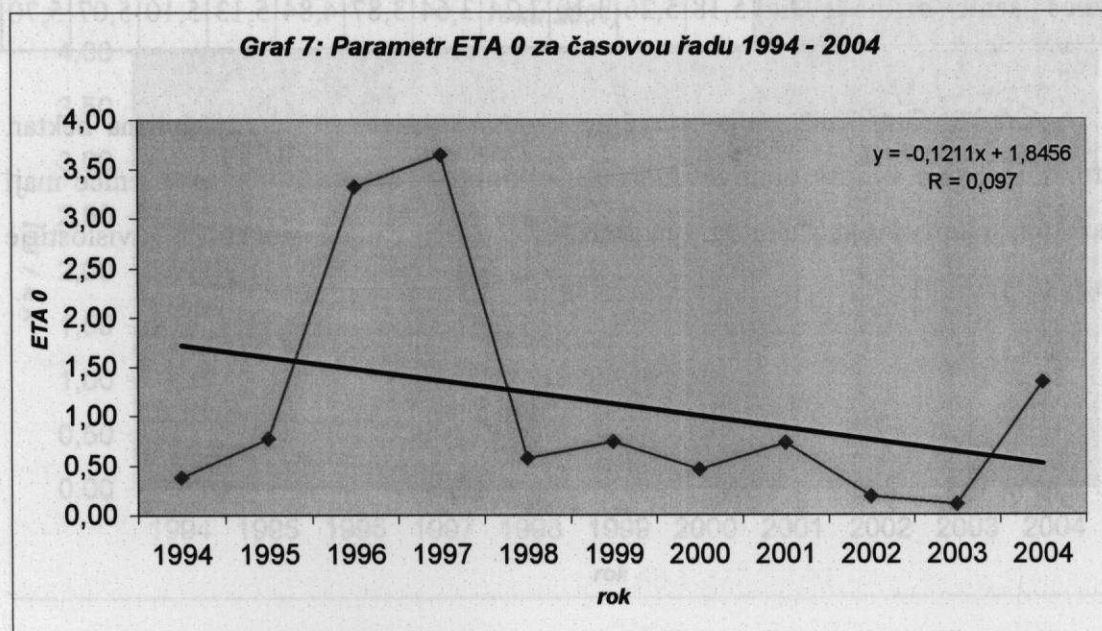
Graf 6: Krmné množství objemných krmiv pro skot za časovou řadu 1994 - 2004



	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Krmné množství [t / DJ / ha]	4,56	5,31	4,31	3,67	4,01	4,17	2,55	4,28	4,33	2,21	4,93

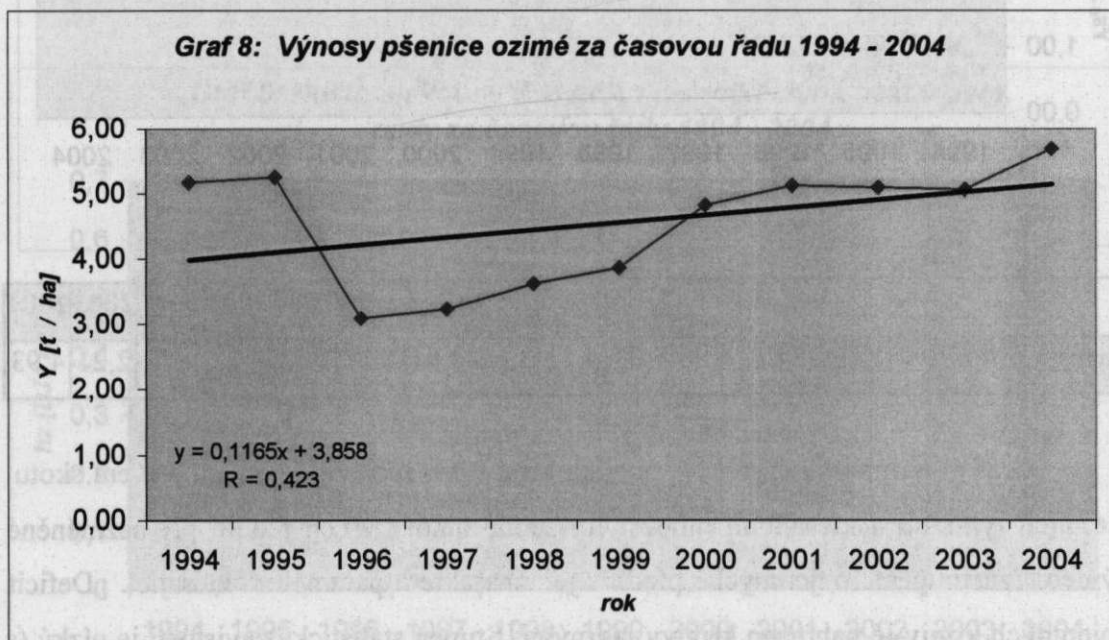
Graf 6: Krmné množství objemných krmiv pro skot. S rostoucím stavem skotu, klesající výměrou a klesajícím množstvím suché hmoty všech plodin při nezměněné výměře zastoupení objemných plodin je charakter parametru klesající. Deficit objemných krmiv je nahrazen krmivy jadřnými. Stupeň statistické závislosti je nízký ($r = 0,156$).

Graf 7: Parametr ETA 0 za časovou řadu 1994 - 2004



	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
ETA 0	0,39	0,78	3,33	3,64	0,57	0,74	0,46	0,73	0,18	0,10	1,33

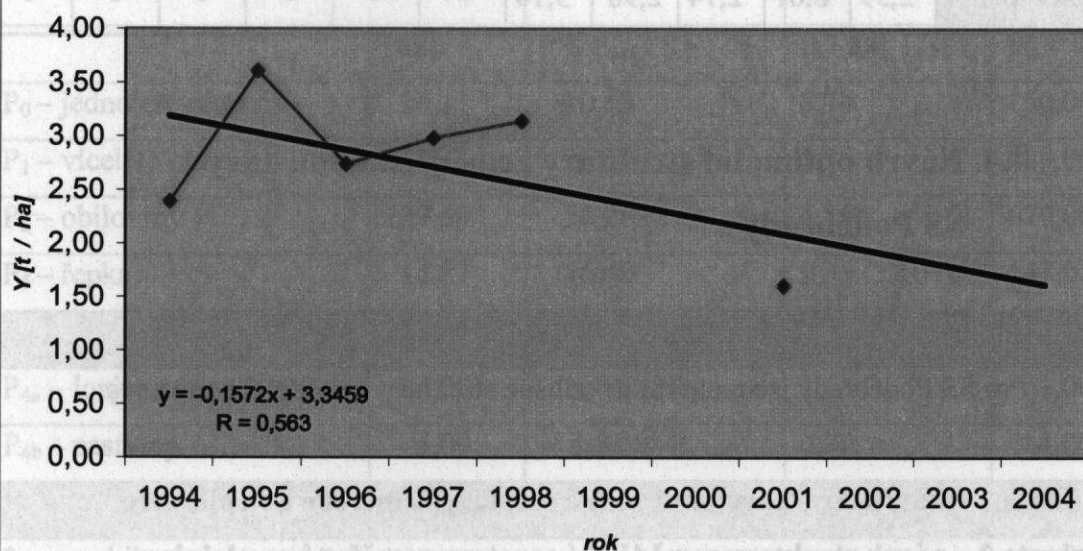
Graf 7: Parametr ETA 0, tj. podíl produkce suché hmoty jednoletých pícein ku víceletým píceinám a loukám, má klesající charakter. Pokles parametru je způsoben větším plošným zastoupením víceletých pícein a luk. Stupeň statistické závislosti je nízký ($r = 0,097$).



	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Výnos pšenice ozimé [t / ha]	5,18	5,26	3,10	3,24	3,64	3,87	4,84	5,13	5,10	5,07	5,70

Graf 8: Graf znázorňuje průměrné výnosy pšenice ozimé v tunách na hektar. Zatímco celkové výnosy obilovin měly spíše klesavý charakter, výnosy pšenice mají charakter stoupavý s průměrným výnosem 4,55 t / ha. Stupeň statistické závislosti je mírný ($r = 0,423$).

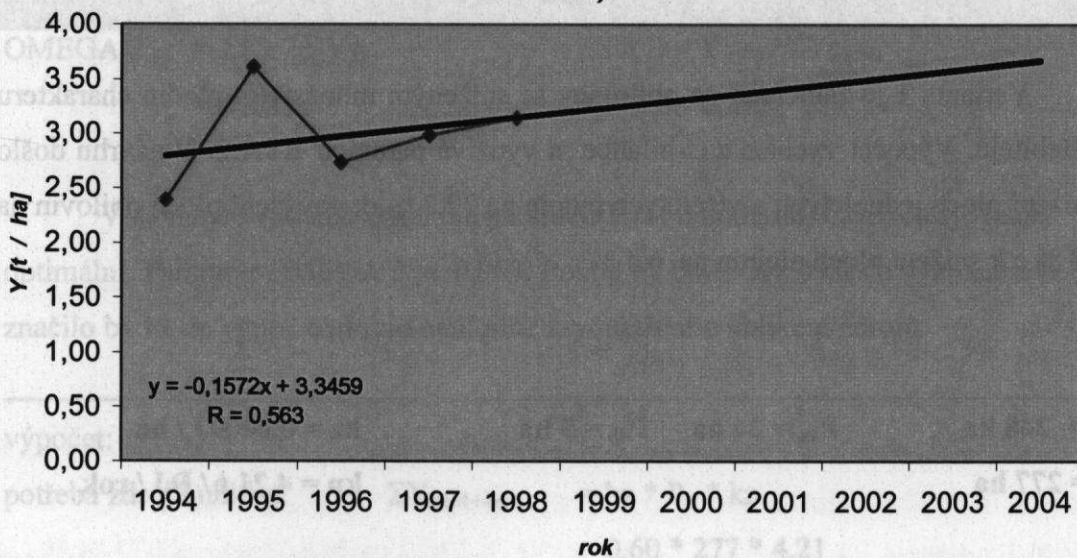
Graf 9: Výnosy řepky za časovou řadu 1994 - 2004



	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Výnos řepky [t / ha]	2,39	3,61	2,74	2,98	3,14	-	-	1,60	-	-	-

Graf 9: V případě řepky je celkový charakter klesavý, pokud bychom ale nebrali v potaz výnos z roku 2001, který byl značně nízký, došlo by k obrácení křivky (viz. graf 10). Stupeň statistické závislosti je střední ($r = 0,563$).

Graf 10: Výnosy řepky za časovou řadu 1994 - 2004 (bez výnosu z roku 2001)



	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Řepka [t/ha]	2,39	3,61	2,74	2,98	3,14	-	-	-	-	-	-

4.4. Návrh optimální struktury zemědělské soustavy

ŠS Poděbrady

Pro ŠS Poděbrady jsem navrhl tři odlišné struktury zemědělské soustavy:

Varianta 1 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na obiloviny

Varianta 2 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na olejninu

Varianta 3 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na produkci bioplynu

Při stanovení krmné normy jsem vycházel ze základního krmného množství (KUDRNA, 1987) 3,3 t objemné píce na 1 DJ a rok. K tomuto množství jsem dále připočítal 16 % ztrát, které vznikají při manipulaci a skladování krmiva. Dalších 10 % jsem přidal jako rezervu na kolísání výnosů. Jako základní krmnou normu jsme použili hodnotu 4,21 t / DJ / rok.

4.4.1. Varianta 1 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na obiloviny

Varianta 1 je zaměřena na obiloviny se sníženým množstvím plodin charakteru spotřebitelů. Výpočet vychází z C-bilance a využívá parametr ETA 2. V návrhu došlo k snížení ploch jednoletých a víceletých pícnin na 37,3 %, k navýšení ploch obilovin na 56,3 % a k snížení ploch olejnin na 6,4 %.

$P_{or} = 248 \text{ ha}$

$P_{4a} = 24 \text{ ha}$ $P_{4b} = 5 \text{ ha}$

$hz = 0,60 \text{ DJ / ha}$

$P_z = 277 \text{ ha}$

$kn = 4,21 \text{ t / DJ / rok}$

Návrh optimální struktury

	P	P	Y _s	ΣY _s
	[ha]	[% P _{or}]	[t / ha]	[t]
P ₀ – jednoleté pícniny	26,11	10,53	5,74	150,00
P ₁ – víceleté pícniny	66,44	26,79	7,36	489,00
P ₂ – obiloviny	139,58	56,28	4,80*	670,00*
P ₅ – řepka	15,87	6,40	9,30 (3,10*)	147,00
P_{or}	248,00	100,00		
P _{4a} – louky	24,00	8,66 % P _z	2,56	61,00
P _{4b} – pastviny	5,00	1,81 % P _z	0,80	4,00
P_z	277,00			

* zrno obilovin, semeno řepky

Dekompozice optimální struktury

Plodina	ΣY _s [t]	ΣCk [t]
ΣY _{s0} – jednoleté pícniny	150 * 0,386 * 0,785	45
ΣY _{s1} – víceleté pícniny	489 * 0,386 * 0,785	148
ΣY _{ri} – rhizomy	489 * 0,600 * 0,360	106
ΣY _{2z} – zrno obilovin	670 * 0,065	44
ΣY _{2sl} – sláma obilovin	670 * 1,270 * 0,386	328
ΣY _{s4a} – louky	61 * 0,386 * 0,785	18
Celkem		645

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

$$= 0,963$$

$$\text{ETA 0} = \Sigma Y_{s0} / \Sigma Y_{s1+4a}$$

$$= 0,273$$

V navržené variantě dosahuje parametr ETA 0 hodnotu 0,273, což je téměř optimální. Parametr OMEGA 2 je 0,963. Pokud by OMEGA 2 klesla významně pod 1, značilo by to, že výnos obilovin není plně kryt aktivním uhlíkem zdrojů

výpočet:

potřeba zdrojů uhlíku:

$$\Sigma Y_{s0+1+4a} = hz * P_z * kn$$

$$= 0,60 * 277 * 4,21$$

$$= 700 \text{ t}$$

podíl jednoletých pícnin

$$\begin{aligned} \Sigma Y_{s0} &= \Sigma Y_{s0+1+4a} * 0,215 & P_0 &= \Sigma Y_{s0} / Y_{s0} \Leftrightarrow \mathbf{26,11 \text{ ha} \sim 10,53 \% P_{or}} \\ &= 150 \text{ t} \end{aligned}$$

podíl víceletých pícnin

$$\begin{aligned} \Sigma Y_{s1} &= \Sigma Y_{s0+1+4a} - \Sigma Y_{s0} - Y_{s4a} & \Sigma Y_{s4a} &= P_{4a} * Y_{s4a} \\ &= 489 \text{ t} & &= 61 \text{ t} \end{aligned}$$

$$P_1 = \Sigma Y_{s1} / Y_{s1} \Leftrightarrow \mathbf{66,44 \text{ ha} \sim 26,79 \% P_{or}}$$

obiloviny: $\Sigma Y_{2z} = \Sigma Y_{s0+1+4a} : C_2^P \Leftrightarrow 487$

teoretický výpočet podle schématu C – bilance: výpočet ΣY_{2z} přes ETA 2

$$\begin{aligned} \text{ETA2} &= \Sigma Y_{2z} / \Sigma Y_{s0+1+ri+4a} & \Sigma Y_{2z} &= \Sigma Y_{s0+1+4a} * \text{ETA 2} \\ &= 0,822 & &= 817 \text{ t} \end{aligned}$$

průměrná hodnota bude tedy $(\Sigma Y_{2z}$ podle $C_2^P + \Sigma Y_{2z}$ podle ETA 2) / 2
 $(487 + 817) / 2 = 652 \text{ t}$

počítáme-li, že přírůstek výnosů odpovídá polovičnímu navýšení zdrojů:

$$\begin{aligned} \text{skutečná hodnota analyzované časové řady} & \Sigma Y_{s0+1+ri+4a} / P_{or} = 2,563 \\ \text{navrhovaná soustava s využitím hodnoty ETA 2} & \Sigma Y_{s0+1+ri+4a} / P_{or} = 4,006 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{průměr soustav:} & \Sigma Y_{s0+1+ri+4a} / P_{or} = 3,284 \\ & \Sigma Y_{2z} \text{ (vypočítaná)} = 817 * 3,284 / 4,006 \\ & = 670 \text{ t} \end{aligned}$$

podle rozdělení četností lze počítat: $\Sigma Y_{2z} = 4,17 \text{ t / ha}$ (četnost 7 / 11 = 63,63%)

$$P_2 = 670 / 4,17 \Leftrightarrow \mathbf{160,63 \text{ ha} \sim 64,77 \% P_{or}}$$

$$P_{0+1+2} = 10,53 + 26,79 + 64,77 \Leftrightarrow \mathbf{102,10 \%}$$

$$\Sigma Y_{2z} = 4,30 \text{ t / ha} \quad (\text{četnost } 5 / 11 = 45,45 \%)$$

$$P_2 = 670 / 4,30 \Leftrightarrow \mathbf{155,81 \text{ ha}} \sim \mathbf{62,83 \% P_{or}}$$

$$P_{0+1+2} = 10,53 + 26,79 + 62,83 \Leftrightarrow \mathbf{100,15 \%}$$

výpočet výnosu při: $P_2 \text{ } 55 \% P_{or} = 136,4 \text{ ha}$

$$\Sigma Y_{2z} = 670 / 136,4 \Leftrightarrow 4,91 \text{ t / ha} \quad (Y_{2z} \text{ může být max. } 4,85)$$

Budeme tedy předpokládat, že díky navýšení zdrojů vzniknou podmínky pro stabilizaci na vyšší hladině \Rightarrow předpokládáme také zvýšení minerálního hnojení, které by tomu odpovídalo.

$$\Sigma Y_{2z} = 4,80 \text{ t / ha} \quad (\text{četnost } 2 / 11 = 18,88 \%)$$

$$P_2 = 670 / 4,80 \Leftrightarrow \mathbf{139,58 \text{ ha}} \sim \mathbf{56,28 \% P_{or}}$$

$$P_{0+1+2} = 10,53 + 26,79 + 56,28 \Leftrightarrow \mathbf{93,60 \% P_{or}}$$

na spotřebitele zbývá: $100,00 - 93,60 = \mathbf{6,4 \%} \sim \mathbf{15,87 \text{ ha}}$

$$\text{výpočty pro slunečnici: } \Sigma Y_{s5} = \Sigma C_{2sl} = 670 * 1,27 * 0,386 \Leftrightarrow 328$$

slunečnice byla pěstována v posledních dvou letech, výnosy jsou si velmi blízké \Rightarrow

$$\text{použijeme } Y_{s5 \text{ slun. max.}} = 2,26 * 3,2 = 7,23 \text{ t / ha}$$

$$\text{slunečnice využije z uhlíku obilovin: } \Sigma Y_{s5} = (15,87 * 7,23) / 328 \Leftrightarrow \mathbf{0,350} \sim \mathbf{35,0 \%}$$

4.4.2. Varianta 2 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na olejniny

Varianta 2a – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na řepku

Odvozeno z varianty 1. Varianta 2a počítá s maximálním zatížením soustavy řepkou, tj. 12,5 % P_{or} , a dále počítá s tím, že řepka se chová jako spotřebitel. Plochy

jednoletých a víceletých píceňů zůstaly obdobné jako u varianty 1, tedy 37,3 %, u obilovin došlo ke snížení ploch na 50,2 %.

Návrh optimální struktury

	P	P	Y_s	ΣY_s
	[ha]	[% P _{or}]	[t / ha]	[t]
P ₀ – jednoleté pícniny	26,11	10,53	5,74	150,00
P ₁ – víceleté pícniny	66,44	26,79	7,36	489,00
P ₂ – obiloviny	124,45	50,18	4,80*	597,00*
P ₅ – řepka	31,00	12,50	9,30 (3,10*)	288,00
P_{or}	248,00	100,00		
P _{4a} – louky	24,00	8,66 % P _z	2,56	61,00
P _{4b} – pastviny	5,00	1,81 % P _z	0,80	4,00
P_z	277,00			

* zrno obilovin, semeno řepky

Dekompozice optimální struktury

Plodina	ΣY_s [t]	ΣCk [t]
ΣY _{s0} – jednoleté pícniny	150 * 0,386 * 0,785	45
ΣY _{s1} – víceleté pícniny	489 * 0,386 * 0,785	148
ΣY _{ri} – rhizomy	489 * 0,600 * 0,360	106
ΣY _{2z} – zrno obilovin	597 * 0,065	39
ΣY _{2sl} – sláma obilovin	597 * 1,270 * 0,386	293
ΣY _{s4a} – louky	61 * 0,386 * 0,785	18
Celkem		610

$$\begin{aligned} \text{OMEGA } 2 &= \Sigma Ck / \Sigma Y_{2z} \\ &= 1,022 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ETA } 0 &= \Sigma Y_{s0} / \Sigma Y_{s1+4a} \\ &= 0,273 \end{aligned}$$

výpočet:

Počítejme se zastoupením řepky v rozsahu 12,5 %, a berme ji jako plného spotřebitele.

Při započítání celé suché hmoty $(3 * 0,386) = 1,158$

Při započítání semena a slámy zvlášť $(1 * 0,065) + (2 * 0,386) = 0,837$

Poměr $0,837 / 1,158 = 0,723$

$P_{5 \text{ řepka}} = 12,5 \% \sim 31 \text{ ha}$

$\Sigma Y_{s5 \text{ řepka}} = 288 \text{ t}$ (četnost 4/6 = 66,6%)

$P_{0+1+5a} = 123,56 \text{ ha} \sim 49,82 \% P_{or}$ $P_2 = 100 - 49,82 \Leftrightarrow 50,18 \% P_{or} \sim 124,45 \text{ ha}$

$\Sigma Y_{2z (4,80 \text{ t / ha})} = 124,45 * 4,80$
 $= 597 \text{ t}$

$\Sigma C_{2sl.} = 1,27 * 597 * 0,386$
 $= 293 \text{ t}$

Varianta 2b – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na slunečnici

Zcela se shoduje s variantou 2a, pouze řepka byla nahrazena slunečnicí, a to ve stejném plošném rozsahu.

$P_{5 \text{ slunečnice}} = 12,5\% P_{or} \sim 31 \text{ ha}$

$\Sigma Y_{s5 \text{ slunečnice}} = 224 \text{ t}$

Návrh optimální struktury

	P	P	Y_s	ΣY_s
	[ha]	[% P_{or}]	[t / ha]	[t]
P ₀ – jednoleté pícniny	26,11	10,53	5,74	150,00
P ₁ – víceleté pícniny	66,44	26,79	7,36	489,00
P ₂ – obiloviny	124,45	50,18	4,80*	597,00*
P ₅ – slunečnice	31,00	12,50	7,23 (2,26*)	224,00
P_{or}	248,00	100,00		
P _{4a} – louky	24,00	8,66 % P _z	2,56	61,00
P _{4b} – pastviny	5,00	1,81 % P _z	0,80	4,00
P_z	277,00			

* zrno obilovin, semeno slunečnice

Dekompozice optimální struktury

Plodina	ΣY_s [t]	ΣCk [t]
ΣY_{s0} – jednoleté pícniny	$150 * 0,386 * 0,785$	45
ΣY_{s1} – víceleté pícniny	$489 * 0,386 * 0,785$	148
ΣY_{ri} – rhizomy	$489 * 0,600 * 0,360$	106
ΣY_{2z} – zrno obilovin	$597 * 0,065$	39
ΣY_{2sl} – sláma obilovin	$597 * 1,270 * 0,386$	293
ΣY_{s4a} – louky	$61 * 0,386 * 0,785$	18
Celkem		610

$$\begin{aligned} \text{OMEGA 2} &= \Sigma Ck / \Sigma Y_{2z} \\ &= \mathbf{1,022} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ETA 0} &= \Sigma Y_{s0} / \Sigma Y_{s1+4a} \\ &= \mathbf{0,273} \end{aligned}$$

Parametr OMEGA 2 je u varianty 2a i 2b větší než 1, což značí, že výnos zrna obilovin je plně kryt aktivním uhlíkem zdrojů. Hodnota ETA 0 zůstala nezměněna. Jako perspektivnější se však jeví z pohledu rentability varianta 2a zaměřená na řepku.

4.4.3. Varianta 3 – návrh struktury zemědělské soustavy zaměřené na produkci bioplynu

Varianta 3a

Plocha jednoletých a víceletých pícnin je 45 %, obilovin činí 50 %, zbývajících 5 % tvoří olejniny. Došlo k navýšení zdrojů uhlíku oproti variantě 1, naopak spotřebitelé byly utlumeny.

$$P_{0+1} = 45\% \quad P_2 = 50\% \quad P_5 = 5\%$$

$$kn = 4,21 \text{ t / DJ / rok}$$

Struktura – základní část zemědělské soustavy

	P	P	Y_s	ΣY_s
	[ha]	[% P_{or}]	[t / ha]	[t]
P_0 – jednoleté pícniny	26,11	10,53	5,74	150,00
P_1 – víceleté pícniny	66,44	26,79	7,36	489,00
P_2 – obiloviny	124,00	50,00	4,80*	595,00*

P ₅ – slunečnice	12,40	5,00	7,23 (2,26*)	90,00
P_{or}	228,95	92,32		
P _{4a} – louky	24,00	8,66 % P _Z	2,56	61,00
P _{4b} – pastviny	5,00	1,81 % P _Z	0,80	4,00
P_Z	257,95			

* zrna obilovin, semeno slunečnice

Struktura – část zemědělské soustavy pro bioplyn

	P	P	Y_s	ΣY_s
	[ha]	[% P_{or}]	[t / ha]	[t]
P ₀ – jednoleté pícniny	4,95	2,00	5,74	28,40
P ₁ – víceleté pícniny	14,10	5,68	7,36	103,8
P_{or}	19,05	7,68		

$$\Sigma Z_{kn=4,21} = \Sigma Y_{s0+1+4a} / kn \Leftrightarrow 197,62 \text{ DJ} \quad \Sigma Z_{\text{bioplyn - navýšení}} = \Sigma Y_{s0+1} / kn \Leftrightarrow \mathbf{31,40 \text{ DJ}}$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = 197,62 - 166,22 \Leftrightarrow 31,40 \text{ DJ}$$

Při navýšení stavu skotu o 31,40 DJ nepřipadá v úvahu založení (výstavba) nové bioplynové stanice. Například ŠOCH (1996) uvádí jako spodní hranici rentabilní výroby bioplynu 500 DJ při bezstelivovém provozu a 100 DJ při provozu stelivovém.

Varianta 3b

Celková plošná struktura zcela odpovídá variantě 3a, včetně výnosů a sklizní. Mění se pouze ΣZ, předpokladem je snížení ztrát a zvýšení kvality objemných krmiv.

$$P_{0+1} = 45\% \quad P_2 = 50\% \quad P_5 = 5\% \quad kn = 3,83 \text{ t / DJ / rok}$$

Struktura – základní část zemědělské soustavy

	P	P	Y_s	ΣY_s
	[ha]	[% P_{or}]	[t / ha]	[t]
P ₀ – jednoleté pícniny	23,74	9,58	5,74	136,00
P ₁ – víceleté pícniny	59,75	24,09	7,36	440,00
P ₂ – obiloviny	124,00	50,00	4,80*	595,00*

P ₅ – slunečnice	12,40	5,00	7,23 (2,26*)	90,00
P_{or}	219,89	88,67		
P _{4a} – louky	24,00	8,66 % P _z	2,56	61,00
P _{4b} – pastviny	5,00	1,81 % P _z	0,80	4,00
P_z	248,89			

* zrno obilovin, semeno slunečnice

Struktura – část zemědělské soustavy pro bioplyn

	P	P	Y_s	ΣY_s
	[ha]	[% P_{or}]	[t / ha]	[t]
P ₀ – jednoleté pícniny	7,32	2,95	5,74	42,00
P ₁ – víceleté pícniny	20,79	8,38	7,36	153,00
P_{or}	28,11	11,33		

$$\Sigma Z_{kn=3,83} = \Sigma Y_{s0+1+4a} / kn \Leftrightarrow 217,25 \text{ DJ}$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn} - \text{navýšení}} = \Sigma Y_{s0+1} / kn \Leftrightarrow 51,03 \text{ DJ}$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = 217,25 - 166,22 \Leftrightarrow 51,03 \text{ DJ}$$

Při navýšení stavů skotu o 51,03 DJ nepřipadá podle ŠOCHA (1996) v úvahu založení nové bioplynové stanice. Podle VEČEŘE (1985) jsme touto hodnotou překročili spodní hranici pro rentabilní produkci bioplynu.

Varianta 3c

Celková plošná struktura zcela odpovídá variantě 3a a 3b, Y_{s0} a Y_{s1} se blíží Y_{s0 max} a Y_{s1 max}.

$$kn = 3,83 \text{ t / DJ / rok}$$

$$Y_{s1 \text{ max. z četností } 2/9 (22,2\%)} = 8,00 \text{ t / ha}$$

$$Y_{s0 \text{ max. z četností } 2/9 (22,2\%)} = 6,80 \text{ t / ha}$$

Návrh optimální struktury – základní část

	P	P	Y_s	ΣY_s
	[ha]	[% P_{or}]	[t / ha]	[t]
P ₀ – jednoleté pícniny	20,13	8,12	6,80	137,00
P ₁ – víceleté pícniny	54,88	22,13	8,00	439,00

P ₂ – obiloviny	85,89	34,63	4,80*	412,00*
P ₅ – řepka	12,40	5,00	9,30 (3,10*)	115,00
P_{or}	173,30	69,88		
P _{4a} – louky	24,00	8,66 % P _z	2,56	61,00
P _{4b} – pastviny	5,00	1,81 % P _z	0,80	4,00
P_z	277,00			

* zrno obilovin, semeno řepky

Návrh optimální struktury – část pro bioplyn

	P	P	Y_s	ΣY_s
	[ha]	[% P_{or}]	[t / ha]	[t]
P ₀ – jednoleté pícniny	8,93	3,60	6,80	61
P ₁ – víceleté pícniny	27,66	11,15	8,00	221
P ₂ – obiloviny	38,11	15,37	4,80*	183*
P_{or}	74,70	30,12		

* zrno obilovin

$$Z_{kn=3,83} = \Sigma Y_{s0+1+4a} / kn \Leftrightarrow 239,95 \text{ DJ}$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn - navýšení}} = \Sigma Y_{s0+1} / kn \Leftrightarrow 73,75 \text{ DJ}$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = 239,25 - 166,22 \Leftrightarrow 73,75 \text{ DJ}$$

Dekompozice optimální struktury

Plodina	ΣY_s [t]	ΣCk [t]
ΣY _{s0} – bioplyn – jednoleté pícniny	61 * 0,386 * 0,785	-
ΣY _{s1} – bioplyn – víceleté pícniny	221 * 0,386 * 0,785	-
ΣY _{ri} – bioplyn – rhizomy	221 * 0,600 * 0,360	48
ΣY _{2z} – bioplyn – zrno obilovin	183 * 0,065	12
ΣY _{2sl} – bioplyn – sláma obilovin	183 * 1,270 * 0,386	-
ΣY _{s0} – základní – jednoleté pícniny	137 * 0,386 * 0,785	42
ΣY _{s1} – základní – víceleté pícniny	439 * 0,386 * 0,785	133
ΣY _{ri} – základní – rhizomy	439 * 0,600 * 0,360	95
ΣY _{2z} – základní – zrno obilovin	412 * 0,065	27
ΣY _{2sl} – základní – sláma obilovin	412 * 1,270 * 0,386	202
ΣY _{s4a} – základní – louky	61 * 0,386 * 0,785	18
Celkem		538

$$\begin{aligned} \text{OMEGA } 2 &= \Sigma C_k / \Sigma Y_{2z} \\ &= \mathbf{0,904} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ETA } 0 &= \Sigma Y_{s0} / \Sigma Y_{s1+4a} \\ &= \mathbf{0,276} \end{aligned}$$

Navýšení stavu skotu o 73,75 DJ výrazně překračuje dolní hranici, při které VEČEŘ (1985) uvažuje s možností založení bioplynové stanice. Zároveň se přibližuje i hranici uvedené ŠOCHEM (1996), tj. 100 DJ při stelivovém provozu. Tato varianta se jeví jako jediná použitelná s ohledem na rentabilitu výroby bioplynu. Parametr ETA 0 zůstává v optimální hladině. Parametr OMEGA 2 klesl pod optimální hodnotu 1, jeho hodnota je 0,904. Pokud by OMEGA 2 klesla významně pod 1, značilo by to, že výnos obilovin není plně kryt aktivním uhlíkem zdrojů.

výpočet:

S produkcí bioplynu počítáme pro stelivový provoz u skotu, kde stelivem je sláma obilovin. Rozdělíme proto P_2 na část základní a část pro bioplyn (úměrně ΣZ v obou částech).

$$P_2 = P_2 \text{ základní} + P_2 \text{ bioplyn}$$

$$\Sigma Z = \Sigma_2 \text{ základní} + \Sigma_2 \text{ bioplyn}$$

$$239,95 = 166,20 + 73,75$$

$$P_2 = 50 \% P_{or} \sim 124,00 \text{ ha}$$

$$Y_{2z} = 4,80^* \text{ t / ha}$$

$$P_5 \text{ řepka} = 5 \% P_{or} \sim 12,40 \text{ ha}$$

$$Y_{s5 \text{ řepka}} = 9,30 (3,10^*) \text{ t / ha}$$

$$P_{(0+1)} \text{ zůstatek} = 100 - (50 + 5) \Leftrightarrow \mathbf{45 \% P_{or} \sim 111,6 \text{ ha}}$$

$$P_0 \text{ základní} = 137 / 6,80 \Leftrightarrow \mathbf{20,13 \text{ ha} \sim 8,12 \% P_{or}}$$

$$P_0 \text{ bioplyn} = 61 / 6,80 \Leftrightarrow \mathbf{8,93 \text{ ha} \sim 3,60 \% P_{or}}$$

$$P_1 \text{ základní} = 439 / 8,00 \Leftrightarrow \mathbf{54,88 \text{ ha} \sim 22,13 \% P_{or}}$$

$$P_1 \text{ základní} = 221 / 8,00 \Leftrightarrow \mathbf{27,66 \text{ ha} \sim 11,15 \% P_{or}}$$

$$P_2 \text{ základní} = 124 * (166,2 / 239,95) \Leftrightarrow \mathbf{85,9 \text{ ha} \sim 34,63 \% P_{or}}$$

$$P_2 \text{ bioplyn} = 124 * (73,75 / 239,95) \Leftrightarrow \mathbf{38,1 \text{ ha} \sim 15,37 \% P_{or}}$$

$$\Sigma Z_{kn=3,83} = Y_{s0+1+4a} / kn$$

$$= 239,95 \text{ DJ}$$

$$\Sigma Z_{\text{bioplyn}} = 239,95 - 166,20$$

$$= 73,75 \text{ DJ} \sim \Sigma Z \text{ bioplyn}$$

4.5. Ekonomické vyhodnocení

4.5.1. Výpočet ΣY_{2z} pro etanol v jednotlivých návrzích

Prodej %	Plodina	2001 [t]	2002 [t]	2003 [t]	2004 [t]	$\Sigma Y_{2z} / 4$ [t]	$\Sigma Y_{2z} / 4$ - prodané [t]
32,6	Pšenice ozimá	308	130	105	207	187,5	61,12
95,9	Ječmen jarní	55	55	44	84	59,5	57,10
20,7	Oves	12	8	62	84	41,5	8,60
100,0	Kukuřice – zrno	95	-	42	-	34,2	34,20

Roční prodej $\Sigma Y_{2z} - \text{prodej} = 126,77 \text{ t}$

Krmivo %	Plodina	2001 [t]	2002 [t]	2003 [t]	2004 [t]	$\Sigma Y_{2z} / 4$ [t]	$\Sigma Y_{2z} / 4$ - zkrmené [t]
67,4	Pšenice ozimá	308	130	105	207	187,5	126,40
4,1	Ječmen jarní	55	55	44	84	59,5	2,4
79,3	Oves	12	8	62	84	41,5	32,9
100,0	Pšenice jarní	-	142	127	122	97,8	97,80
100,0	Ječmen ozimý	76	85	34	96	72,8	72,80

Roční zkrmené množství $\Sigma Y_{2z} - \text{krmivo} = 332,3 \text{ t}$

2001 [DJ]	2002 [DJ]	2003 [DJ]	2004 [DJ]	DJ / 4 [DJ]
147	147	172	165	157,8

Roční zkrmené množství $\Sigma Y_{2z} - \text{krmivo}$ na 1 DJ = $332,3 / 157,8 \text{ t}$

= $2,106 \text{ t} / \text{DJ} \sim 5,77 \text{ kg} / \text{den}$

$P_{or} - 2001$ [ha]	$P_{or} - 2001$ [ha]	$P_{or} - 2003$ [ha]	$P_{or} - 2004$ [ha]	$P_{or} / 4$ [P_{or}] [ha]
274	274	245	248	260,25

P_{or} návrhu = 248 ha

Roční prodej v návrhu ΣY_{2z} - prodej = 126,77 t

Roční prodej ΣY_{2z} bez kukuřice na zrna, snížený úměrně snížení P_{or}

$126,77 * (248 / 260,25) = 120,80$ t / ha

Roční prodej včetně ΣY_{2z} kukuřice na zrna, snížený úměrně snížení P_{or}

$126,77 + 34,2 = 161,02$ t

$161,02 * (248 / 260,25) = 153,44$ t / ha

P_{or} návrhu = 248 ha

Roční prodej v návrhu ΣY_{2z} - prodej = 153,44 t

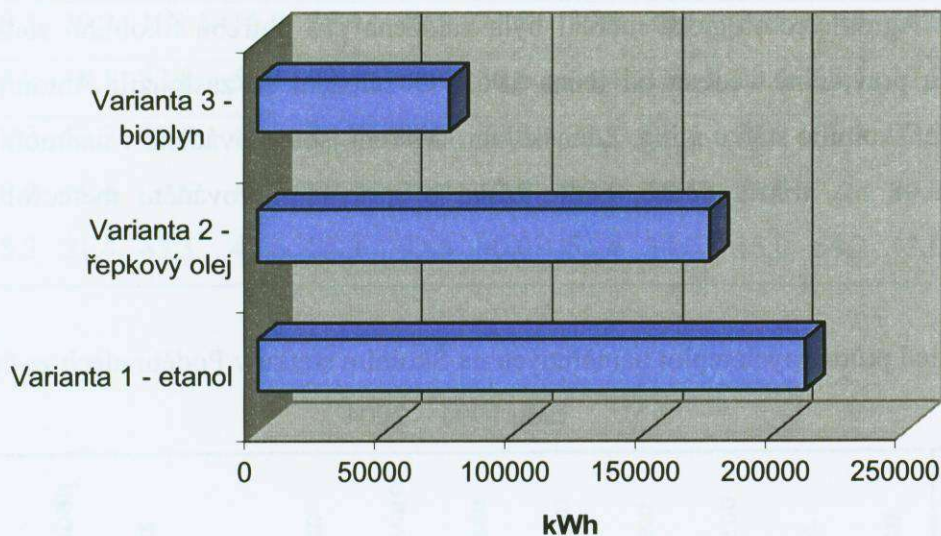
Výpočet produkce ΣY_{2z} pro etanol

	ΣY_{2z} - návrh [t]	ΣY_{2z} - prodej [t]	ΣY_{2z} - krmení (DJ / t / rok) [t]	ΣY_{2z} etanol [t]
Varianta 1:	670	153,44	350,02	166,54
Varianta 2:	597	153,44	350,02	93,54
Varianta 3:	595	89,67	505,33	0,00

4.5.2. Produkce energie v kWh v jednotlivých návrzích

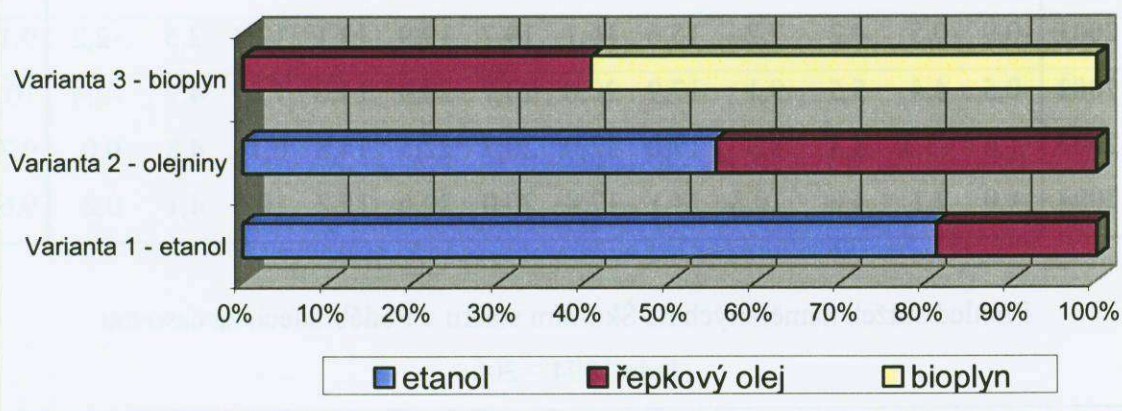
	ΣY_{2z}		ΣY_{5z}		Σ Bioplyn		Energie celkem
	t	kWh	t	kWh	DJ	kWh	kWh
Varianta 1	166,5	170325	49,2	39675	-	-	210000
Varianta 2	93,5	95648	96,1	77495	-	-	173143
Varianta 3	-	-	38,4	30966	73	42463	73429

Produkce energie podle jednotlivých variant



Z grafu je patrné, že varianta 1, tj. na produkci etanolu z obilovin má relativně největší energetický zisk. Naopak nejmenší relativní zisk energie lze pak očekávat u varianty 3 na produkci bioplynu z odpadů vzniklých v chovu skotu.

Podíl jednotlivých zdrojů na celkové energii



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

4.6. Termodynamické podmínky vzniku maximálních výnosů plodin

Agrometeorologická měření byla založena pro potřebu Školního statku v září 1962 a pravidelně vedena od ledna 1963. O založení se zasloužili Antonín Horák, vedoucí školního statku a ing. Zdeněk Jahn. Měření jsou prováděna v nadmořské výšce 180 m n. m., třikrát denně, podle zásad o správném provádění meteorologických měření.

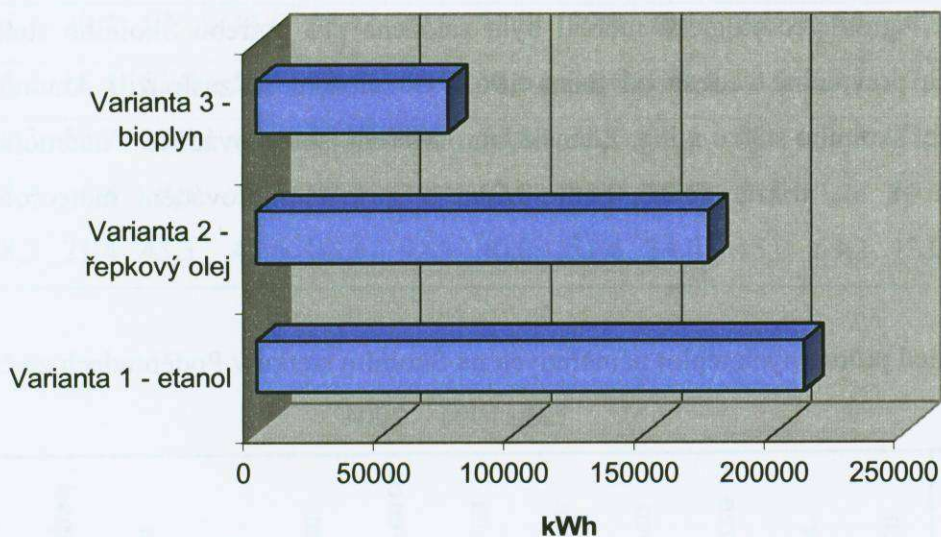
Přehled průměrných teplot naměřených na Školním statku v Poděbradech za časovou řadu 1994 – 2004

	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	pr. roční	pr. IV-IX
1994	2,7	0,1	7,1	10,3	15,1	19,4	23,8	21,7	15,8	7,9	6,4	1,9	11,1	17,7
1995	-0,4	5,2	4,3	10,3	14,3	17,4	23,1	20,5	14,7	12,7	1,9	-1,4	10,2	16,7
1996	-3,6	-3,2	0,8	9,4	13,5	17,5	17,1	18,3	11,3	10,3	5,4	-3,7	7,8	14,6
1997	-3,7	2,8	4,8	7,0	15,0	17,5	18,0	19,8	14,9	7,6	3,5	1,9	9,1	15,4
1998	1,6	4,0	4,7	11,3	15,5	18,4	19,0	18,8	13,9	9,6	1,5	-0,5	9,8	16,2
1999	0,6	-0,9	5,6	10,1	15,1	17,1	20,7	18,9	18,0	9,4	2,1	0,7	9,8	16,7
2000	-1,3	3,6	4,9	13,2	17,5	20,0	17,6	21,1	14,8	11,4	5,3	1,4	10,8	17,4
2001	-0,9	0,5	4,2	7,2	15,6	16,1	19,7	19,9	13,1	12,3	2,5	-2,2	9,1	15,3
2002	-0,5	4,4	5,5	9,1	17,9	20,0	20,7	20,9	14,0	7,8	4,7	-2,4	10,2	17,2
2003	-1,6	-3,7	4,4	8,9	17,0	22,0	20,7	22,5	14,8	6,1	4,8	0,0	9,7	17,7
2004	-4,0	2,1	4,0	10,8	14,1	17,8	20,0	20,6	15,2	10,0	4,1	0,2	9,6	14,1

Přehled srážek naměřených na Školním statku v Poděbradech za časovou řadu 1994 – 2004

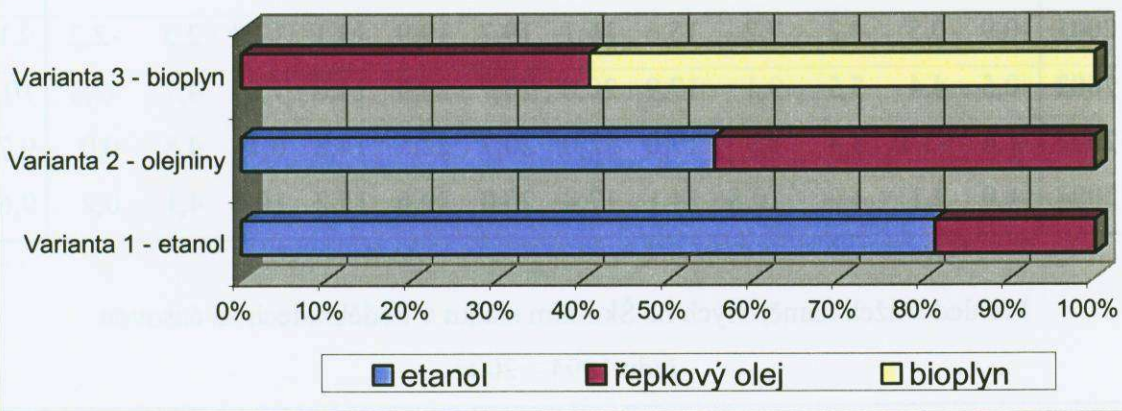
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	celkem	IV-IX
1994	49,4	10,5	66,1	31,9	71,2	20,3	41,8	79,1	51,9	26,8	30,4	66,1	545,5	296,2
1995	46,2	35,6	29,7	42,0	127,1	79,0	68,6	56,5	124,4	8,0	29,0	29,0	675,1	497,6
1996	7,0	12,1	22,4	12,1	149,3	87,4	89,3	76,6	39,7	36,0	25,3	25,0	582,2	454,4
1997	15,8	29,4	26,2	31,1	33,0	93,0	166,6	78,7	28,7	31,1	21,2	40,3	595,1	431,1

Produkce energie podle jednotlivých variant



Z grafu je patrné, že varianta 1, tj. na produkci etanolu z obilovin má relativně největší energetický zisk. Naopak nejmenší relativní zisk energie lze pak očekávat u varianty 3 na produkci bioplynu z odpadů vzniklých v chovu skotu.

Podíl jednotlivých zdrojů na celkové energii



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

4.6. Termodynamické podmínky vzniku maximálních výnosů plodin

Agrometeorologická měření byla založena pro potřebu Školního statku v září 1962 a pravidelně vedena od ledna 1963. O založení se zasloužili Antonín Horák, vedoucí školního statku a ing. Zdeněk Jahn. Měření jsou prováděna v nadmořské výšce 180 m n. m., třikrát denně, podle zásad o správném provádění meteorologických měření.

Přehled průměrných teplot naměřených na Školním statku v Poděbradech za časovou řadu 1994 – 2004

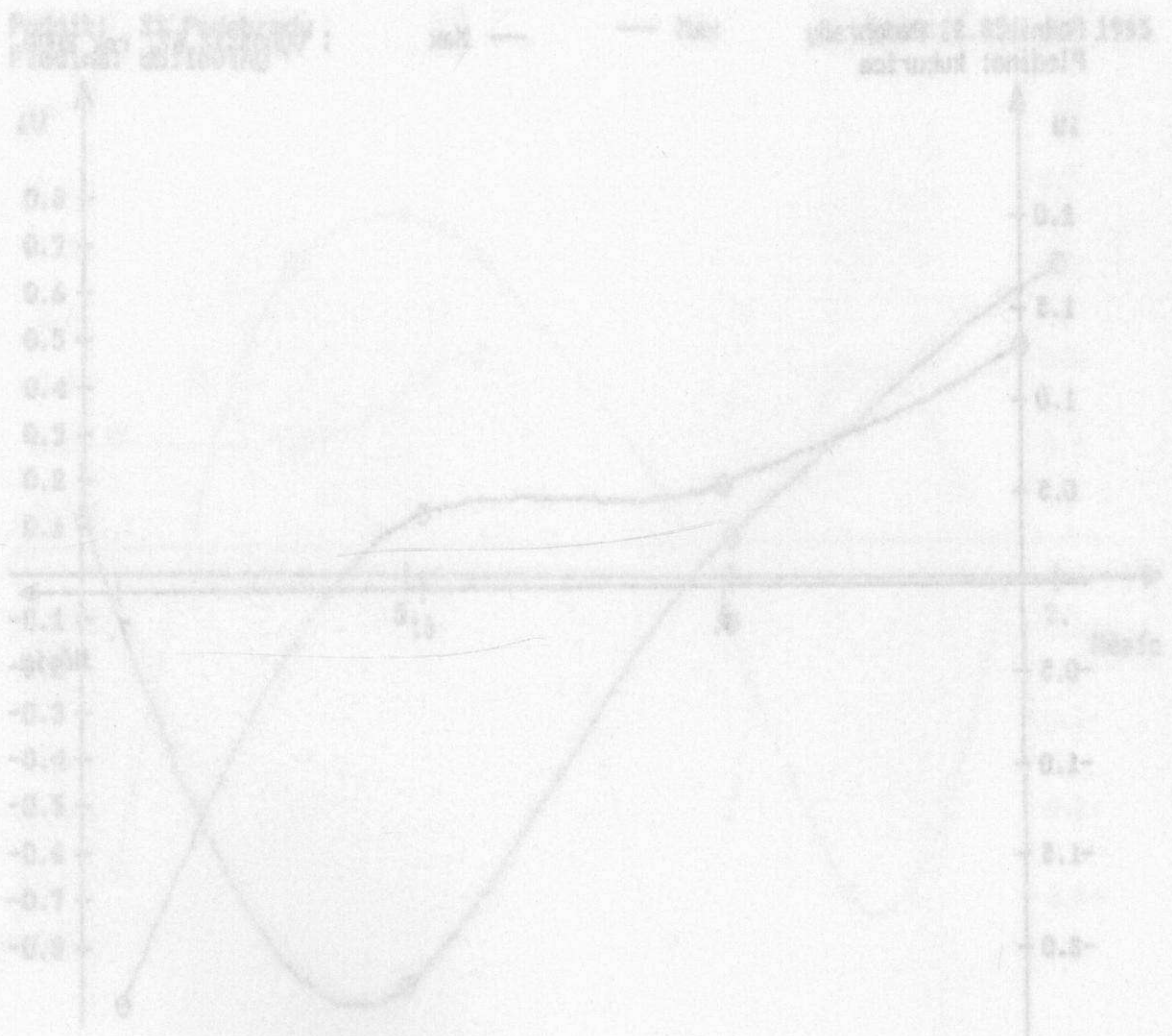
	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	pr. roční	pr. IV-IX
1994	2,7	0,1	7,1	10,3	15,1	19,4	23,8	21,7	15,8	7,9	6,4	1,9	11,1	17,7
1995	-0,4	5,2	4,3	10,3	14,3	17,4	23,1	20,5	14,7	12,7	1,9	-1,4	10,2	16,7
1996	-3,6	-3,2	0,8	9,4	13,5	17,5	17,1	18,3	11,3	10,3	5,4	-3,7	7,8	14,6
1997	-3,7	2,8	4,8	7,0	15,0	17,5	18,0	19,8	14,9	7,6	3,5	1,9	9,1	15,4
1998	1,6	4,0	4,7	11,3	15,5	18,4	19,0	18,8	13,9	9,6	1,5	-0,5	9,8	16,2
1999	0,6	-0,9	5,6	10,1	15,1	17,1	20,7	18,9	18,0	9,4	2,1	0,7	9,8	16,7
2000	-1,3	3,6	4,9	13,2	17,5	20,0	17,6	21,1	14,8	11,4	5,3	1,4	10,8	17,4
2001	-0,9	0,5	4,2	7,2	15,6	16,1	19,7	19,9	13,1	12,3	2,5	-2,2	9,1	15,3
2002	-0,5	4,4	5,5	9,1	17,9	20,0	20,7	20,9	14,0	7,8	4,7	-2,4	10,2	17,2
2003	-1,6	-3,7	4,4	8,9	17,0	22,0	20,7	22,5	14,8	6,1	4,8	0,0	9,7	17,7
2004	-4,0	2,1	4,0	10,8	14,1	17,8	20,0	20,6	15,2	10,0	4,1	0,2	9,6	14,1

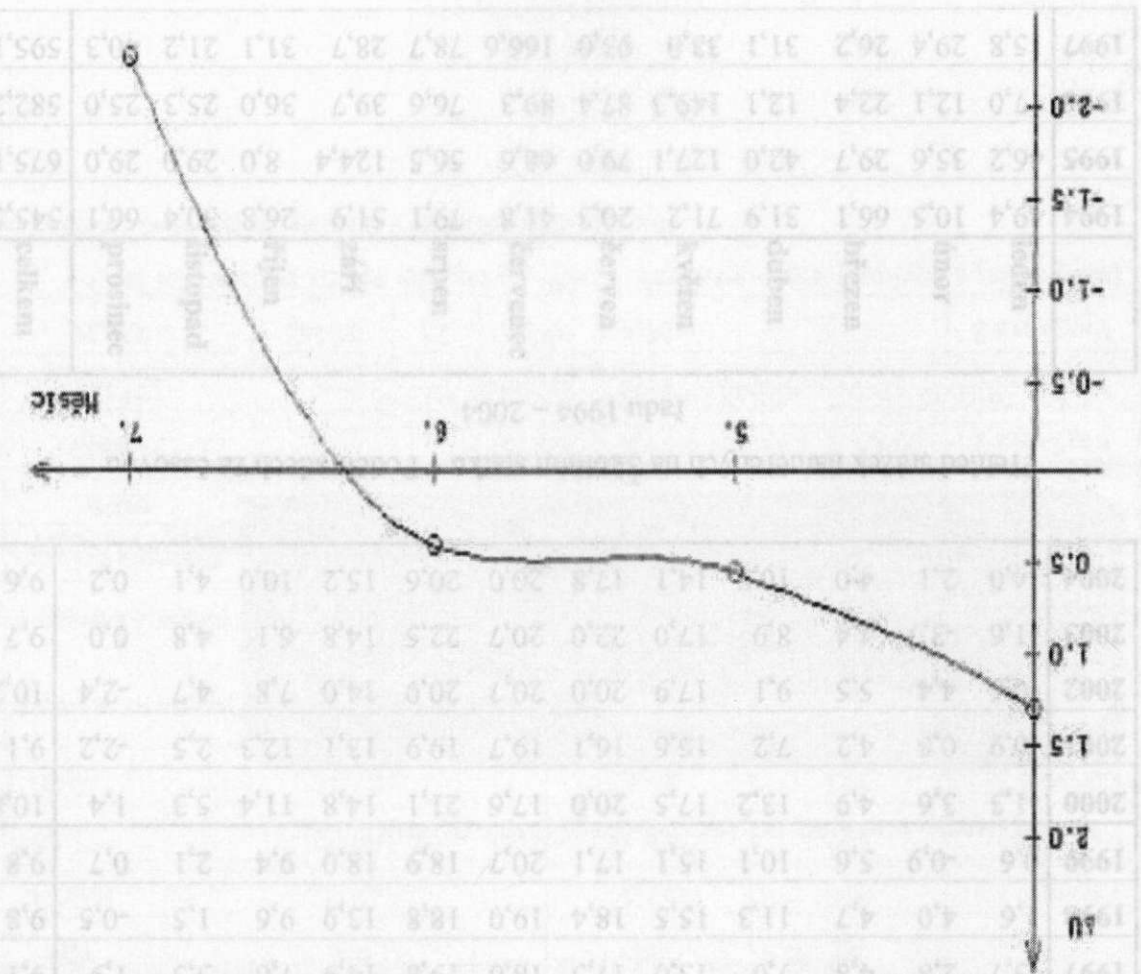
Přehled srážek naměřených na Školním statku v Poděbradech za časovou řadu 1994 – 2004

	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	celkem	IV-IX
1994	49,4	10,5	66,1	31,9	71,2	20,3	41,8	79,1	51,9	26,8	30,4	66,1	545,5	296,2
1995	46,2	35,6	29,7	42,0	127,1	79,0	68,6	56,5	124,4	8,0	29,0	29,0	675,1	497,6
1996	7,0	12,1	22,4	12,1	149,3	87,4	89,3	76,6	39,7	36,0	25,3	25,0	582,2	454,4
1997	15,8	29,4	26,2	31,1	33,0	93,0	166,6	78,7	28,7	31,1	21,2	40,3	595,1	431,1

1998	11,5	3,6	25,3	24,7	19,3	88,8	60,3	38,2	114,3	85,0	42,9	14,8	528,7	345,6
1999	33,1	34,2	27,2	24,7	37,6	60,3	39,7	23,7	25,9	20,3	18,3	22,9	367,9	211,9
2000	28,3	29,2	103,1	15,0	35,4	42,9	71,8	29,9	20,1	29,8	21,3	14,9	441,7	215,1
2001	25,2	18,1	53,8	58,1	73,5	80,0	85,6	44,4	133,4	23,6	57,4	37,2	690,3	475,0
2002	18,3	56,7	12,9	43,4	34,7	94,5	76,8	78,1	97,5	72,9	66,3	27,8	679,9	425,0
2003	38,0	6,4	6,5	18,2	79,4	38,4	53,0	39,9	50,5	31,2	7,4	39,7	408,6	279,4
2004	78,3	21,4	43,3	49,6	25,3	92,3	40,0	51,4	34,0	15,0	64,2	13,0	527,8	292,6

1	11,5	3,6	25,3	24,7	19,3	88,8	60,3	38,2	114,3	85,0	42,9	14,8	528,7	345,6
2	33,1	34,2	27,2	24,7	37,6	60,3	39,7	23,7	25,9	20,3	18,3	22,9	367,9	211,9
3	28,3	29,2	103,1	15,0	35,4	42,9	71,8	29,9	20,1	29,8	21,3	14,9	441,7	215,1
4	25,2	18,1	53,8	58,1	73,5	80,0	85,6	44,4	133,4	23,6	57,4	37,2	690,3	475,0
5	18,3	56,7	12,9	43,4	34,7	94,5	76,8	78,1	97,5	72,9	66,3	27,8	679,9	425,0
6	38,0	6,4	6,5	18,2	79,4	38,4	53,0	39,9	50,5	31,2	7,4	39,7	408,6	279,4
7	78,3	21,4	43,3	49,6	25,3	92,3	40,0	51,4	34,0	15,0	64,2	13,0	527,8	292,6
Jumlah	211,2	211,2	211,2	211,2	211,2	211,2	211,2	211,2	211,2	211,2	211,2	211,2	211,2	211,2





Podnik: SS Podebrady
 Plodina: kukurice
 — Max
 ; vynos=12.67, rok 2000

Suna	68.3	68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0000
8.	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0000
7.	17.6	-2638	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0000
6.	20.0	43 0.4082	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0000
5.	17.5	35 0.5588	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0000
4.	13.2	15 1.2968	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0000
Hesic	Tch	Hsh	U	Tch	Hsh	U	Tch	Hsh	U

Rok	1900	1900	1900	2000
Vynos	0.00 t/ha	0.00 t/ha	0.00 t/ha	12.67 t/ha
Typ	-----	-----	-----	Max

Podnik: SS Podebrady
 Plodina: kukurice na zrno
 De hesice: 7.

Krivka 1:

Křivka 2:

8. 11. 1995

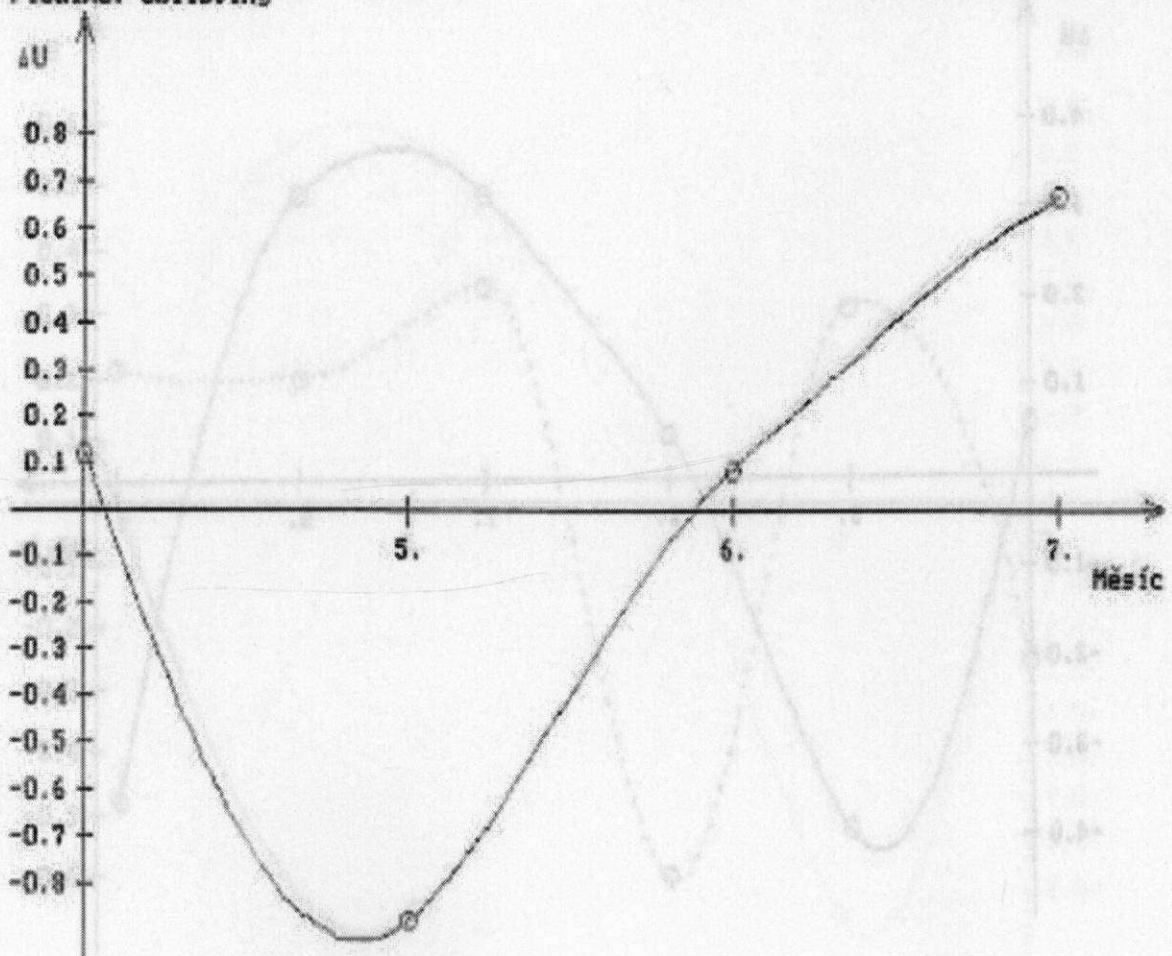
Podnik : SS Podebrady Plodina: obiloviny	Do mesice: 7.
---	---------------

Typ	Max			
Vynos Rok	4.85 t/ha 1995	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.	10.3	42	0.1248	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
5.	14.3	127	-0.8777	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
6.	17.4	79	0.0876	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
7.	23.1	69	0.6653	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	65.1	65		0.0	0		0.0	0		0.0	0	

Podnik: SS Podebrady
Plodina: obiloviny

— Max : vynos= 4.85, rok 1995



Křivka 3:

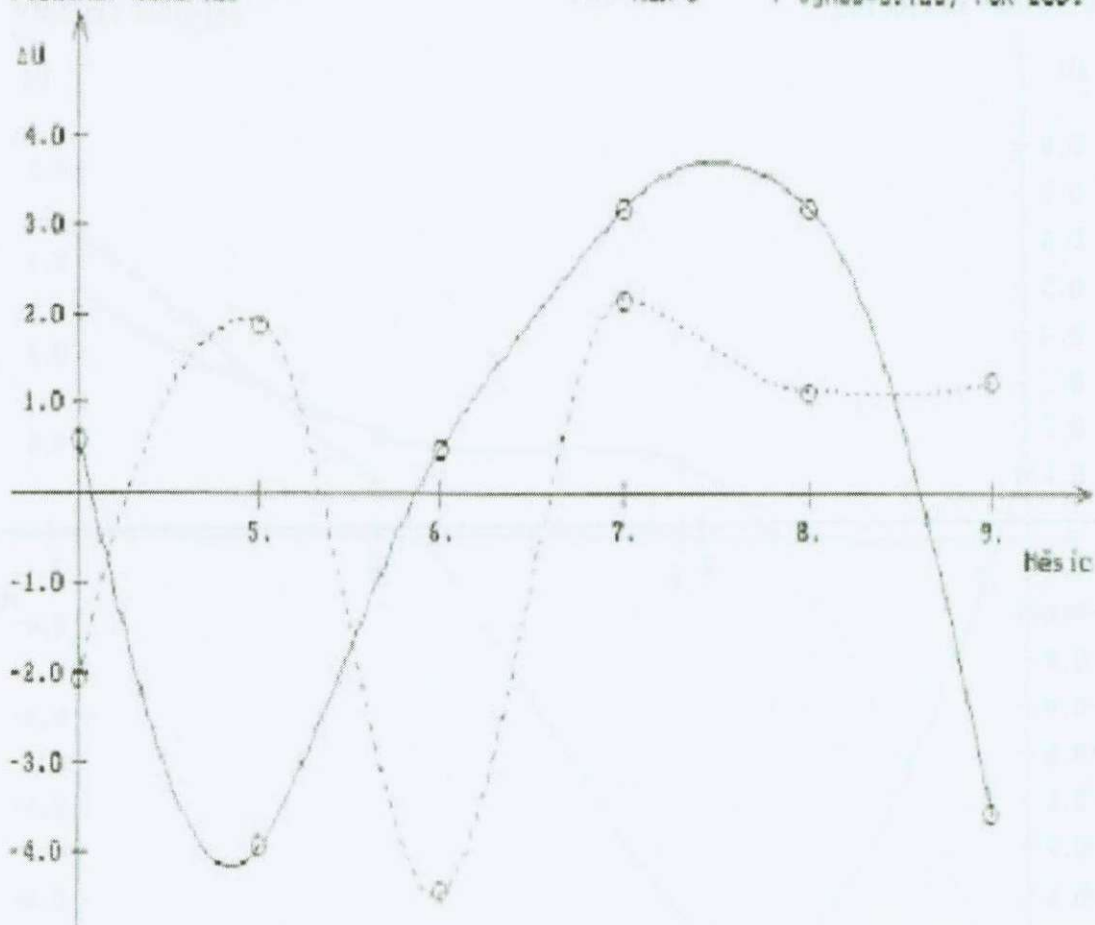
Podnik :SS Pobebrady Plodina:kukurice na siláž	Do mesice: 9.
---	---------------

Typ	Max	Max 2	-----	-----
Vynos Rok	34.90 t/ha 1995	33.20 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.	10.3	42	0.6347	10.0	50	-0.0447	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
5.	14.3	127	-0.7423	14.1	25	1.5100	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
6.	17.4	79	0.5070	17.0	92	-0.4607	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
7.	23.1	69	3.1925	20.0	40	2.1982	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
8.	20.5	56	3.2007	20.6	51	1.1447	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
9.	14.7	124	-0.5925	15.2	34	1.2575	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
Suma	100.3	100		98.5	99		0.0	0		0.0	0	

Podnik: SS Pobebrady
Plodina: kukurice

— Max : uynos=34.90, rok 1995
 ... Max 2 : uynos=33.20, rok 2004



Křivka 4: Výnos na dobu kritického období podle ŠINDELÁŘOVÉ (1992) máž...

Podnik : SS Podebrady Plodina: repka	Do nesice: 7.
---	---------------

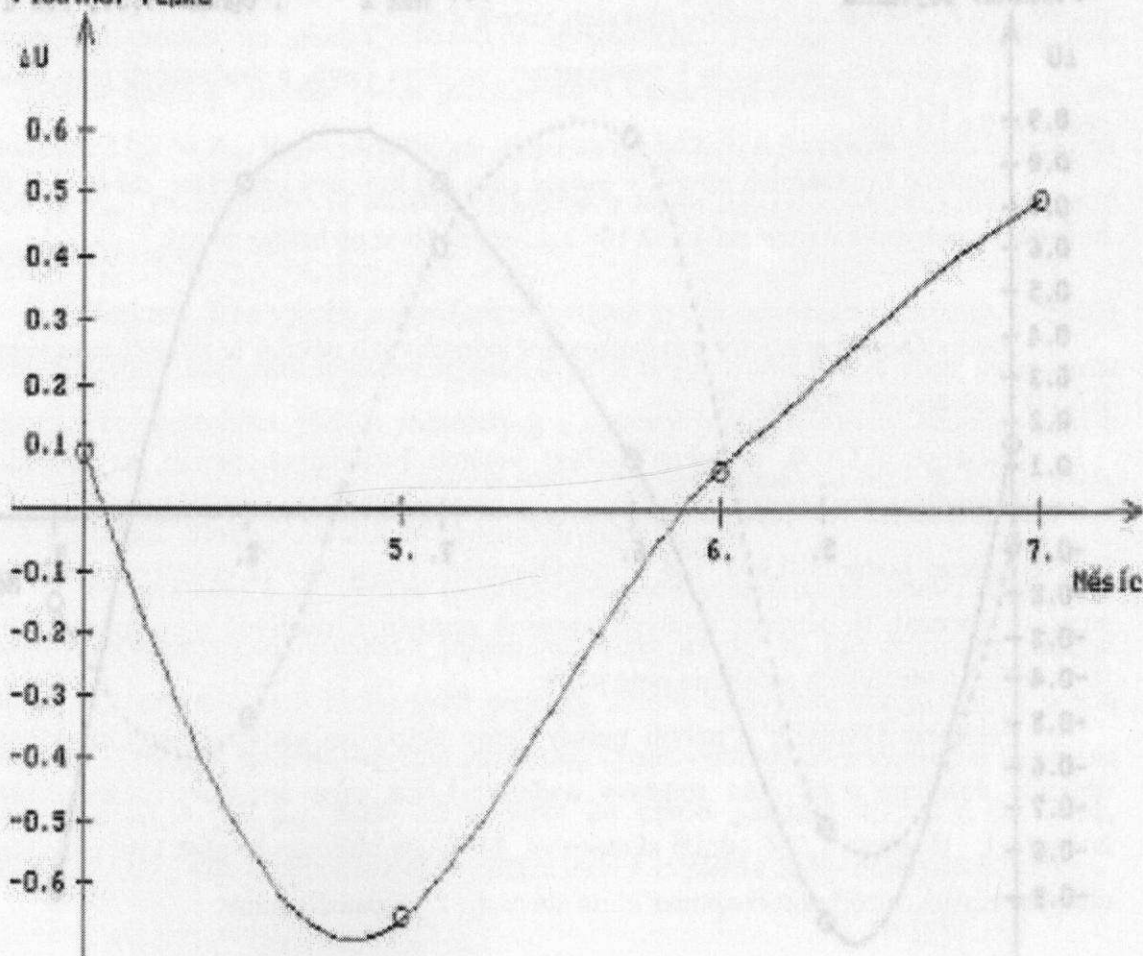
Typ	Max			
Vynos Rok	3.61 t/ha 1995	0.00 t/ha 1900	0.00 t/ha 1900	0.00 t/ha 1900

Mesíc	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U
4.	10.3	42	0.0929	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
5.	14.3	127	-0.6583	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
6.	17.4	79	0.0652	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
7.	23.1	69	0.4952	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	65.1	65		0.0	0		0.0	0		0.0	0	

V souvislosti s poznáním zákonů vzniku vývoje meteorologických poruch a poznáním zákona kritických období poruch plodin můžeme prognózovat nadprůměrné

Podnik: SS Podebrady
Plodina: repka

— Max : výnos= 3.61, rok 1995



Křivka 5:

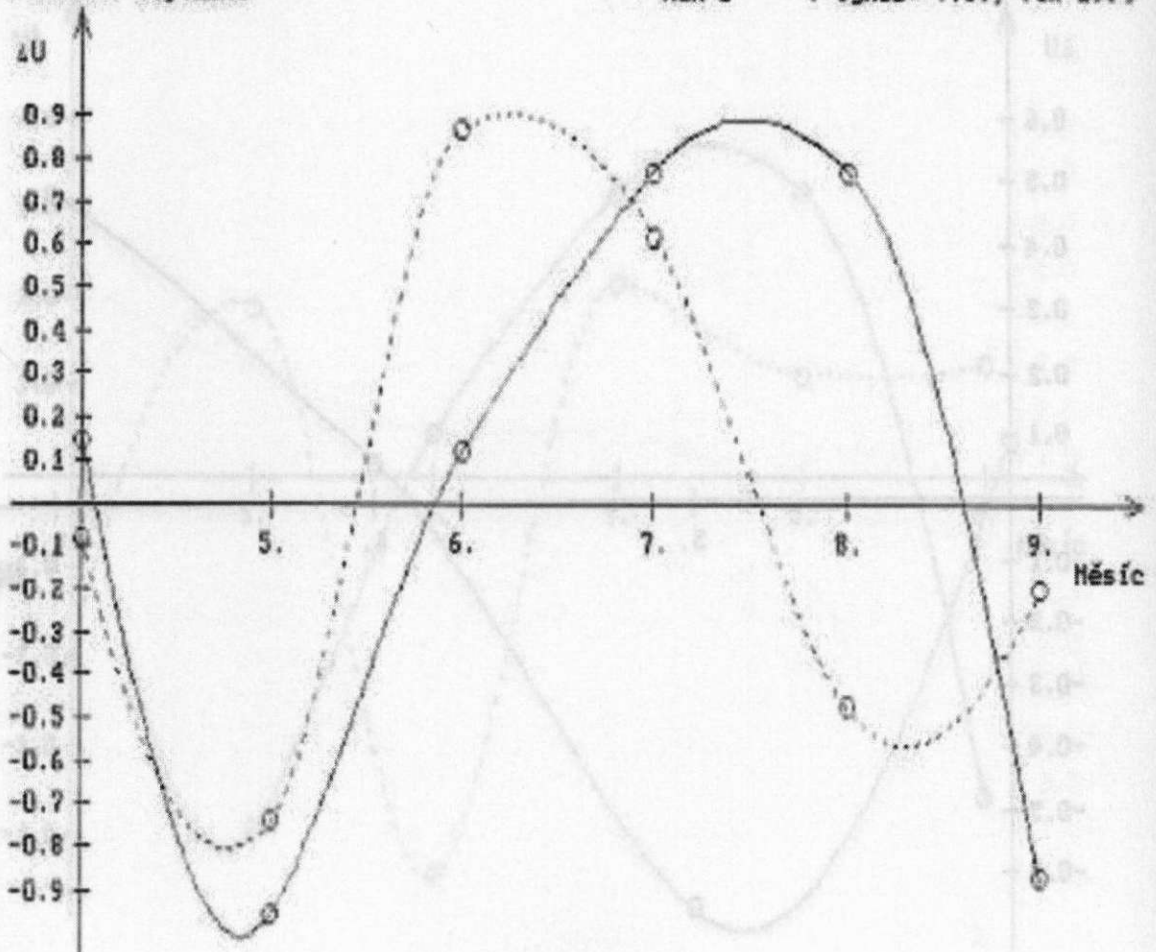
Podnik :SS Podebrady	Do nesice: 9.
Plodina:vojteska	

Typ	Max	Max 2		
Vynos	8.44 t/ha	7.57 t/ha	0.00 t/ha	0.00 t/ha
Rok	1995	1994	1900	1900

Mesic	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U	TCn	HSn	U
4.	10.3	42	0.1525	10.3	32	-0.0835	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
5.	14.3	127	-0.9534	15.1	71	-0.7384	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
6.	17.4	79	0.1226	19.4	20	0.8727	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
7.	23.1	69	0.7721	23.9	42	0.6240	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
8.	20.5	56	0.7740	21.7	79	-0.4721	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
9.	14.7	124	-0.8688	15.8	52	-0.2026	0.0	0	0.0000	0.0	0	0.0000
Suma	100.3	100		106.1	106		0.0	0		0.0	0	

Podnik: SS Podebrady
Plodina: vojteska

— Max : vynos= 8.44, rok 1995
- - - Max 2 : vynos= 7.57, rok 1994



Vliv na dobu kritického období podle ŠINDELÁŘOVÉ (1992) 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.

Vykreslené křivky 1 až 5 podávají dvě základní informace:

- 1) Vyjadřují teplotní a srážkové poměry, za kterých vznikly maximální výnosy ve zvolené časové řadě 1994 – 2004.
- 2) Je možné porovnat tyto křivky s charakteristickými termodynamickými křivkami pro Českou republiku (KUDRNA, 1979), a zjistit, do jaké míry se podmínky vzniku maximálních výnosů jednotlivých plodin liší od průměru ČR.

V souvislosti s poznáním zákonů vzniku vývoje meteorologických poruch a poznáním zákona kritických období polních plodin můžeme prognózovat nadprůměrné a podprůměrné výnosy (KUDRNA, 1979).

5. DISKUZE

Analýza vnitřní struktury zemědělské soustavy Školního statku Poděbrady byla provedena za časovou řadu jedenácti let, tj. od roku 1994 do roku 2004, metodou uhlíkové bilance, tj. posouzení plodin jako spotřebitele nebo producenty uhlíku.

Jako hlavní zdroje uhlíku v soustavě bereme jednoleté a víceleté pícniny a trvalé travní porosty. Spotřebiteli jsou naopak okopaniny a olejnin, jako neutrální z hlediska spotřeby a produkce uhlíku se jeví obilniny.

Vlastní analýza zemědělské soustavy vychází: z ploch sklizní a výnosů plodin, stavů skotu a spotřeby minerálních hnojiv za časovou řadu jedenácti let.

Celkové plochy zemědělské půdy mají klesající charakter, a v současnosti se pohybují v rozmezí 280 až 290 ha. V původní soustavě plochy jednoletých a víceletých pícnin zabírají 39 % P_{or} , plochy obilnin 50,3 % P_{or} , olejnin 6,63 % P_{or} , okopaniny pak necelé 1 % P_{or} , na ostatní plodiny připadají necelá 4 % P_{or} .

U stavů skotu docházelo k postupnému navýšení stavů, v současnosti jsou stavy skotu na 0,6 DJ / ha.

Spotřeba minerálních hnojiv v časové řadě má kolísavý charakter, dá se říci, že hodnota se pohybuje v rozmezí 80 až 100 kg čistých živin na hektar za rok.

Jako stěžejní parametry pro hodnocení jednotlivých návrhů je použití parametru ETA 0 a parametru OMEGA 2.

Parametr ETA 0, je určen suchou hmotou jednoletých pícnin na jednotku hlavních uhlíkatých zdrojů, optimální hodnota by měla být 0,274. U původní soustavy bylo dosaženo hodnoty 0,906, což je nevyhovující. Tento stav je způsoben vysokým stupněm zornění, tj. absencí trvalých travních porostů a relativně stejnou rozlohou jednoletých a víceletých pícnin na orné půdě.

Parametr OMEGA 2 neboli poměr sumy aktivního uhlíku k objemu sklizně obilovin dosahuje u původní soustavy hodnotu 1,024, jako optimum můžeme brát hodnotu 1. Hodnota 1,024 odráží skutečnost, že výnos obilovin je plně kryt aktivním uhlíkem zdrojů, rozdíl oproti optimálnímu stavu, tj. 1, je zanedbatelný.

6. ZÁVĚR

Předložená práce obsahuje analýzu původní zemědělské struktury Školního statku Poděbrady, návrh optimální zemědělské struktury a návrhy na produkci bioenergie z biomasy, konkrétně produkci obilovin pro etanol, olejnin pro řepkový olej a výrobu bioplynu z odpadů vzniklých při chovu skotu.

Jednotlivé varianty vycházejí z optimální zemědělské struktury, ta pak vychází z upravené původní zemědělské struktury Školního statku Poděbrady. Předpokladem pro výpočet jednotlivých soustav je snaha o optimální bilanci z hlediska parametru ETA 0 a OMEGA 2, s maximálním možným zatížením energetickými plodinami v podmínkách vyrovnané uhlíkové bilance při dodržování principů trvale udržitelného rozvoje krajiny.

Varianta 1 na výrobu etanolu z obilnin. Varianta je zaměřena na obiloviny se sníženým množstvím plodin charakteru spotřebitelů. Výpočet vychází z C-bilance. V návrhu došlo k snížení ploch jednoletých a víceletých píceňin o 1,7 % P_{or} , tj. na hodnotu 37,3 % P_{or} , k navýšení ploch obilovin na 56,3 % a k snížení ploch olejnin na 6,4 % P_{or} . Ve variantě je počítáno s hustotou skotu 0,6 DJ / ha při krmné normě 4,21 t / DJ / rok.

Varianta 2 na výrobu methylesteru z řepky je pak odvozena z varianty 1. Počítá s maximálním zatížením soustavy řepkou, tj. 12,5 % P_{or} , a dále počítá s tím, že se řepka chová jako spotřebitel. Plochy jednoletých a víceletých píceňin zůstaly obdobné jako u varianty 1, tedy 37,3 % P_{or} , u obilovin došlo ke snížení ploch na 50,2 % P_{or} . Hustota skotu a krmná norma jsou orientovány dle varianty 1.

Pro variantu 3 na výrobu bioplynu z odpadu vzniklého při chovu skotu byly plochy jednoletých a víceletých píceňin navýšeny na 45 % P_{or} , obiloviny zabírají 50 % P_{or} , zbývajících 5 % P_{or} tvoří olejnin. Došlo k navýšení zdrojů uhlíku oproti variantě 1, naopak spotřebitelé byly utlumeni. Výnos jednoletých a víceletých píceňin se blíží $Y_{s0 \max}$ a $Y_{s1 \max}$. Mění se hodnota kn oproti původní 4,21 t / DJ / rok, na 3,83 t / DJ / rok. Předpokladem je snížení ztrát a zvýšení kvality objemných krmiv.

Pokud budeme navržené soustavy hodnotit z pohledu parametru ETA 0, tj. poměru suché hmoty jednoletých píceň k suché hmotě víceletých píceň a luk, pak získané parametry odpovídají doporučené hodnotě ETA 0 0,274.

V případě parametru OMEGA 2, tj. poměru sumy aktivního uhlíku k objemu sklizně obilovin, je varianta 1 a 2 v téměř optimálním stavu, varianta 3 pak tohoto ideálního stavu nedosahuje, parametr klesá oproti normě o 9,6 %. Což znamená, že výnos obilovin není plně kryt aktivním uhlíkem zdrojů.

Z hlediska energetického zisku je v daných podmínkách, při současné výměře, zdrojích a úrovni hospodaření relativně nejlepší varianta 1, tj. varianta zaměřená primárně na produkci obilovin pro etanol. Z ekonomického hlediska je varianta relativně nenáročná. Není nutná žádná změna agrotechniky a strojového parku, neklade si nároky na výstavbu nových budov ani na dodatkovou odbornou způsobilost personálu. Nevýhodou je problémová realizovatelnost odbytu produktu. Jako druhá nejlepší varianta se jeví varianta 2, tj. se zaměřením na olejňny, jmenovitě řepku a doplňkově pak obilňny pro produkci etanolu. Předností i nevýhodou této varianty je zaměření na dvě plodiny. Výhodou může být větší jistota výnosu, v případě že pro jednu z plodin nenastanou vhodné podmínky pro pěstování. Stejně jako varianta jedna si neklade nároky na stavby, personál, agrotechniku atd. Varianta 3 zaměřená na bioplyn se potýká s řadou problémů, jako hlavním se jeví nedostatek vhodné fytoňny pro výrobu bioplynu, nutnost výstavby bioplynové stanice a výstavby stáje pro skot. S tím jsou spojeny vysoké náklady na výstavbu a relativně dlouhá doba návratnosti investice. Podmínkou jsou i organizační změny v živočišné výrobě a nutnost proškolení pracovníků. Otázkou je také počet zvířat pro rentabilní produkci bioplynu. Podle VEČEŘE je toto množství 40 DJ, podle ŠOCHA pak 100 DJ při stelivovém způsobu chovu. Limitem, v současnosti, je i plná produkce mléka v rámci přidělené mléčné kvóty, skot chovaný pro produkci bioplynu by musel být chován pro produkci hovězího masa.

Pro každou z uvedených variant by bylo nutné vypracovat kompletní prognózu realizovatelnosti. Součástí takové prognózy by mělo být zhodnocení výnosů a nákladů, doba realizovatelnosti, rentabilita, potřeba zdrojů, možnosti odbytu výrobků atd. Je nutné také zvážít jejich vhodnost v podmínkách intenzivního hospodaření v Polabské nížině.

7. POUŽITÁ LITERATURA

- BABIČKA, L.** Hledání alternativních zdrojů energie. *Farmář*. 2006, roč. 12, č. 1, s. 10-11.
- BABIČKA, L.** Prognóza spotřeby primární energie. *Agro magazín*. 2005, roč. 6, č. 12, s. 20 – 21.
- BARANIK, P.** Produkce bionafty v zahraničí. *Úroda*. 2005, roč. LIII, č. 1, s. 22 – 24.
- BENEŠ J.:** *Trendy výzkumu a vývoje zařízení na výrobu bioplynu*. Praha : Výzkumný ústav zemědělských strojů, 1982.
- BERANOVSKÝ, K, et al.** *Energie z biomasy* [online]. 2006. Dostupný z WWW: <<http://www.i-ekis.cz/?page=biomasa>>.
- BERTANFFY, L.** *Biophysik des Fließgleichgewichts*. Braunschweig, 1950.
- BLÁHA, L.** Současné změny klimatu. *Úroda*. 2006, roč. LIV, č. 1, s. 37 – 38.
- BRAMM, A, DAMBROTH, M.** *Analysis of yield components of linsed, falsen flax, and poppy*. Volkenrode : Landbauforschung, 1990, s. 107-114.
- BULIČEK, J.** *Voda v zemědělství*. Praha : SZN, 1977.
- ČERMÁKOVÁ, A, STŘELEČEK, F.** *Statistika I*. JCU ZF České Budějovice, 1995, 72 s.
- DOHÁNYOS, M, ZÁBRANSKÁ, J.** Základní principy anaerobního rozkladu organických látek. In „*Možnosti výroby a využití bioplynu v zemědělství*“. Třeboň : Ústav technologie vody a prostředí, 2001. 132 s.
- DOUCHA, T.** Perspektivní pěstování. *Farmář*. 2005, roč. 11, č. 7, s. 15 – 18.
- GALLERT, C, WINTER, J.** *Mesophilic and thermophilic anaerobi digestion of source – sorted organic wastes: effect of amoniak on glukose degradation and methane production*. Appl. Microbiol. Biotechnol., 1997, s. 405 – 410.
- GUIDEBOOK ON BIOGAS DEVELOPMENT**. New York : United nations, 1980.
- GUJET, W, ZENDER, A, J, B:** Conversion process in anaerobi digestion. *Technik*. 1983, č. 15, s. 127 – 167.
- HAŠ, S, et al.** *Energie v zemědělství*. Praha : SZN, 1985. 380 s.
- HOJOVEC, J, et al.** *Hygiena hospodářských zvířat část obecná*. SVS – ÚDO Pardubice : ÚDVVL, 1982.

- HONZÍK, R.** Bioplyn – alternativní energetické zdroje v zemědělství? *Odpady*. 1998, č. 3, s. 15 -16.
- CHARTIET, P, et al.** *Perspectives for biomass energy in the European Union*. Luxemburg : Europe Commision, 1996. 94 s.
- CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ STŘEDNÍCH ČECH A PRAHY.** NATURA, [CD - ROM].
- INDEXY CEN ZEMĚDĚLSKÝCH VÝROBCŮ ZA PROSINEC 2003.** ČSÚ, 2003, s. 32 – 34.
- JEWEL, W, J, et al.** *Dry anaerobi methane fermentation. Biomas alkohol duele prod.* Vol. II, 1981, s. 159 – 178.
- KÁRA, J.** *Motorová paliva z biomasy v České republice.* Zemědělské informace, Praha : ÚZPI, 2001, 39 s.
- KÁRA, J, JEVIŠ, P.** Řepka jako energetická plodina. *Úroda*. 2002, roč. 50, č. 6, s. 14.
- KAVKA, M, et al.** *Normativy pro zemědělskou výrobu a potravinářskou výrobu.* Praha : [s.n.], 2003. 360 s. ISBN 80-7271-136-9.
- KRÁLOVÁ, T.** Bionafta: od třiceti k pěti. *Úroda*. 2004, roč. LII, č. 12, s. 25
- KŘEPELKA, V.** *Využití bioetanolu jako paliva v zemědělství.* Praha : ÚZIP, 1997. 40 s. ISBN 80-86153-34-7.
- KUDRNA, K.** *Zemědělské soustavy.* Praha : SZN, 1979. 708 s.
- KUDRNA, K.** *Zemědělské soustavy.* 2. dopl. vyd. Praha : SZN, 1985. 720 s.
- KUDRNA, K.** Obecné parametry zemědělských soustav při modelování jejich optimální struktury. *Rostlinná výroba*. 1987, č. 5, s. 337 – 346.
- KUDRNA, K.** Zákony vývoje zemědělské soustavy. *Meliorace*. 1989, roč. 25, č. 2, s. 81-92.
- KUDRNA, K, DEMO, M.** *Projektovanie pol'nohospodárskych sústav.* Nitra : VŠP, 1994, 206 s. ISBN 80-7137-174-2.
- KUDRNA, K.** *Zemědělské systémové inženýrství, jeho cíle, metody a uplatnění v zemědělských soustavách.* Neuměřice : Centrum pro zemědělské soustavy, 1996. 56 s. ISBN 80-902191-4-4.
- KUDRNA, K, ŠINDELÁŘOVÁ, M.** K problému uzavřené zemědělské soustavy na energetickém principu. *Coll. Sci. Pap., Fac. Agric. České Budějovice, Ser. Crop Sci.*, 2000, sv. 17, č. 2, s. 121 – 129.
- KUŽEL, K, et al.** Využití travní hmoty pro výrobu bioplynu. In „*Možnosti výroby a využití bioplynu v zemědělství*“. Třeboň, 2001, 132 s.

- MOUDRÝ, J, STRAŠIL, Z.** *Ekologické plodiny v ekologickém zemědělství.*
Hradec Králové : VH PRESS, 1998, 56 s.
- NORDBERG, A.** One – and two – phase anaerobi digestion of ley crop silane with and without liquid recirculation. *Swedish Univ. Agric. Sci* 1996, Rep. 64.
- PASTOREK, Z.** Bioplyn v zemědělství. In „*Efektivní využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie*“. České Budějovice, 1995, s. 2 – 7.
- PASTOREK, Z.** Výroba bioplynu v zemědělství ČR. In „*Biomasa – zdroje obnovitelné energie v krajině*“. Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2000, s. 73 – 76.
- PEJZL, J, VOJTOVÁ, M.** Dřevo jako alternativní zdroj energie. *Stavitel.* 2005, roč. XIII, č. 10, s. 38 – 39.
- PETR, J.** *Pěstování pšenice podle užitkových směrů.* Praha : ÚZPI, 2001, s. 34 – 36.
ISBN 80-7271-090-7.
- PETR, J.** Pěstování obilnin k produkci bioetanolu je perspektivní. *Úroda.* 2004, roč. LII, č. 7, s. 18 – 21.
- 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 MZe ČR, 1998. 43 s. ISBN 80-7105-173-x.
- POLÁČKOVÁ, J.** *Nákladovost zemědělských výrobků v ČR za rok 2003.* Praha : Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky, 2004. 86 s.
- POULEK, V, LIBRA, M.** Využití solární energie. *Stavitel.* 2005, roč. XIII, č. 10, s. 18 – 19.
- QUITT, E.** *Klimatické oblasti Československa.* GÚ ČSAV Brno : Academia Studia Geographica, 1971. 73 s.
- ROBERTSON, B, K, SOEST, P, J.** *Dietary fines estimation in concentration feedstuffs.* 1977. 254 s.
- SAM, SOON, P, L, et al.** *Hypothesi for pellettisation in the upflow anaerobi sludge bed reactor.* Water SA, 1987. s. 69 – 80.
- STEWART, D, J.** Energy biogas production from crops at the Invermay Energy Farm. *Agink.* 1980, č. 3, 80 s.

- ŠINDELÁŘOVÁ, M.** Termodynamické podmínky vzniku maximálních výnosů plodin v podhorských a horských oblastech Šumavy. In *Sborník JU ZF České Budějovice*. České Budějovice : JU ZF, 1992. č. 2, s. 15 – 27.
- ŠOCH, M.** *Výroba a využití bioplynu*. JCU České Budějovice : Zemědělská fakulta, 1996. 35 s.
- TICHÝ, F, et al.** Pěstební technologie a úprava zrna pšenice ozimé a tritikale pro výrobu etanolu. *Rostlinná výroba*. 2001, č. 5, 41 s. ISBN 80-7271-078-8.
- THEOME – KOZMIENSKI, K, SCHERER, P.** *Getrennte Wertsoffeffassung und Biokompostierung 2*. Berlín : EF – Verlag für Energie – und Umwelttechnik GmbH, 1992, 535 s.
- VÁŇA, J.** *Zpracování biomasy travních a rákosových porostů na bioplyn a organické hnojivo*. Praha, 1997.
- VÁŇA, J, SLEJŠKA, A.** Bioplyn z rostlinné biomasy. *Studijní informace - Rostlinná výroba*, 1998, č. 5, 40 s.
- VEČEŘ, J.** *Energie napůl zdarma*. Praha : Horizont, 1985. 223 s.
- VERNADSKIJ, V, I.** *Izbranyje sočiněnija*. Moskva : Izd. AN, 1960.
- VYUŽITÍ BIOMASY K ENERGETICKÝM ÚČELŮM**. Praha : ÚVTIZ, 1986, č. 15, 68 s.

PŘÍLOHY

Příloha I.

- Mapa polohy Školního statku Poděbrady

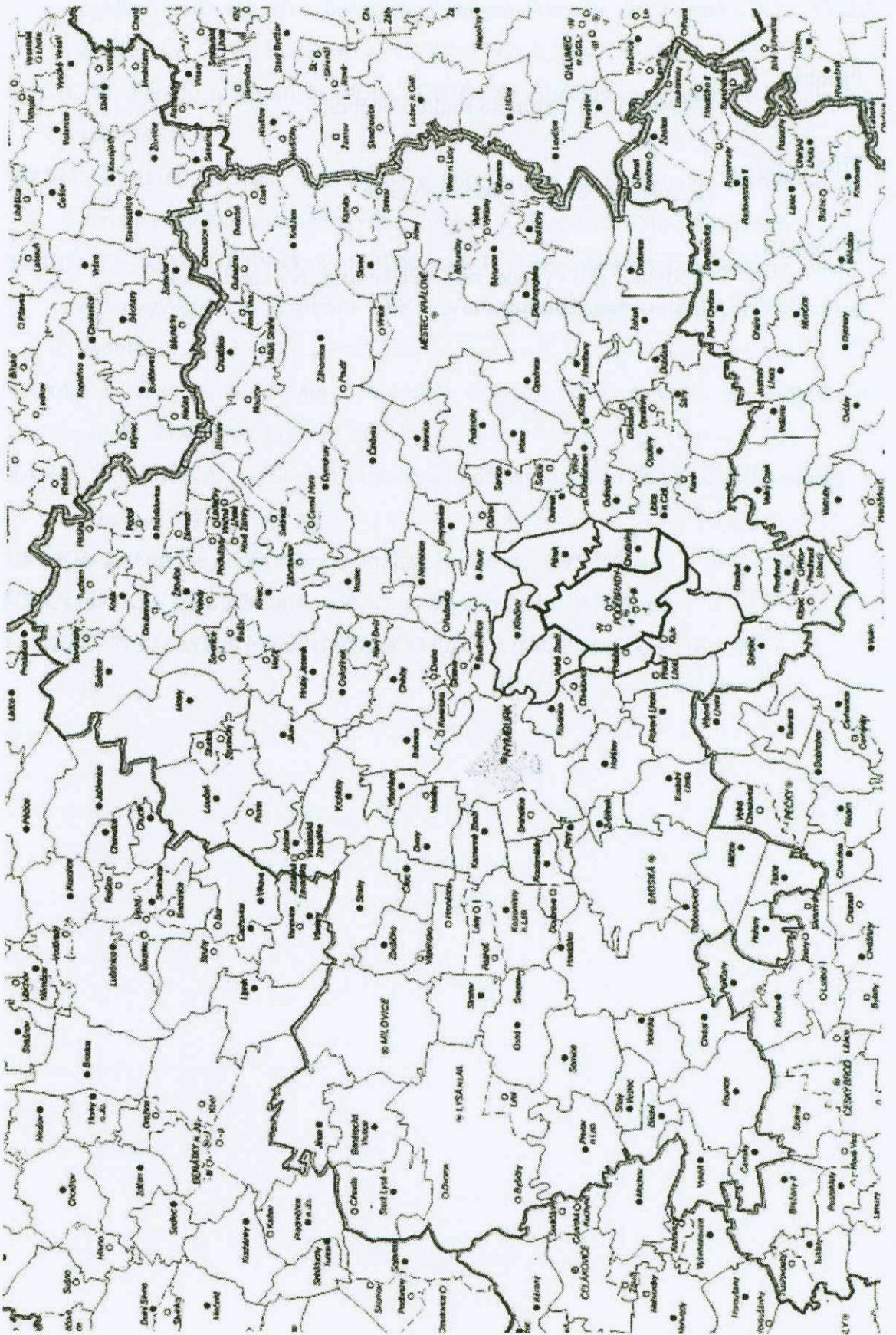
Příloha II.

- Rozdělení četností výskytu výnosů

Příloha III.

- Podklady pro výpočet zemědělské soustavy zpracované programem Soustavy

Příloha I. - Mapa polohy Školního statku Poděbrady



Příloha II. - Rozdělení četností výskytu výnosů

Rozdělení četností výskytu výnosů obilovin ŠS Poděbrady 1994 - 2004

	Výnosy [t / ha]	Interval	Četnosti	%
1	4,85	3,51 - 3,60	1	9,09
2	4,72	3,61 - 3,70	2	18,18
3	3,98	3,71 - 3,80	1	9,09
4	3,96	3,81 - 3,90	2	18,18
5	3,91	3,91 - 4,00	3	27,27
6	3,89	4,01 - 4,10	-	-
7	3,82	4,11 - 4,20	-	-
8	3,71	4,21 - 4,30	-	-
9	3,63	4,31 - 4,40	-	-
10	3,62	4,41 - 4,50	-	-
11	3,52	4,51 - 4,60	-	-
		4,61 - 4,70	-	-
		4,71 - 4,80	1	9,09
		4,81 - 4,90	1	9,09

Průměr součtu četností: $43,805 / 11 = 3,982$

Rozdělení četností výskytu výnosů kukuřice na siláž - ŠS Poděbrady 1994 - 2004

	Výnosy [t/ha]	Interval	Četnosti	%
1	22,03	8,01 - 10,00	2	18,18
2	34,90	10,01 - 12,00	-	-
3	27,01	12,01 - 14,00	-	-
4	26,52	14,01 - 16,00	1	9,09
5	24,30	16,01 - 18,00	-	-
6	26,04	18,01 - 20,00	-	-
7	14,15	20,01 - 22,00	1	9,09
8	27,61	22,01 - 24,00	-	-
9	8,93	24,01 - 26,00	1	9,09
10	8,75	26,01 - 28,00	4	36,36
11	33,20	28,01 - 30,00	-	-
		30,01 - 32,00	-	-
		32,01 - 34,00	1	9,09
		34,01 - 36,00	1	9,09
			11	99,99

Průměr součtu četností: $255,055 / 11 = 23,187$

Rozdělení četností výskytu výnosů vojtěšky - ŠS Poděbrady 1994 - 2004

	Výnosy [t/ha]	Interval	Četnosti	%
1	7,57	4,01 - 4,50	1	11,11
2	8,44	4,51 - 5,00	1	11,11
3	-	5,01 - 5,50	2	22,22
4	-	5,51 - 6,00	-	-
5	5,22	6,01 - 6,50	1	11,11
6	4,01	6,51 - 7,00	-	-
7	5,05	7,01 - 7,50	2	22,22
8	7,01	7,51 - 8,00	1	11,11
9	7,36	8,01 - 8,50	1	11,11
10	4,54			
11	6,33			

Průměr součtu četností: $56,295 / 9 = 6,255$

Rozdělení četností výskytu výnosů kukuřice na zrno - ŠS Poděbrady 1994 - 2004

	Výnosy [t/ha]	Interval	Četnosti	%
1	3,78	3,01 - 4,00	2	25,0
2	9,32	4,01 - 5,00	1	12,5
3	5,16	5,01 - 6,00	1	12,5
4	-	6,01 - 7,00	1	12,5
5	11,25	7,01 - 8,00	-	-
6	6,23	8,01 - 9,00	-	-
7	12,67	9,01 - 10,00	1	-
8	3,76	10,01 - 11,00	-	12,5
9	-	11,01 - 12,00	1	-
10	4,20	12,01 - 13,00	1	12,5
11	-			12,5
			8	99,99

Průměr součtu četností: $57,04 / 8 = 7,130$

Rozdělení četností výskytu výnosů řepky - ŠS Poděbrady 1994 - 2004

	Výnosy [t/ha]	Interval	Četnosti	%
1	2,39	1,61 - 1,80	1	16,7
2	3,61	1,81 - 2,00	-	-
3	2,74	2,01 - 2,20	-	-
4	2,98	2,21 - 2,40	1	16,7
5	3,14	2,41 - 2,60	-	-
6	-	2,61 - 2,80	1	16,7
7	-	2,81 - 3,00	1	16,7
8	1,60	3,01 - 3,20	1	16,7
9	-	3,21 - 3,40	-	-
10	-	3,41 - 3,60	-	-
11	-	3,61 - 3,80	1	16,7
			6	100,0

Průměr součtu četností: $16,43 / 6 = 2,740$

Príloha III. - Podklady pro výpočet ZS zpracované programem Soustavy

V Y V O J P L O C H A V Y N O S U

----- PREHLED VSTUPNICH UDAJU -----
 soustava : C:\SOUBOR1\ZS\PODEBKUK.DAT

rok	Pzem [ha]	Por [ha]	stav skotu [DJ]	spotreba NPK [t]
1994	323.00	294.00	108.00	32.20
1995	303.00	274.00	109.00	23.10
1996	299.00	270.00	125.00	26.70
1997	285.00	256.00	141.00	36.10
1998	302.00	273.00	134.00	41.80
1999	309.00	280.00	140.00	18.30
2000	294.00	265.00	143.00	20.10
2001	303.00	274.00	147.00	16.70
2002	303.00	274.00	147.00	20.10
2003	274.00	245.00	172.00	27.30
2004	277.00	248.00	165.00	16.50

PRUMER	297.45	268.45	139.18	25.35	
soustava :	C:\SOUBOR1\ZS\PODEBKUK.DAT		plodina :	ostat. jednol. pic.	
ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1994	20.2	6.87	19.79	80.0	3.96
1995	27.5	10.04	4.35	23.9	0.87
1996	49.3	18.26	25.76	254.0	5.15
1997	47.3	18.48	22.30	211.0	4.46
1998	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1999	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2001	12.0	4.38	12.00	28.8	2.40
2002	1.5	0.55	5.41	1.6	1.08
2003	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2004	24.6	9.92	12.30	60.5	2.46
SUMA :	182.4			659.8	
PRUMER :	16.6	6.18	18.09	60.0	3.6
Y max =	25.76 t/ha				
Y min =	4.35 t/ha				

soustava :	C:\SOUBOR1\ZS\PODEBKUK.DAT		plodina :	kukurice na silaz	
ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1994	26.3	8.95	22.03	115.9	4.41
1995	34.9	12.74	34.90	243.6	6.98
1996	40.7	15.07	27.01	219.9	5.40
1997	45.4	17.73	26.52	240.8	5.30
1998	40.6	14.87	24.30	197.3	4.86
1999	48.0	17.14	26.04	250.0	5.21
2000	41.0	15.47	14.15	116.0	2.83
2001	46.0	16.79	27.61	254.0	5.52
2002	56.0	20.44	8.93	100.0	1.79
2003	21.2	8.65	8.75	37.1	1.75
2004	65.0	26.21	33.20	431.6	6.64
SUMA :	465.1			2206.2	
PRUMER :	42.3	15.75	23.72	200.6	4.7
Y max =	34.90 t/ha				
Y min =	8.75 t/ha				

soustava :	C:\SOUBOR1\ZS\PODEBKUK.DAT		plodina :	vojteska	
ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1994	30.0	10.20	7.57	227.1	7.57
1995	28.3	10.33	8.44	238.9	8.44
1996	0.1	0.04	5.89	0.6	5.89
1997	0.1	0.04	5.89	0.6	5.89
1998	46.4	17.00	5.22	242.2	5.22
1999	67.0	23.93	4.01	268.7	4.01
2000	45.0	16.98	5.05	227.3	5.05
2001	44.0	16.06	7.01	308.4	7.01
2002	54.3	19.82	7.36	399.6	7.36
2003	52.8	21.55	4.54	239.7	4.54
2004	33.4	13.47	6.33	211.4	6.33
SUMA :	401.4			2364.5	
PRUMER :	36.5	13.59	5.89	215.0	5.9
Y max =	8.44 t/ha				
Y min =	4.01 t/ha				

soustava : C:\SOUBOR1\ZS\PODEBKUK.DAT plodina : cukrovka

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1994	20.4	6.94	25.98	141.5	6.94
1995	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1996	5.5	2.04	39.13	57.5	10.45
1997	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1998	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1999	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2001	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2002	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2003	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2004	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
SUMA :	25.9			199.0	
PRUMER:	2.4	0.88	28.77	18.1	7.7
Y max =	39.13 t/ha				
Y min =	25.98 t/ha				

soustava : C:\SOUBOR1\ZS\PODEBKUK.DAT plodina : brambory rane

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1994	1.7	0.58	6.94	4.0	2.37
1995	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1996	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1997	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1998	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1999	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2001	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2002	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2003	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2004	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
SUMA :	1.7			4.0	
PRUMER:	0.2	0.06	6.94	0.4	2.4
Y max =	6.94 t/ha				
Y min =	6.94 t/ha				

soustava : C:\SOUBOR1\ZS\PODEBKUK.DAT plodina : brambory pozdni

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1994	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1995	3.0	1.09	3.83	3.9	1.31
1996	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1997	0.1	0.04	3.83	0.1	1.31
1998	0.1	0.04	3.83	0.1	1.31
1999	0.1	0.04	3.83	0.1	1.31
2000	0.1	0.04	3.83	0.1	1.31
2001	0.1	0.04	3.83	0.1	1.31
2002	0.1	0.04	3.83	0.1	1.31
2003	0.1	0.04	3.83	0.1	1.31
2004	0.1	0.04	3.83	0.1	1.31
SUMA :	3.8			5.0	
PRUMER:	0.3	0.13	3.83	0.5	1.3
Y max =	3.83 t/ha				
Y min =	3.83 t/ha				

soustava : C:\SOUBOR1\ZS\PODEBKUK.DAT plodina : krmna repa

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1994	0.6	0.20	0.50	0.0	0.07
1995	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1996	0.5	0.19	14.17	1.0	2.10
1997	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1998	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
1999	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2000	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2001	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2002	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2003	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2004	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
SUMA :	1.1			1.1	
PRUMER:	0.1	0.04	6.71	0.1	1.0
Y max =	14.17 t/ha				
Y min =	0.50 t/ha				

soustava : C:\SOUBOR1\ZS\PODEBKUK.DAT plodina : ovoce - jahody

ROK	P[ha]	Por[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1994	0.4	0.14	5.50	0.3	0.77
1995	0.4	0.15	3.11	0.2	0.44
1996	0.2	0.07	0.42	0.0	0.06
1997	0.3	0.12	2.88	0.1	0.40
1998	0.3	0.11	3.24	0.1	0.45
1999	0.1	0.04	1.45	0.0	0.20
2000	0.1	0.04	2.00	0.0	0.28
2001	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2002	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2003	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
2004	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00
SUMA :	1.8			0.8	
PRUMER:	0.2	0.06	3.17	0.1	0.4
Y max =	5.50 t/ha				
Y min =	0.42 t/ha				

soustava : C:\SOUBOR1\ZS\PODEBKUK.DAT plodina : louky

ROK	P[ha]	Pzem[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1994	24.0	7.43	2.49	59.8	2.49
1995	24.0	7.92	2.56	61.4	2.56
1996	24.0	8.03	2.56	61.4	2.56
1997	24.0	8.42	2.56	61.4	2.56
1998	24.0	7.95	2.56	61.4	2.56
1999	24.0	7.77	2.56	61.4	2.56
2000	24.0	8.16	0.50	12.0	0.50
2001	24.0	7.92	1.20	28.8	1.20
2002	24.0	7.92	2.74	65.8	2.74
2003	24.0	8.76	1.40	33.6	1.40
2004	24.0	8.66	4.45	106.8	4.45
SUMA :	264.0			613.9	
PRUMER:	24.0	8.07	2.33	55.8	2.3
Y max =	4.45 t/ha				
Y min =	0.50 t/ha				

soustava : C:\SOUBOR1\ZS\PODEBKUK.DAT plodina : pastviny

ROK	P[ha]	Pzem[%]	Y[t/ha]	Ys[t]	Ys[t/ha]
1994	5.0	1.55	0.80	4.0	0.80
1995	5.0	1.65	0.80	4.0	0.80
1996	5.0	1.67	0.80	4.0	0.80
1997	5.0	1.75	0.80	4.0	0.80
1998	5.0	1.66	0.80	4.0	0.80
1999	5.0	1.62	0.80	4.0	0.80
2000	5.0	1.70	0.80	4.0	0.80
2001	5.0	1.65	0.80	4.0	0.80
2002	5.0	1.65	0.80	4.0	0.80
2003	5.0	1.82	0.80	4.0	0.80
2004	5.0	1.81	0.80	4.0	0.80
SUMA :	55.0			44.0	
PRUMER:	5.0	1.68	0.80	4.0	0.8
Y max =	0.80 t/ha				
Y min =	0.80 t/ha				

DEKOMPOZICE ZEMEDELSKE SOUSTAVY

soustava : C:\SOUBOR1\ZS\PODEBKUK.DAT obdobi 1994 - 2004

**** dzeta 2 = 0.200 **** Eta 0 = 0.687
 **** dzeta 2 = 62.381 **** omegal = 0.685
 **** omega 2 = 0.870

PARAMETR	suma Ys	suma C	suma Ck
plodina	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]
jednolete	260.5	100.6	78.9
vicelete	232.1	89.6	70.3
rhizomy	232.1	50.1	50.1
zrno ob.	569.0	37.0	
slama ob.	722.7	278.9	278.9
obiloviny celkem	1291.7	315.9	
olejniny	140.6		
okopaniny	19.9		
louky	55.8	21.5	16.9

celkova suma Ck [t/rok] = 495.3
 suma Ck - suma Y2(z) [t/rok] = -73.8
 suma C2(sl) - suma Ys(3) [t/rok] = 118.4

ROK	VYVOJ ETA 0	PARAMETRU							
		Y2(z)	Ys2/ Ys0+1+4	Ys/ Ys0+1+4	Ys0+1+4/ Z	Ys/Z	Ys/H	hz	Ys/Pz
1994	0.390	636.1	3.002	4.584	4.561	20.91	70.132	0.334	6.992
1995	0.782	751.3	2.997	4.329	5.313	23.00	108.517	0.360	8.273
1996	3.330	559.5	2.364	3.949	4.319	17.06	79.847	0.418	7.130
1997	3.647	496.6	2.177	3.748	3.672	13.76	53.760	0.495	6.810
1998	0.579	571.8	2.443	3.865	4.016	15.52	49.753	0.444	6.886
1999	0.748	647.5	2.573	3.652	4.172	15.24	116.568	0.453	6.904
2000	0.466	663.4	4.229	5.231	2.554	13.36	95.048	0.486	6.498
2001	0.733	558.5	2.054	3.230	4.280	13.83	121.698	0.485	6.707
2002	0.187	424.5	1.514	2.514	4.330	10.89	79.614	0.485	5.281
2003	0.108	433.7	2.615	4.095	2.210	9.05	57.019	0.628	5.681
2004	1.339	516.4	1.439	2.573	4.935	12.70	126.976	0.596	7.564
prumer	0.687	569.0	2.370	3.661	3.968	14.53	79.761	0.468	6.799

ROK	VYVOJ PARAMETRU						
	H/Pz [kg NPK]	Ys [t]	Ys0 [t]	Ys2 [t]	Ys3 [t]	Ys1+4 [t]	Ys0+1+4 [t]
1994	99.69	2258.3	195.8	1478.9	149.8	296.8	492.6
1995	76.24	2506.7	267.5	1735.4	7.0	311.6	579.1
1996	89.30	2131.9	473.9	1276.0	59.5	66.0	539.9
1997	126.67	1940.8	451.8	1127.3	0.7	66.0	517.8
1998	138.41	2079.7	197.3	1314.9	0.6	340.8	538.1
1999	59.22	2133.2	250.0	1503.0	0.5	334.1	584.1
2000	68.37	1910.5	116.0	1544.8	0.4	249.2	365.3
2001	55.12	2032.4	282.8	1292.3	0.4	346.4	629.2
2002	66.34	1600.2	101.6	963.6	0.1	534.8	636.5
2003	99.64	1556.6	37.1	994.1	0.1	343.1	380.2
2004	59.57	2095.1	492.1	1172.2	0.1	322.2	814.3
prumer	85.238	2022.3	260.5	1309.3	19.9	291.9	552.5

SOUBOR KOEFICIENTU "*"KFG"

Nazev, skupina plodin a koef. prepoctu sklizene hmoty na susinu

ostat. jednol. pic.	1	0.2000	ovoce - jahody	4	0.1400
kukurice na silaz	0	0.2000	louky	8	1.0000
vojteska	2	1.0000	pastviny	9	1.0000
ostat. vicelet. pic.	2	1.0000		0	0.0000
obiloviny	3	2.2700		0	0.0000
kukurice na zrno	3	2.5000		0	0.0000
hrach	3	2.6000		0	0.0000
cukrovka	4	0.2670		0	0.0000
brambory rane	4	0.3420		0	0.0000
brambory pozdni	4	0.3420		0	0.0000
krmna repa	4	0.1480		0	0.0000
repka	5	3.0000		0	0.0000
slunecnice	5	3.2000		0	0.0000
horcice	5	3.0000		0	0.0000
zelenina	4	0.1400		0	0.0000

Seznam koeficientu pouzivanych ve vypoctech

1. Ys	-->	C	..... jednolete picniny	:	0.386
2. Ys	-->	C	..... vicelete picniny	:	0.386
3. Ys	-->	C	..... louky	:	0.386
4. Ys1	-->	C	(rhizomy)	:	0.360
5. C	-->	Ck	..... jednolete picniny	:	0.785
6. C	-->	Ck	..... vicelete picniny	:	0.785
7. C	-->	C	..... louky	:	0.785
8. suma Ys1	-->	Dzeta	.....	:	1.000
9. suma Ys2	-->	Dzeta	.....	:	0.750
10. suma Ys4	-->	Dzeta	.....	:	0.500
11. C(rhizomy)	-		korekce pro 1 uzitk. rok	:	0.300
12. C(rhizomy)	-		korekce pro 2 uzitk. roky	:	0.450
13. C(rhizomy)	-		korekce pro 3 uzitk. roky	:	0.600
14. Y0	-->	Ys0	.....	:	0.200
15. Y1	-->	Ys1	.....	:	1.000
16. Y3	-->	Ys3	.....	:	0.342
17. Y4	-->	Ys4	.....(louky).....	:	1.000
18. Y2(z)	-->	C2(z)	.....	:	0.065
19. Y2(z)	-->	Y2(s1)	.....	:	1.270
20. Y2(s1)	-->	C2(s1)	.....	:	0.386
21. C2(s1)	-->	Ys3	.....	:	1.000
22. C2(z+s1)	-->	Y2(z)	.....	:	1.800
23. C2(z+s1)	-->	Ys0+1+4	.....	:	2.590
24. Z (DJ)	-->	Ys0+1+4	.....	:	3.830
25. Ys0+1+4	-->	Ys0	.....	:	0.215

Regresní přímka vývoje parametru:

$$\begin{aligned} Y_0 &= 25,08 - 0,74 x & r &= - 0,173 \\ Y_1 &= 6,74 - 0,21 x & r &= - 0,369 \\ Y_2 &= 4,26 - 0,02 x & r &= - 0,288 \\ Y_3 &= 20,10 - 1,79 x & r &= - 0,587 \\ Y_4 &= 2,02 + 0,01 x & r &= - 0,332 \end{aligned}$$