

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra botaniky a fyziologie rostlin**



**Vliv rozdílného hnojení dusíkem na energetickou bilanci  
pěstování ječmene jarního**

Diplomová práce

**Autor práce: Vojtěch Pokorný**

**Vedoucí práce: Ing. František Hnilička, Ph.D.**

**2012**

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „ Vliv rozdílného hnojení dusíkem na energetickou bilanci pěstování ječmene jarního.“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne: .....

Podpis: .....

### **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Františkovi Hniličkovi, Ph.D. za odbornou pomoc a vedení při zpracování této diplomové práce.

## Souhrn

Ječmen se v rostlinné produkci na území České republiky za poslední století udržuje jako jedna z nestabilnějších plodin vůbec. Ke zkulturnění této plodiny došlo kolem roku osm tisíc let před naším letopočtem. Na území českých zemí byl zavlečen Kelty a po pšenici měl druhé nejvýznamnější zastoupení. S postupem času docházelo ke zlepšování technologií na jeho pěstování a později i ke šlechtění za účelem získání co nejvyšších výnosů s odpovídající kvalitou k dalšímu uplatnění. Ječmen se používá k výrobě krmiv, v potravinářství a jarní odrůdy mají hlavní uplatnění k výrobě sladu a následně piva.

Cílem práce bylo zjistit energetický zisk při pěstování ječmene jarního odrůdy Calgary a porovnat a jaký vliv má na celkové výstupy a zisk různé hnojení dusíkatými hnojivy v organické i minerální formě.

Polní pokusy byly založeny ve třech lokalitách Humpolec, Hněvčeves a Lukavec. Ječmen jarní 'Calgary' je pěstován v osevním sledu brambory, pšenice ozimá, ječmene jarní. K hnojení organickými hnojivy docházelo vždy před brambory a přímo k ječmeni byla dodávána pouze minerální hnojiva LAV a NPK. Ke zjištění celkového zisku bylo nutné znát výnos a energetickou hodnotu hlavního i vedlejšího produktu. Ke zjištění energetické hodnoty byla použita metoda spalné kalorimetrie, která patří v termodynamice mezi nejpropracovanější. Tato metoda přímo zjišťuje energetický obsah v biomase. Hodnocení jednotlivých agrotechnických vstupů bylo uskutečněno na základě tabelárních hodnot a metodických postupů podle Preiningera (1987).

V pokusech byly prokázány změny výsledného energetického zisku u jednotlivých variant hnojení. Kdy při poměrně nízkých změnách energetických vstupů byl zaznamenáno výrazné zvýšení výstupů a následně i celkového energetického zisku. Např. v lokalitě Hněvčeves byl rozdíl ve vstupech mezi nehnojenou variantou a hnojenou NPK 7,03 GJ.ha<sup>-1</sup> následný zisk činil rozdíl ve prospěch varianty NPK 102,37 GJ.ha<sup>-1</sup>. Podobných výsledků bylo dosahováno i v obou dalších lokalitách, ale byl zde vidět poměrně velký vliv prostředí na celkové výnosy. Zatímco co výnos v lokalitě Hněvčeves se pohyboval u všech variant v rozmezí 3,24t.ha<sup>-1</sup> až 8,24.ha<sup>-1</sup> v Humpolci bylo rozmezí 1,83 t.ha<sup>-1</sup> až 4,44 t.ha<sup>-1</sup> a v oblasti Lukavec 2,14 t.ha<sup>-1</sup> až 4,48 t.ha<sup>-1</sup>. Obecně bylo zjištěno, že nejvyššího zisku dosahovaly varianty hnojené minerálními hnojivy, tedy NPK a LAV i přes nejvyšší energetické vstupy, které ovšem byly vykompenzovány relativně vysokými výnosy a nejnižších výnosů a energetického zisku dosáhly varianty hnojené pouze organickým hnojením.

## Summary

In the last centuries, barley has been considered as one of the most stable crops in the plant production in the area of the Czech Republic. It was spread by Celts in the territory of Czech countries, having the second most important role next to wheat. In the course of time, the production technologies improved and later it was cultivated in order to maximise the yields with appropriate quality for further use. Barley is used in the fodder production, food processing, and spring types of barley are used for the production of malt and beer.

The aim of the thesis was to analyze the energy yield created by growing the spring barley variety „Calgary“ and to compare the effect of various types of organic and mineral nitrogen fertilizers on general outputs and gains.

Field experiments were conducted at three sites: Humpolec, Hněvčeves and Lukavec. The Calgary variety is grown following the cropping pattern of potatoes, winter wheat and spring barley. The organic fertilization took place before potatoes, and barley was supplied only with mineral fertilizers LAV and NPK. For determining the total gain, it was necessary to know the yield and energy value of the main and by-product. The determination of the energy value was based on the combustion calorimetry method, which is considered one of the most sophisticated method in thermodynamics. The evaluation of the particular agrotechnical inputs was based on the figures and methodical schemes by Preininger (1987).

The experiments proved changes in the final energy gain in the particular types of fertilization. Relatively low changes of energy inputs were accompanied by considerable rise of outputs together with the total energy gain. For instance, in the location of Hněvčeves there was a difference of 7,03 GJ.ha<sup>-1</sup> between the non-fertilized variant and the fertilized variant NPK, while the final profit showed a difference of 102,37 GJ.ha<sup>-1</sup> in favour of the variant NPK. The results in both other locations were similar, however, there was a relatively significant influence of environment on the final gains. While in Hněvčeves location the gain ranged between 3,24t.ha<sup>-1</sup> and 8,24.ha<sup>-1</sup> for all variants, the range in Humpolec was between 1,83 t.ha<sup>-1</sup> and 4,44 t.ha<sup>-1</sup>, and in Lukavec location it was from 2,14 t.ha<sup>-1</sup> and 4,48 t.ha<sup>-1</sup>. Generally, it was found out that the highest gains are connected with the mineral-fertilized variants, i.e. NPK and LAV, despite the highest energy inputs, which were compensated by relatively high yields and lowest yields and energy gain found out of the organic-fertilized variant.

Klíčová slova:

ječmen, dusík, brutto energie, výnos, energetická bilance

Key words:

barley, nitrogen, brutto energy, yield, energy balance

# Obsah

1. Úvod .....	3
2. Cíle a hypotézy .....	4
3. Literární přehled.....	5
3. 1. Botanická charakteristika ječmene.....	5
3. 2. Historie.....	6
3. 3. Ječmen v rostlinné produkci.....	7
3. 4. Odrůdová skladba.....	7
3. 5. Agrotechnika .....	9
3. 6. Vliv předplodiny .....	10
3. 7. Výživa ječmene jarního .....	10
3. 8. Dusík .....	11
3. 9. Hnojení sladovnického ječmene dusíkem .....	13
3. 10. Minerální hnojení dusíkem .....	14
3. 11. Statková hnojiva .....	14
3. 12. Chlévská mrva.....	15
3. 13. Čistírenský kal jako hnojivo .....	15
3. 14. Hnojení slámou .....	18
3. 15. Nedostatek dusíku.....	18
3.16. Posklizňová úprava a skladování ječmene .....	19
3. 17. Pěstební plocha.....	20
3. 18. Produkce energie v rostlinné výrobě.....	22
3. 19. Energetická bilance.....	23
3. 20. Kalorimetrické stanovení obsahu energie .....	24
4. Metodika .....	26
4. 1. Stanoviště.....	26
4. 2. Agrotechnika .....	27
4. 3. Odrůda ječmene jarního .....	28
4. 4. Kalorimetrické stanovení obsahu energie .....	28
4. 5. Vyhodnocení výsledků pokusů .....	30
5. Výsledky.....	31
5. 1. Energetické vstupy.....	31

<b>5. 2. Humpolec</b> .....	<b>39</b>
<b>5. 2. 1. Humpolec: Energetické hodnoty a výnosy</b> .....	<b>39</b>
<b>5. 2. 2. Energetický zisk Humpolec</b> .....	<b>41</b>
<b>5. 3. Hněvčeves</b> .....	<b>42</b>
<b>5. 3. 1. Hněvčeves: energetické hodnoty a výnos</b> .....	<b>42</b>
<b>5. 3. 2. Energetický zisk Hněvčeves</b> .....	<b>44</b>
<b>5. 4. Lukavec</b> .....	<b>46</b>
<b>5. 4. 1. Lukavec: Energetické hodnoty a výnosy</b> .....	<b>46</b>
<b>5. 4. 2. Energetický zisk Lukavec</b> .....	<b>48</b>
<b>6. Diskuse</b> .....	<b>51</b>
<b>7. Závěr</b> .....	<b>54</b>
<b>8. Literatura</b> .....	<b>55</b>



# 1. Úvod

Zastoupení ječmene jarního v rostlinné produkci České republiky má nezastupitelný význam. Jedná se o jednu z nejstabilnějších plodin pěstovaných na našem území ve srovnání s ostatními obilninami a po pšenici ozimé je druhou nejpěstovanější obilninou. Jeho význam je nezastupitelný především v potravinářství a sladovnictví. Jeho výhodami jsou také poměrně nízké náklady a vysoké výkupní ceny, díky kterým se z něj stává plodina s vysokou rentabilitou.

V současné době jsou kladeny poměrně přísné nároky na kvalitu ječmene jarního pro sladovnické účely a dochází jak ke šlechtění nových odrůd, tak i ke změnám agrotechniky jeho pěstování. Různé způsoby pěstování nemusí však vždy dosahovat ekonomicky výhodných zisků a je proto důležité zvážit za jakých podmínek má jednotlivá agrotechnika smysl.

V této práci bylo cílem zjistit efektivnost jednotlivých způsobů hnojení ječmene jarního dusíkatými hnojivy, porovnání vstupů a výstupů ze soustavy a zjistit za pomoci výnosů hlavního a vedlejšího produktu a spalného tepla vyjádřeného brutto energií celkový energetický zisk. V tomto pokusu bylo možno sledovat i vliv prostředí na výnosy a celkový zisk ječmene jarního.

## 2. Cíle a hypotézy

Obsah energie rostlinného materiálu je ovlivněn nejenom rychlostí fotosyntézy a transportem asimilátů, ale také prostředím a v agroekosystému dále také agrotechnickými zásahy. Efektivitu agrotechnických zásahů je možné stanovit také metodou energetické bilance.

Cílem práce je:

- stanovení obsahu energie v zrně a slámě ječmene jarního,
- výpočet energetické bilance při porovnávání vstupů a konečných výstupů ze soustavy na základě normativů dle Preiningera (1987).

Pro splnění uvedených cílů byly stanoveny následující hypotézy:

- existuje rozdíl spalného tepla při různých způsobech hnojení dusíkatými hnojivy,
- existuje rozdíl ve výnosech hlavního a vedlejšího produktu při různých způsobech dusíkatého hnojení,
- existuje rozdíl celkového energetického zisku při různých způsobech hnojení.

## 3. Literární přehled

### 3. 1. Botanická charakteristika ječmene

Ječmen (*Hordeum sp.* L) patří do říše Rostliny, oddělení semenných rostlin (*Spermatophyta*), pododdělení krytosemenných (*Angiospermae*), třídy jednoděložných (*Monocotyledonae*), čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Rod *Hordeum* L. podle počtu chromozomů ( $n = 7$ ) rozdělujeme na diploidní, tetraploidní a hexaploidní, přičemž i v rámci druhu se mohou vyskytovat rozdílné stupně ploidity (Zimolka a kol., 2006).

*Hordeum* L. má ploché nesvinuté listy, lichoklas jednoduchý, hustý, podlouhle válcovitý, klásky přisedlé ve dvou trojicích po stranách každé uzliny lichoklasu, tvořící pak 2, 4 nebo 6 podélných řad fertálních květů, protože každá trojice klásků obsahuje střední oboupohlavní klásek a dva postranní oboupohlavní nebo samčí nebo sterilní, klásky jedno nebo dvoukvěté, plevy čárkovitě šídlovité, osině podobné, až kopinaté a osinaté, až k bázi volné, plucha pětižilná, vejčitá, pluška úzce vejčitá, kýlnatá, tři tyčinky, lodikuly dvě, vřeteno prostředního klásku v trojici prodloužené, pestík ochlupený, blizny pod vrcholem semeníku nasedající, obilka pevně okoralá, zřídka neokoralá (Dostál, 1989).

Podle způsobů růstu se ječmeny dělí na divoce rostoucí plané ječmeny, z nichž je u nás nejrozšířenější ječmen myší (*Hordeum murinum* L.) a ječmen setý (*Hordeum vulgare*), které se vyskytují v kultuře a jsou jednoletou jarní nebo ozimou trávou. Kulturní ječmeny se dále ještě člení na ječmeny jednořadé a víceřadé. Dvouřadé ječmeny se dělí do tří skupin: nicí, vzpřímené a paví. Hlavní skupinu sladovnických ječmenů tvoří ječmeny nicí. Podle taxonomického hlediska se pro dvouřadý ječmen nicí používá označení *H. vulgare* var. *nutans*. Obilky takových ječmenů jsou přirostlé ke klasovému vřetenu, takže osiny jsou souběžné. Klas během zrání háčkuje, na rozdíl od ječmene vzpřímeného. Ječmeny paví mají vějířovitě uspořádané osiny (Kosař a Procházka, 2000).

*Hordeum vulgare* convar. *distichon* – ječmen setý dvouřadý tvoří tři jednokvěté klásky na každém článku klasového vřetene, dva z nich (okrajové) jsou sterilní, vyvíjí se výjimečně nebo jalově s pluchou a pluškou a jsou bez osin. Prostřední klásek je plodný (nejčastěji s osinou). V době zralosti má zploštělé klasy, tvořené dvěma řadami vyvinutých obilek, mezi nimi je z každé strany dvojité řada bezosinných, sterilních klásků (Zimolka a kol., 2006).

*Hordeum distichon* L. má stébla 60 – 130 cm, listy 5 – 25 cm, 5 ) 15 mm široké, lysé, hladké nebo drsné; lichoklas (kromě osin) 4 – 12 cm, zploštělý, se dvěma řadami fertálních

klásků (a za zralosti se dvěma řadami obilek), včetně pevné, nelámavé, na hranách chlupaté, plucha středního klásku v trojici až 15 cm, pluchy postraních klásků uťaté, někdy hrotité, tenké; obilky většinou okoralé (Dostál, 1989).

## 3. 2. Historie

Ječmen dvouřadý pochází z Přední Asie a ječmen víceřadý z východní Asie. V těchto oblastech byl ječmen zkulturněn před 8 tis. lety.

Podle Kosaře a Procházky. (2000) se ječmen dostal do Evropy asi 7000 – 4000 let před naším letopočtem pravděpodobně z oblasti mezi Egyptem a Íránem. Jeho rozšíření patrně souvisí s migrací obyvatel ze severní Afriky přes Gibraltar do západní Evropy a přes Sicílii a Itálii do střední Evropy. Podle Hajnalové (1999) existuje mimo tzv. jižní cesty i tzv. severní cesta ze Sibíře přes jižní Rusko a Podunají do střední Evropy.

Na území českých zemí se ječmen šířil už s Kelty, kdy měl po pšenici druhé nejvýznamnější místo. Používal se na chléb a pivo. Pro Čechy byl v již devátém století spolu s prosem a nahými pšenicemi nejvýznamnější plodinou (Černý a kol., 2007). Planý druh ječmene (*Hordeum spontaneum* C. Koch) byl popsán roku 1848. V současné době existují dvě teorie původu a rozšíření ječmene. První teorie hovoří o tom, že *Hordeum spontaneum* je prarodičem dvouřadého a víceřadého ječmene. Zastánci druhé teorie jsou přesvědčeni, že *Hordeum spontaneum* jako planý druh má vztah pouze k dvouřadým formám kulturního ječmene a otázka předchůdce šestiřadých forem zůstává nevyřešena (Kosař a Procházka, 2000).

Ječmenářství bylo významnou součástí českého zemědělství již v dobách Rakousko – Uherska a jeho úroveň se udržela i po roce 1918 v novém československém státě. Po celé dvacáté století ovlivňovaly produkci sladovnického ječmene původní odrůdy vzniklé na bázi hanáckých vysoce jakostních odrůd. V současné době jsou ale na našich polích pěstovány především zahraniční odrůdy. Je to způsobeno, kromě určitého omezení českého šlechtění ječmene, i silným vlivem globalizace, která zasáhla pivovarství a sladařství a následně tedy i ječmenářství (Kosař a kol., 2004)

V roce 1965 byla zaregistrována odrůda Diamant, detekována jako pozitivní mutace po ozáření rentgenovými paprsky odrůdy Valtický. V období let 1972–1990 bylo v Československu vyšlechtěno celkem 28 odrůd diamantového typu a od roku 1990 bylo

uznáno celkem 114 odrůd, včetně zahraničních, které mají ve svém rodokmenu genotyp Diamant (Zimolka a kol., 2006).

### 3. 3. Ječmen v rostlinné produkci

Po určitém období stagnace se díky extrémnímu roku 2006 sladovnický ječmen zase jeví jako ekonomicky zajímavá a perspektivní plodina, do které se vyplatí investovat. Je ověřeno, že spolehlivou návratnost mají prostředky investované do kvalitní ochrany a výživy porostů (Peza, 2007).

Jeho místo v rostlinné produkci posledního století je ze všech plodin nejstabilnější, jak i ukazuje porovnání s jinými obilovinami. Po pšenici přináší české rostlinné výrobě nejvyšší hrubé tržby a předstihuje řepku. Z hlediska ekonomiky, kde se spojují jeho vysoké ceny a poměrně nízké náklady, je po máku, bramborách a cukrovce plodinou s nejvyšší rentabilitou. Nárůst jeho ceny, při skokové změně v roce 2007 proti předchozím rokům, je ze všech rostlinných komodit nejvyšší (Černý a kol., 2007).

Značná nabídka nových, hlavně krátkostébelných odrůd umožňuje vyšší rozsah jeho pěstování. Patří k plodinám vhodným k velkovýrobním formám pěstování, kde je zajištěna produkce větších a vyrovnaných partií zrna pro další technologické zpracování (Vaněk a kol., 2007).

Hlavní zásadou pěstitelských technologií sladovnického ječmene je jejich strukturovaná výstavba od pevných základů. Ječmen vytváří výnos především vysokým počtem klasů na jednotku plochy. Proto základ technologie musí tvořit faktory rozhodující o počtu produktivních stébel. Naopak pomyslný vrcholek je reprezentován faktory, které ovlivňují hmotnost tisíce zrn. Jestliže jsou opatření ovlivňující hmotnost tisíce zrn využívány u porostu dobrým základem (tedy s dostatečným počtem produktivních stébel), mohou přinést značný efekt (Klem, 2011).

### 3. 4. Odrůdová skladba

Odrůdy ječmene (*Hordeum vulgare* L.) jsou, podobně jako u celé řady dalších hospodářsky využívaných druhů plodin, základním nosným prvkem kvality. Zrno ječmene je zdrojem mnoha významných látek, umožňujících jeho široké využití. Obsah (tab. 1) a

vzájemné poměry těchto látek mohou být záměrným šlechtěním do jisté míry pozměněny pro specifické využití (MacGregor et al., 1993)

Tabulka 1. Chemické složení obilky ječmene (%) (MacGregor et al., 1993)

<b>Sacharidy</b>	
škrob	60–65
(amylosa 17–24 % škrobu)	
(amylopektin 76–83 % škrobu)	
<b>Nízkomolekulární sacharidy</b>	
sacharosa	1–2
ostatní cukry	1
rafinosa	0,3–0,5
maltosa	0,1
glukosa	0,1
fruktosa	0,1
<b>Neškrobové polysacharidy</b>	
hemicelulosa:	
β-glukany	3,3–4,9
pentosany	9
celulosa	4–7
<b>Tuky</b>	3,5
<b>Fosfáty</b>	
fytin	0,9
<b>Polyfenoly</b>	0,1–0,6
<b>Dusíkaté látky</b>	7–18
rozpustné dusíkaté látky	1,9
albuminy a globuliny	3,5
hordeiny (prolaminy)	3–4
gluteliny	3–4
<b>Minerální látky</b>	2

Je známou skutečností, že při velmi často se měnící odrůdové skladbě je vyhledáván jen užší sortiment odrůd pro konkrétní využití. V podmínkách ČR je výběr zaměřen především na odrůdy poskytující kvalitní surovinu pro výrobu sladu. Odrůdy ječmene (i jiných plodin) byly před vstupem ČR do Evropské unie registrovány (starší termín „povolovány“) výhradně pro pěstování na území republiky, po vstupu do EU se odrůdy registrované v členských zemích stávají součástí Společného katalogu odrůd, a mohou tedy být pěstovány ve všech členských zemích. V roce 2011 byly v ČR registrovány sladovnické odrůdy jarního ječmene Concerto, Monalisa, Jazz, Delphi a Despina (Psota et al., 2011).

Ze sortimentu odrůd sladovnického ječmene byly v roce 2011 nejvíce pěstované tyto odrůdy: Bojos – 25,0 %, následuje Sebastian – 20,0 %, Malz – 14,0 %, Kangoo – 11,0 %, Xanadu – 10,0 %, dále Prestige – 3,0 %, Radegast – 3,0 %, Blaník – 1 % a ostatní odrůdy –

13,0 %). Průměrný obsah bílkovin je 10,8 %, což je vcelku příznivé (Kůst a Potměšilová, 2011).

Výběr odrůdy, která se hodí do klimatických a geografických podmínek každého podniku je právo a povinnost agronoma. Snahou je dostat za odpovídající cenu získat co nejlepší výchozí materiál, který zabezpečí vysokou výnosovou hladinu a kvalitu sklizené komodity. Toto platí u většiny plodin pěstovaných v ČR kromě sladovnického ječmene. Právo volby totiž převzali pivovary, které nakupují slad, který musí splňovat specifické požadavky pro výrobu jednotlivých piv (Černý a Vašák, 2007).

### **3. 5. Agrotechnika**

Při hodnocení vlivu jednotlivých agrotechnických opatření na výnos zrna jarního ječmene se obvykle popisuje, že zpracování půdy je agrotechnické opatření, které možná nejméně ovlivňuje výnos zrna. Výrazněji působí odrůda, ochrana, výživa, předplodina, případně závlaha. Většina ukazatelů půdní úrodnosti a především pak fyzikální stav půdy v různých letech nevykazuje výrazné rozdíly mezi variantami zpracování půdy. Změny sice byly předvídatelné, ale málo významné a v žádném případě neznamenal zásadní ovlivnění podmínek pro růst, vývoj a hlavně výnos hlavního produktu (Šuškevič, 2008a).

Ječmen jarní je plodinou, která nejvíce reagovala zvýšením výnosu zrna na snížení hloubky a intenzity zpracování půdy a na utužování půdy při zpracování půdy, přípravě půdy k setí a po zasetí (Šuškevič, 2008b).

U jarního ječmene se výrazněji než u jiných plodin projevuje provázanost mezi technologickými opatřeními. Jestliže jeden prvek technologie není optimální, nebo dokonce zcela chybí, může být význam jiných opatření výrazně snížen nebo dokonce působit kontraproduktivně. Ten kdo je schopen intenzitu pěstování udržet na optimální úrovni dosahuje nejlepších ekonomických výsledků. Nízká nebo naopak příliš vysoká úroveň nákladů snižuje ekonomickou efektivnost. V případě jarního ječmene však naprostá většina podniků hospodaří pod úrovní optimální intenzity. Problém tohoto stavu je, že takto dosažená nízká rentabilita vede k dalšímu omezování vstupů. V případě ječmene to však může znamenat snižování plochy a celkového zájmu o pěstování sladovnického ječmene (Klem, 2011).

Obilniny jsou zhoršující plodinou pro půdy, protože odčerpávají pohotové živiny z povrchové vrstvy, mají nekvalitní organickou hmotu, špatný poměr C:N přibližně 80:1,

dochází k odebrání N z půdy na rozklad této organické hmoty, dochází k dusíkové depresi (Vavera, 2007).

Objektivním výrobním činitelem v rostlinné výrobě je počasí. Vliv počasí na úrodu a kvalitu pěstovaných plodin se výrazně podílí na ekonomice zemědělství. Ječmen jarní je velmi produktivní plodina a za poměrně krátké vegetační období (95–120 dní) dokáže vytvořit pozoruhodné množství biomasy. Na to ovšem požaduje vhodné podmínky pro kořenovou soustavu, jako např. zajištění dostatečného přísunu živin, vody a dostatek vzduchu. Kromě půdních vlastností je důležité dodržovat vysokou úroveň všech agrotechnických zásahů v optimálních termínech (Šoltýsová a Danilovič, 2005).

### **3. 6. Vliv předplodiny**

Pěstování kvalitního sladovnického ječmene bylo v minulosti velmi úzce svázáno s pěstováním dvou okopanin, cukrové řepy a brambor. To proto, že nejvyšších jakostních parametrů bylo dosahováno díky specifickým požadavkům ječmene na půdní prostředí a hladinu dusíku v půdě ve srovnání s jinými předplodinami. Obě tyto organicky hnojené předplodiny poskytovaly bohaté zdroje dobře přijatelných živin v půdě jak z organické hmoty, tak z minerálních hnojiv (Váňová a kol., 2011)

Předplodina odčerpávala příliš vysoké hladiny živin z půdy, a tak bylo možné následně snadno kontrolovat požadavky ječmene především na dusíkatou výživu. To všechno vyhovovalo jarnímu ječmeni jako plodině s jemným a mělkým kořenovým systémem, která musí během krátké vegetační doby přijmout velké množství lehce přijatelných živin a vody z půdního prostředí a pak je schopna vytvořit jak vysoký výnos, tak dobrou kvalitu zrna. Za těchto podmínek pak předplodina dominantním způsobem ovlivňovala výnos i kvalitu jarního ječmene (Kopecký, 1985).

### **3. 7. Výživa ječmene jarního**

Z obilnin má ječmen horší osvojovací schopnost živin a také nejhůře snáší kyselější půdy a nevyrovnanost pozemku. Značnou předností je jeho vyšší tolerance k předplodině. U sladovnického ječmene je výnosem okolo 5 t zrna z hektaru odčerpáno z půdy okolo 110 kg dusíku, 24 kg fosforu, 90 kg draslíku, 30 kg vápníku a 9 kg hořčíku (Vaněk a kol., 2007).



Vzhledem ke kratší vegetační době a nižší schopnosti osvojování živin z půdy ve srovnání s ozimou pšenicí je pro pěstování jarního ječmene důležitá dobrá zásobenost přijatelných živin v půdě a celková vysoká úrodnost půdy. Příjem živin u jarního ječmene je velmi rychlý a převážnou část živin rostliny přijímají v rozmezí asi šesti týdnů. Důležité je zohlednit, že vyšší odběr dusíku mají ječmeny pro krmné využití a nižší ječmeny sladovnické. Od počátku vegetace je příjem dusíku a draslíku vyrovnaný a ve druhé polovině vegetace převažuje příjem draslíku, který má význam především při tvorbě zrna. Příjem fosforu je rovnoměrný po celou dobu vegetace (Pišanová a Klír, 2008).

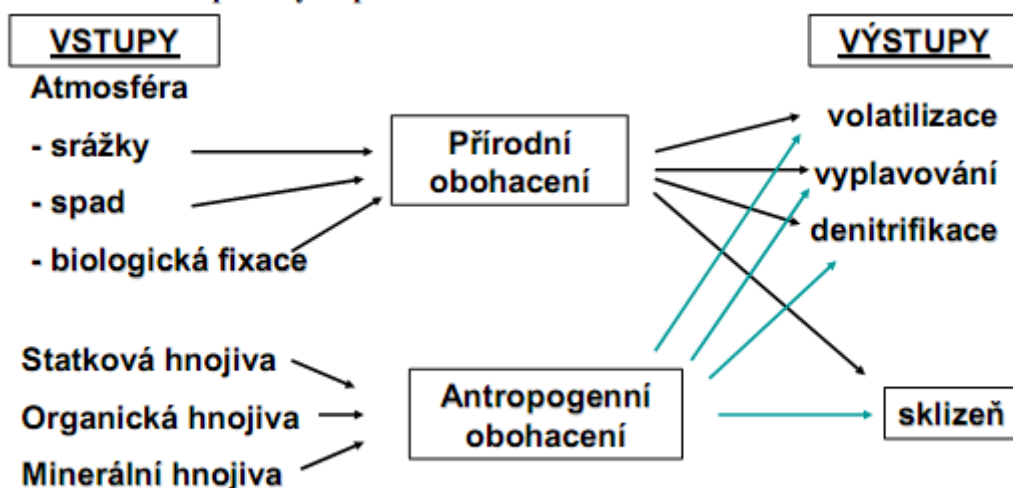
Organické hnojení se k jarnímu ječmeni běžně nepoužívá. Ovšem v osevních postupech s vysokým obsahem zastoupení obilnin, kdy ječmen následuje po obilnině, lze využít organické hnojení. Velmi se osvědčuje zelené hnojení v kombinaci se zaorávkou slámy, které působí zároveň jako přerušovač osevního sledu mezi více obilninami.

Pro vápnění platí stejné zásady jako u pšenice. Jelikož se do ječmene často podsévají jeteloviny, je nutné vápnit již k ječmeni, aby následné pícniny měly vhodné podmínky pro růst a tvorbu hlízkových bakterií (Vaněk a kol., 2007).

### **3. 8. Dusík**

Rostliny se vyznačují schopností přeměňovat abiotické tedy anorganické prvky a přetvářet některé jednoduché organické sloučeniny na složitější až složité organické sloučeniny. Nejinak je tomu u dusíku, který za spoluúčasti ostatních biogenních prvků transformují přes aminokyseliny do bílkovin, které jsou základem života na Zemi. Pro poznání složité problematiky dusíku v rostlinné produkci a jeho vlivu na ekosystém je nutné vycházet z koloběhu N v přírodě. Pro zemědělce má zvláště význam porovnání vstupů a výstupů dusíku (graf 1) (Richter a Hlušek, 2006).

Graf 1 porovnání vstupů a výstupů dusíky v půdě (Richter a Hlušek, 2006).



Značná část dusíku je obsažena v organické formě. Mineralizace organických látek probíhá těmito fázemi: rozklad dusíkatých organických látek, humusových látek a bílkovin proteolytickými enzymy vylučovanými různými skupinami mikroorganismů na polypeptidy. Ty jsou pak rozkládány na peptidy, aminokyseliny a působením deaminás na amoniak. Uvedené procesy zajišťují jak rozklad dusíkatých organických látek, tak vlivem půdního fytoedafonu a zooedafonu i syntézu nových dusíkatých látek. Za předpokladu, že je v půdě dostatek organických látek s širokým poměrem C:N, může být dusík uvolněný mineralizací nebo dusík minerální imobilizován (Richter a Hlušek, 2006).

V biologicky činných půdách podléhá amonný dusík nitrifikaci. Nitrifikace je biologická oxidace amoniaku na dusičnany, která se uskutečňuje ve dvou etapách a to jako nitritace (nitritační bakterie) a nitratace (nitratační bakterie). Nitrifikace je závislá na celé řadě podmínek, které ji ovlivňují a rozhodují o obsahu nitrátového dusíku v půdě (Fecenko a Ložek, 2000).

Hlavním zdrojem N pro rostliny jsou amonné a nitrátové ionty obsažené v půdě. Obsah celkového dusíku v ornici (0–25 cm) je poměrně stálý (1–2 % anorganicky vázaný dusík a 98–99 % organicky vázaný dusík), protože je v rozhodující míře zabudovaný do těžce chemicky i biologicky rozložitelných sloučenin. Dusík je zde vázán na aromatická jádra huminových kyselin, huminů, fulvokyselin a dalších složitých organických sloučenin. Průměrný obsah dusíku v ornici se pohybuje v rozmezí 0,11–0,23 %. V závislosti na půdním typu se za vegetační období z půdních zásob organicky vázaného dusíku zpřístupní mineralizací 90 – 200 kg N na hektar. Mineralizace neboli tvorba anorganického dusíku probíhá aerobním rozkladem půdní organické hmoty. Vzniklé aniony  $\text{NO}_3^-$  se nacházejí v

půdním roztoku a kationy  $\text{NH}_4^+$  jsou výměnným způsobem vázány na půdní sorpční komplex nebo pevně fixovány do mezivrstevných prostorů jílových minerálů. Koncentrace anorganického N v půdním roztoku je relativně nízká a např. u dusičnanového dusíku se pohybuje od 0,1 do 1,0 mmol  $\Gamma^{-1}$  (Marschner, 1995).

V rostlinách je dusík obsažen jak v anorganické, tak hlavně v organické formě. Organické sloučeniny dusíku plní v rostlinách celou řadu funkcí, např. stavební, metabolickou, transportní i zásobní (Boldt a Zrenner, 2003).

Množství dusíku v rostlinné sušině se v průměru pohybuje v rozmezí 1–3 % a zřídka klesá pod 1 %. Nitrofilní rostliny na ruderalních stanovištích mohou obsahovat v sušině až 6 % dusíku. Obsah dusíku je v rostlinách regulován různými způsoby, pravděpodobně i geneticky, a je v různých částech rostliny odlišný (Orsel et al., 2002).

Významné jsou i rozdíly v obsahu dalších prvků (S, P, Mg, K atd.) mezi jednotlivými orgány a pletivy rostliny. Ke změnám v obsahu prvků v různých rostlinných částech dochází také v průběhu ontogeneze. U obilnin v období odnožování je intenzita příjmu živin přibližně na úrovni nárůstu jejich hmotnosti, zatímco při sloupkování intenzita příjmu živin (zejména u dusíku) zaostává za intenzitou růstu, a v době od květu do zrání je příjem dusíku, fosforu a hořčíku zhruba opět na úrovni nárůstu sušiny. Celkové množství přijímaného prvku se během růstu rostliny zvyšuje, ale obsah vztažený na jednotku hmotnosti sušiny klesá. Tento jev je způsoben zvyšováním množství celulosy, hemicelulosy a ligninu v celkové hmotnosti sušiny rostliny (Zehnálek a kol., 2006).

### **3. 9. Hnojení sladovnického ječmene dusíkem**

Dusík, jako živina rozhodující o tvorbě sušiny a kvality zrna, je limitující pro obsah bílkovin v zrně, jeho mechanické vlastnosti a kvalitativní parametry sladu. Optimalizace dusíkaté výživy sladovnického ječmene je problematická zejména díky rozdílným nárokům na přísun dusíku v jednotlivých vývojových fázích. Další problém nastává v případě potřeby dusíku k vytvoření dostatečného počtu odnoží a jejich udržení. Proto je nutný dostatečný přísun dusíku během odnožování a v počátcích sloupkování. Obsah veškerých dusíkatých látek v zrně je základní technologickou hodnotou zrna ječmene určeného ke sladování. Optimální obsah dusíkatých látek se pohybuje v rozmezí 9,5 % - 11,5 %. U zrn s obsahem dusíkatých látek s více jak 12 % dochází k záporné korelaci k obsahu škrobu, který je velmi potřebnou složkou kvalitního extraktu. Slady vyrobené z takovýchto ječmenů mají vysoký

obsah dusíkatých látek, které dál přechází do piva, a projeví se potom špatnou koloidní stabilitou a sklonem k zákalům. Proto je obsah dusíku a jeho přístupnost pro rostliny jedním z nejdůležitějších faktorů pěstování sladovnického ječmene (Syrová a Ryant, 2010)

### **3. 10. Minerální hnojení dusíkem**

Na rozdíl od statkových hnojiv jsou minerální dusíkatá hnojiva aplikována většinou přímo k rostlinám, kterými mohou být následně využity.

Využití dusíku z aplikovaných dusíkatých minerálních hnojiv v našich půdně-klimatických podmínkách nedosahuje většinou 50 %, což je mimo jiné způsobeno ztrátami dusíku vyplavováním, povrchovým smyvem, denitrifikací a volatilizací amoniaku. Na méně úrodných půdách s promyvným režimem v bramborářské výrobní oblasti je často diskutována otázka vhodné formy, dávky a termínu použití dusíkatého minerálního hnojiva, aby byl dusík co nejvíce využit rostlinami a nedocházelo k následnému znečištění povrchových a podzemních vod nitráty (Pišánová a kol., 2005).

Nové postupy v pěstebních technologiích a vysoké výnosy zemědělských plodin s požadovanou kvalitou produkce kladou stále větší požadavky na optimalizaci výživného stavu rostlin. Změny v legislativě ochrany životního prostředí, opakující se přísušky v jarním období a pokrok v zemědělské technice vytváří nové požadavky na kvalitu a účinnost zejména dusíkatých minerálních hnojiv, která mají rozhodující vliv na dosažené výnosy a kvalitu sklizených produktů u většiny zemědělských plodin (Růžek a kol., 2006).

### **3. 11. Statková hnojiva**

K nejdůležitějším statkovým hnojivům patří chlévská mrva (chlévký hnůj), močůvka, kejda a hnojůvka. Jejich význam spočívá v tom, že obsahují cenné organické látky např. celulózu, hemicelulózu, lignin, sacharidy, aminokyseliny, auxiny a bílkoviny, minerální látky (dusík, draslík, fosfor, vápník, hořčík a mikroelementy), mikroorganismy a růstové látky. Jsou tak zdrojem látek pro tvorbu půdního humusu a zvyšování zásob živin v půdě a tím se významně podílí na tvorbě půdní úrodnosti (Zemánek a kol., 2010).

### 3. 12. Chlévská mrvva

Chlévskou mrvou se nazývá směs výkalů, steliva, případně zbytků krmiv, která opouští stáj. Po uzrání (fermentaci) na hnojišti se z mrvy stává chlévský hnůj. Mezi těmito pojmy není ostrý předěl. Produkce chlévské mrvy, obsahu živin, organických látek a sušiny závisí na druhu zvířete, způsobu ustájení, krmení, stáří zvířete a zejména druhu steliva. Proces zrání mrvy představuje kvašení, hnití (chemicko-biologický proces, při němž se komponenty rozkládají a přeměňují na látky jiného kvalitativního složení.

Průměrná roční produkce mrvy se vyjadřuje v tunách na jednu dobytčí jednotku a dosahuje u skotu 12,8 t.DJ<sup>-1</sup>, u prasat 9,2 t.DJ<sup>-1</sup>, u drůbeže 18,7 t.DJ<sup>-1</sup> a u ovcí 12,8 t.DJ<sup>-1</sup>.

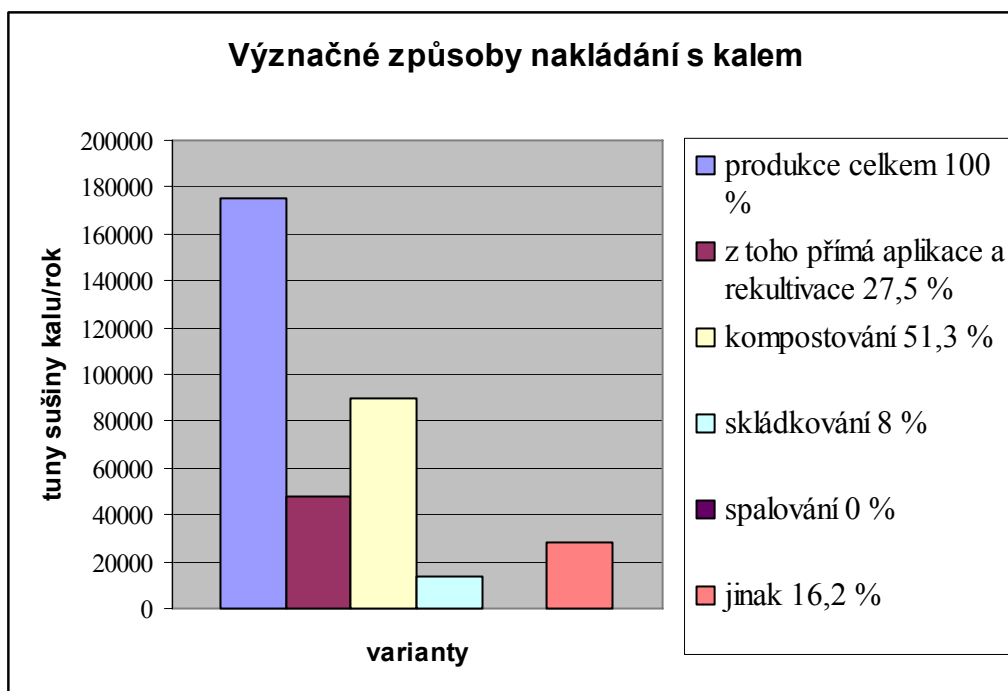
Z agrochemického i chemického hlediska je nejefektivnějším způsobem využití chlévského hnoje přímá aplikace do půdy. Veškeré další způsoby využití např. kompostování a výroba bioplynu jsou podstatně pracnější a nákladnější (Zemánek a kol., 2010).

### 3. 13. Čistírenský kal jako hnojivo

Kal je nevyhnutelným a velice obtížným odpadem každé mechanicko-biologické technologie pro čištění odpadních vod. Vedle nežádoucích složek z odpadní vody obsahuje také biomasu z biologického čištění. Je všeobecně přiznáváno, že dosud neexistuje žádný univerzální proces pro efektivní zpracování, využití nebo likvidaci čistírenských kalů. Použití kalů je znázorněno v grafu 2. Nejrozšířenějším způsobem následného využití, respektive odstranění kalu z čistíren zůstane jeho řízená aplikace na zemědělské pozemky (Pytl, 2004).

Jakákoliv manipulace se surovým kalem je komplikována díky nízkému obsahu sušiny, zápachu, možné přítomnosti toxických látek (např. persistentní organické látky a těžké kovy) a přítomností patogenních mikroorganismů (Werther a Ogada, 1999).

Graf 2. Význačné nakládání s kaly v ČR (Michalová, 2009)



Mechanicky odvodněný, anaerobně stabilizovaný čistírenský kal obsahuje kolem 70 hm.% vody, kterou lze i za mírných podmínek sušení téměř všechnu odstranit. Vysušený kal je pestrým, mnoha složkovým materiálem, tvořený rovným dílem látkami organickými a anorganickými. Přítomnost organických látek a významný obsah hnojivých látek jako je dusík, fosfor, draslík, hořčík a vápník, předurčují slibný potenciál stabilizovaného čistírenského kalu pro jeho využití k hnojení nebo jako kypřidla pro zemědělské a lesnické půdy. Přítomnost těžkých kovů a některých toxických organických látek uvedených v tabulce 2. však tuto aplikaci kalu komplikuje. Z kovů je v čistírenských kalech nejvíce zastoupen zinek, dále potom měď, chrom, olovo, nikl, kobalt, arsen, rtuť, molybden a kadmium (Hartman a kol., 2006).

Tab. 2. limitní hodnoty koncentrace vybraných prvků v kalech určených pro přímou aplikaci v zemědělství ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) (Pytl, 2004).

Sledovaný ukazatel	Mezní hodnoty koncentrací v kalech v $\text{mg.kg}^{-1}$
As	30
Cd	5
Cr	200
Cu	500
Hg	4
Ni	100
Pb	200
Zn	2500

Legislativa, jmenovitě vyhláška MŽP č. 382/2001 Sb., (k zákonu č. 185/2001 Sb. o odpadech) o podmínkách využití upravených kalů z čistíren na zemědělské půdě, stanoví však již relativně přísná kritéria pro aplikaci kalů.

Jsou to především:

- mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek v půdě,
- mezní hodnoty vybraných rizikových látek v kalu,
- mezní hodnoty dávky těžkých kovů, které mohou být přidány do zemědělské půdy za 10 let,
- mikrobiologická kritéria pro použití kalu,
- povinnost producenta kalu zpracovat program použití kalů,
- podmínky minimálního obsahu sušiny v tekutém i odvodněném kalu.

Další podmínky pro využití upravených kalů na zemědělské půdě určuje zákon č.185/2001 Sb. a vyhláška MŽE č. 382/2001 Sb.

K nejdůležitějším podmínkám patří:

- stabilizované kaly je nezbytné zapravit do půdy nejpozději do 48 hodin,
- nesmí se používat více než 5 tun sušiny kalů na 1 ha v průběhu 3 po sobě jdoucích let, respektive 10 tun na 1 ha v průběhu 5 po sobě jdoucích let, za předpokladu, že kaly obsahují méně než polovinu limitního množství sledovaných látek,

- množství dusíku dodaného v kalech nesmí přesáhnout 70 % spotřeby dusíku rostlinami, při zohlednění obsahu všech forem dusíku v půdě,
- minimální obsah sušiny pro tlakové zapravení do půdy radlicovými aplikátory je 5 %, použijí-li se mechanická rozmetadla, minimální obsah sušiny je 18 %.

### **3. 14. Hnojení slámou**

Obsah živin ve slámě je závislý především na druhu plodiny a úrovni hnojení, resp. obsahu přístupných živin v půdě. Kvalita slámy z hnojařského hlediska je dána hlavně poměrem uhlíku a dusíku. Sláma obilnin má tento poměr velmi široký (až 80-90:1), kvalitnější je sláma řepky a kukuřice (60-80:1), nejkvalitnější je sláma luskovin (20-30:1). Středně kvalitní hnůj má poměr C:N 20:1 (Škarda, 1982).

### **3. 15. Nedostatek dusíku**

Dusík je v cévním systému rostlin přemísťovaný především ve formě aminokyselin a dusičnanů. Mladé listy musí být zásobeny aminokyselinami až do dosažení plné zralosti (Noctor et al., 2002).

Intenzita metabolismu dusíku a zejména rychlost biosyntézy bílkovin rozhoduje o směru přemísťování dusíkatých sloučenin do různých částí rostlin. Při nedostatku dusíku v rostlině nastává proteolýza ve starších částech rostliny a dusík je z nich transportovaný do mladších listů a na tvorbu semen (Hörtensteiner a Keller, 2002).

Proteolýza způsobuje zmenšení chloroplastů a snižování obsahu chlorofylu. Proto prvním příznakem nedostatku dusíku je žloutnutí starých listů. Při silném nedostatku dusíku list odumře a někdy i opadne (Wang et al., 2000).

Kromě vizuálních příznaků se dá nedostatek dusíku objektivněji a hlavně dříve zjistit chemickým rozbořem rostlin (Zehnálek a kol., 2006).



### 3.16. Posklizňová úprava a skladování ječmene

Cílem posklizňové úpravy a skladování je docílit co nejmenších ztrát na hmotnosti a škod na jakosti a odborným skladováním hodnotu produktů nejen uchovat, ale ještě ji zvýšit v hodnotách klíčivé energie a klíčivé rychlosti. Jde o snahu dosáhnout při pozdější výrobě sladu jednotného a rychlého klíčení.

Sklizený ječmen obsahuje zrno různé velikosti a kolísavý podíl příměsí a nečistot. Můžeme mít vyšší až vysoký obsah vody v závislosti na průběhu povětrnosti, proto je třeba ihned provést posklizňovou úpravu ječmene, a to předčištěním a tříděním. Vlhčí až vlhké zrno je nutné urychleně přesušit, nebo alespoň se zrnem opatrně manipulovat, aby nedošlo k zapaření a následným nevratným škodám na technologické jakosti ječmene (Kosař a kol., 1997).

Žádoucí je zrno předčistit a upravit jeho vlhkost (pokud je potřeba) na 14–15 %, avšak pouze aktivním nepředehřátým vzduchem, aby se zabránilo nežádoucímu zvýšení teploty. U neupraveného hrubého materiálu obsahujícího příměsí, vyšší podíl prachu, úlomky rostlin, semena plevelů a další nečistoty hrozí během krátké doby kritické zvýšení teploty, která výrazně snižuje klíčivost. Kritické hodnoty teplot, zapříčiňující biologické poškození zrna, jsou již v rozmezí 35 až 45 °C. K bezpečnému snížení vlhkosti se nejlépe hodí roštové sušárny s aktivní ventilací studeným vzduchem, popřípadě s možností promíchávání. Při uskladnění obilí na velkých hromadách po delší dobu je vhodné čas od času použít aktivní provětrání studeným vzduchem, i když není potřeba regulovat vlhkost. Hromady takzvaně “prodýchnou” a zamezí se tak možnosti rozvoje plísní i hromadění nežádoucích plynů podporujících jejich rozvoj a zachová se vysoká klíčivost zrna (Černý a kol., 2007).

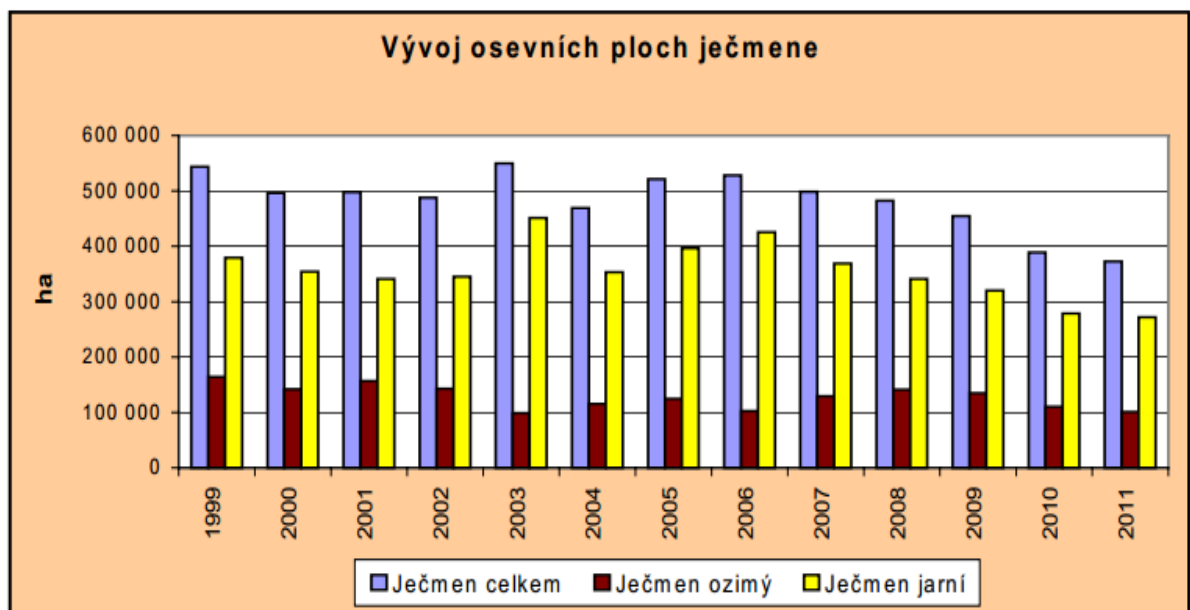
Sladovnický ječmen by měl být skladován podle jednotlivých odrůd a kvalitativních parametrů (vlhkost, obsah bílkovin). Skladovací prostory mají být pevné, chráněné před škůdci a nepříznivými povětrnostními vlivy. Nemělo by docházet k dopadání přímého slunečního záření na zrno. Suché zrno lze skladovat ve vyšší vrstvě než vlhká zrna. Je nutná soustavná kontrola teploty uskladněného ječmene a výskytu skladištních škůdců (Polák a kol., 1998).

### 3. 17. Pěstební plocha

Severní hranice rozšíření ječmene dosahují až 70° severní šířky (tj. severozápadní Rusko a Norsko), jižní hranice sahá až k 42° jižní šířky (Nový Zéland). Nejvyšší nadmořská výška pěstování byla zaznamenána ve středním Tibetu a v Andách (nad 4200 m n. m.). V závislosti na zeměpisné šířce se ječmen seje a dozrává po všechny měsíce v roce. Značné rozšíření ječmene není dáno pouze jeho předurčením jako hlavní pivovarské suroviny a celosvětovým stoupajícím výstavem piva, ale i jeho výbornými vlastnostmi jako jadrného krmiva s kratší vegetační dobou než pšenice, což umožňuje i v podmínkách kontinentálního klimatu nižší kolísání výnosu (Kosař a kol., 2000).

Obilovin je obvykle v osevním postupu kolem 50 % a na předplodiny jsou náročnější ozimy než jařiny. Dlouhodobé opakování obilnin je problematické a většinou způsobuje snížení výnosu (Elen, 2002).

Graf 3. Vývoj osevních ploch v letech 1999 – 2011 (ha) (Kůst a Potměšilová, 2011)



Podle soupisu ploch osevů jak je patrné v grafu 3. dosáhla celková osevní plocha ječmene pro rok 2011 výměry 372,8 tisíců hektarů. Ve srovnání se skutečností předchozího roku znovu poklesla o 16,1 tisíců hektarů (tj. o 4,1 %). Důvodem tohoto poklesu bylo jak snížení osevních ploch jarního ječmene o 6,7 tisíců hektarů (tj. o 2,4 %) na 272,0 tisíců

hektarů, tak také osevních ploch ozimého ječmene, které poklesly o 9,4 tisíců hektarů (tj. o 8,6 %) na 100,8 tisíců hektarů. Příčiny poklesu osevních ploch jarního i ozimého ječmene lze hledat jednak v mírném zvýšení osevních ploch ozimé pšenice a také v minimu jarních zaorávek ozimých obilovin. Zastoupení osevních ploch jarního ječmene meziročně velmi mírně vzrostlo. Dosáhlo tak v roce 2011 73,0 % z celkových ploch ječmene, přesto je jedno z nejnižších od roku 1990. Avšak ani toto navýšení nezabránilo dalšímu snížení zastoupení této naší druhé nejrozšířenější obiloviny ve struktuře obilovin na 18,5 %. Přes uvedený pokles neztrácí jarní ječmen svoji atraktivitu pro pěstitele, která je dána nejen rozvinutým trhem, ale též dlouhodobě velmi vysokou ziskovou marží v poměru k ostatním obilovinám. U ječmene ozimého se zastoupení celkových osevních ploch ječmene přiblížilo roku 2003 a dosáhlo úrovně 27,0 % (Kůst a Potměšilová, 2011).

Tab. 3. Bilanční tabulka ječmene pro rok 2011 (Kůst a Potměšilová,)

<b>Bilanční tabulka ječmene</b>							
<b>Ukazatel</b>	<b>Jedn.</b>	<b>2006/ 2007</b>	<b>2007/ 2008</b>	<b>2008/ 2009</b>	<b>2009/ 2010</b>	<b>2010/ 2011</b>	<b>2011/ *) 2012</b>
<b>Osevní plocha</b>	tis. ha	528,1	498,7	482,4	454,8	388,9	372,8
<b>Výnos</b>	t/ha	3,59	3,80	4,65	4,40	4,07	4,97
<b>Výroba</b>	tis. t	1 897,7	1 893,4	2 243,9	2 003,0	1 584,5	1 852,5
<b>Počáteční zásoby</b>	tis. t	266,3	221,3	287,5	446,3	359,7	411,5
<b>Dovoz celkem</b>	tis. t	199,3	105,1	25,4	16,2	34,6	38,0
<b>Celková nabídka</b>	tis. t	2 363,3	2 219,8	2 556,8	2 465,5	1 978,8	2 302,0
<b>Domácí spotřeba celkem <sup>1)</sup></b>	tis. t	1 738,4	1 712,0	1 709,0	1 563,0	1 520,0	1 625,0
<b>z toho – potraviny</b>	tis. t	600,0	600,0	600,0	610,0	650,0	780,0
– osiva	tis. t	115,0	109,0	104,0	98,0	95,0	90,0
– krmiva	tis. t	1 020,0	1 000,0	1 000,0	850,0	770,0	750,0
– technické užití	tis. t	3,4	3,0	5,0	5,0	5,0	5,0
<b>Vývoz celkem</b>	tis. t	403,6	220,3	242,4	260,3	310,7	345,0
<b>Intervenční nákup</b>	tis. t	1,5	0,0	159,1	282,5	0,0	0,0
Prodej intervenčních zásob	tis. t	1,5	0,0	159,1	0,0	263,4	0,0
Zůstatek intervenčních zásob	tis. t	0,0	0,0	0,0	282,5	19,1	0,0
<b>Celkové užití</b>	tis. t	2 142,0	1 932,3	2 110,5	2 105,8	1 567,3	1 970,0
<b>Konečné zásoby</b>	tis. t	221,3	287,5	446,3	359,7	411,5	332,0
<b>Konečné zásoby/celkové užití</b>	%	10,33	14,88	21,14	17,08	26,25	16,85
<b>Konečné zásoby/domácí spotřeba</b>	%	12,73	16,79	26,11	23,02	27,07	20,43

Průměrný hektarový výnos ječmene ve sklizňovém roce 2011 dosáhl podle odhadu ČSÚ hodnoty 4,97 t.ha<sup>-1</sup>. Z tabulky 3 dále vyplývá, že u ječmene ozimého činil výnos 4,72 t.ha<sup>-1</sup> a u jarního 5,06 t.ha<sup>-1</sup>. Svým nárůstem tak ozimý ječmen znovu potvrdil vysokou výnosovou schopnost z předchozích ročníků 2007 a 2009 a dosáhl páté nejvyšší výnosové

hladiny od roku 1990. Na rekordním zvýšení hektarového výnosu u jarního ječmene mělo vliv především jeho včasné zasetí a také chladné počasí v rozhodujícím vegetačním období, v měsíci květen 2010, kdy došlo k dostatečnému formování generativních orgánů, které mají rozhodující vliv na výnos (Kůst a Potměšilová, 2011).

### **3. 18. Produkce energie v rostlinné výrobě**

Mezi nejdůležitější fyziologické procesy probíhající u rostlin lze bezesporu zařadit fotosyntézu. Fotosyntézu lze studovat řadou metod. Jednou z těchto metod je sledování přírůstků vnitřní energie v pletivech. Hodnotu obsahu vnitřní energie asimilátů vytvořených fotosyntézou můžeme vždy stanovit pouze nepřímou cestou, neboť se projevuje jen jako přírůstek spalných tepel organických látek tvořících sušinu asimilujících orgánů. Pro tvorbu nové organické hmoty má nenahraditelné postavení sluneční záření, které je základním zdrojem energie pro všechny fyziologické procesy v rostlinných společenstvech. Využití celkového slunečního záření rostlinami na zemi je jen asi 0,1 % (Hall, 1978). Rostliny využívají záření o vlnové délce 400 – 700 nm, tak zvaná fotosynteticky aktivní radiace. Fotosynteticky aktivní záření představuje méně než 50 % celkového slunečního záření, které má za normálního slunečního dne na povrchu země intenzitu okolo 800 až 1000 W.m<sup>-2</sup> (Pospíšil a Vlček, 2000).

Teoretická, maximální možná účinnost fotosyntézy ve vztahu k absorbovanému FAR je 28 % (Nátr, 1977).

V čisté primární produkci však rostlinný porost váže jen malý zlomek z dopadnutého slunečního záření. Nejčastěji uváděné hodnoty využití energie slunečního záření se pohybují mezi 1 až 2,5 % (Špánik, 1982).

Výstup energie z rostlinné výroby lze měřit různými způsoby. Nejčastěji se používá přepočet spalného tepla 1 g sušiny biomasy (brutto energie). Úroveň vstupů a výstupů energie rostlinné výroby i energie jednotlivých plodin je limitována konkrétními stanovištními podmínkami, které člověk nemůže ovlivňovat (půda, klima), ale i faktory, které ovlivnit lze jako např. struktura osiva, dodatkové vklady energie a použitá technologie (Danko, 1991).

### 3. 19. Energetická bilance

Energetická hodnota je jedním z významných objektivních měření účelnosti zemědělské výroby jako celku. Účelem energetického hodnocení je odhalování existujících rezerv, optimalizací energetických vkladů do výrobního procesu z hlediska dosažení co nejvyššího výrobního efektu při spotřebě energie (Preininger, 1987).

Energetická bilance obecně srovnává vstupy energií do výrobního procesu s energetickými výstupy. Lze stanovit energetický zisk, který se definuje jako rozdíl mezi získanou a vloženou energií. Energetický koeficient je poměr získané energie k přímým a nepřímým energetickým vkladům. Energetická účinnost výrobních procesů v rostlinné výrobě je podíl získaných a vložených energií. Z praktických důvodů se může celková energetická účinnost rozčlenit na účinnost slunečního záření a technologickou účinnost. Energetické bilance v zemědělství mají na rozdíl od bilancí přirozených rostlin nebo společenstev tu odlišnost, že člověk při pěstování zemědělských plodin používá dodatkové energetické vklady (Stražil a Homolka, 2005).

Na zabezpečení vysokého a efektivního toku energie je potřebné kromě zabezpečení celkové potřeby energie, také část vložené energie zabudovat do akumulátorů energie, které zanechají energii v soustavě. Transformace chemické energie v zemědělské soustavě musí být vykonávána postupným uzavíráním soustavy, tedy omezováním vstupů chemických látek a zrychlení jejich oběhu uvnitř zemědělské soustavy po špatných kompenzačních vazbách. Za těchto podmínek se soustava stane stabilní, ale i ekonomicky efektivní (Pospíšil a Vilček, 2000).

Každý druh energie může být limitujícím a určuje konečný stav energetické soustavy. Přiměřenou výkonnost produkčního procesu polních plodin je možné při dnes používaných odrůdách udržet jen za cenu velmi vysokých nákladů energie (Risoud, 1999).

Energetická efektivnost úzce souvisí nejen s ekonomickým, ale i s ekologickým hlediskem zemědělské výroby (Kucharovic a Kováč, 2002).

Rostlinná výroba je jedním z odvětví, která vyrábí více energie, než spotřebovává. Podíl rostlinné výroby na spotřebě dodatkové energie představuje 62,2 % a živočišné výroby 31,1 %. Přímé vstupy energie jsou chápány jako spotřeba nafty, benzínu, oleje, elektrické energie, lidské práce a podobné při výrobních operacích a nepřímé vstupy představují převážně spotřebu energie při výrobě základních prostředků. K největším energetickým

vkładům v rostlinné produkci patří hnojiva. Proto je snaha hledání optimalizací hnojení a výživy rostlin (El Hallof a Sárvári, 2006).

Dále se může hodnotit účinnost pesticidů, různé druhy zpracování půdy, energetický vliv předplodin, odrůd a různých agroekologických podmínek (Risoud a Bochu, 2002).

### **3. 20. Kalorimetrické stanovení obsahu energie**

Metoda spalné kalorimetrie patří mezi nejpropracovanější odvětví termodynamiky, neboť její základy byly položeny ve druhé polovině 18. století, i přesto, že fenomén tepla byl předmětem zájmu již antických filosofů (Leitner, 2005). Ze všech metod, které řadíme do termodynamických, je nejpropracovanější kalorimetrickou technikou právě spalná kalorimetrie, jejíž pomocí se přímo stanovuje energetický obsah v palivech či biomase. Na základě těchto zkušeností má tato metoda své nezastupitelné místo také v biologických vědních disciplínách (Hnilička a kol., 2000).

Spalná kalorimetrie má významné uplatnění jak v průmyslovém odvětví, tak i v odvětví potravinářském, krmivářském, v odpadovém hospodářství a dnes má i výrazný účel ve výzkumech v oblasti přírodních věd (Lamprecht, 1998).

Kalorická hodnota sušiny rostlin je určena jejím chemickým složením. Oproti biochemické analýze je to rychlá, na obsluhu nenáročná fyziologická metoda, umožňující hodnocení produkční a fotosyntetické výkonnosti rostlin v průběhu vegetace a ve vztahu k podmínkám vnějšího prostředí (Hejnák, 2003).

Energie vázaná v hmotě se stanovuje z reprezentativních vzorků. Velký obsah energie odpovídá velkému obsahu uhlíku v organické sušině. Obsah uhlíku se liší podle druhu orgánu a podle ročního období (Larcher, 1988).

Kurajdová (2007) tvrdí, že spalné teplo jednotlivých látek obsažených v rostlinách, tedy množství tepla, které se uvolní při dokonalém spálení hmotnosti nebo objemové jednotky hořlavé látky v čistém kyslíku při určitém tlaku, uvádí tabulka 4. Z této tabulky vyplývá, že ze stavebních látek má nejnižší energetickou hodnotu glycin a naopak nevíce energie vykazují terpeny. Spalné teplo se tedy v závislosti na obsahu jednotlivých látek v různých orgánech mění. Např. spalná energie u zrna obilovin nabývá hodnot kolem 16 až 17 kJ.g<sup>-1</sup> jelikož obsahují velké množství sacharidů zejména škrobu (Larcher, 1995).

Tab. 4. Obsah energie v sušině rostlin (Larcher, 1995)

Stavební látka	Obsah energie (kJ.g <sup>-1</sup> )
Glycin	8,9
Glukóza	15,4
Sacharóza	16,5
Škrob	17,4
Celulóza	17,6
Proteiny	23,7
Lipidy	39,6
Ligniny	26,3
Terpeny	46,9

Touto metodou se zjišťuje změna obsahu energie vyprodukované biomasy na základě tepelného skoku. Z hodnoty tepelného skoku se stanovuje obsah brutto (množství energie přepočtené na 1 g sušiny s popelovinami) a netto energie (množství energie přepočtené na 1 g sušiny bez popeloviny) v jednotlivých orgánech rostlinného těla (Hnilička et al., 2010).

## 4. Metodika

### 4. 1. Stanoviště

Pokus byl prováděn na třech stanovištích v České Republice s rozdílnými půdně – klimatickými podmínkami (Humpolec, Hněvčeves, Lukavec) uvedené v tabulce 5. Na těchto pozemcích probíhají dlouhodobé stacionární pokusy katedra agrochemie výživy rostlin – ČZU v Praze založené již v roce 1996. Velikost pokusných parcel je 60 m<sup>2</sup>.

Tabulka 5: Charakteristika pokusných stanovišť

	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec
Lokalizace	50°18'46"N, 15°43'3"E	49°33'16"N, 15°21'2"E	49°33'23"N, 14°58'39"E
Nadmořská výška (m n. m.)	265	525	610
Průměrná roční teplota (°C)	8,2	7,0	7,7
Průměrné roční srážky (mm)	573	665	666
Půdní typ	Luvizem	Kambizem	Kambizem
Půdní druh	jílovito-hlinitá	písčito-hlinitá	písčito-hlinitá
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,9	5,1	4,3
Cox (%)	1,6	2,3	1,7
KVK (mmol <sup>(+)</sup> .kg <sup>-1</sup> )	179	159	128
P* (mg.kg <sup>-1</sup> )	84	90	124
K* (mg.kg <sup>-1</sup> )	150	190	213
Mg* (mg.kg <sup>-1</sup> )	130	100	80
Ca* (mg.kg <sup>-1</sup> )	3600	1300	1100

\* Mehlich III 1:10 w/v



## 4. 2. Agrotechnika

Ječmen jarní je pěstován v rámci tříletého osevního postupu (brambory, pšenice ozimá, ječmen jarní). Organické hnojení je aplikováno vždy na podzim pod brambory v dávkách uvedených v tabulce 7, která dále ukazuje obsah živin v jednotlivých organických hnojivech. Pro potřeby pokusu jsou používány kaly z ÚČOV Praha, hnůj sláma z jednotlivých pokusných stanic.

Fosforečná a draselná minerální hnojiva jsou aplikována ke všem plodinám na podzim. Minerální dusíkatá hnojiva jsou aplikována u ječmene před založením porostu. Dávky jednotlivých živin jsou popsány v tabulce 6.

Tabulka 6: Dávky živin aplikovaných hnojiv v tříletém cyklu

Č.	Varianta	brambory			pšenice			ječmen		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	Kontrola	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Kal 1	330 <sup>1)</sup>	201 <sup>2)</sup>	55 <sup>2)</sup>	0	0	0	0	0	0
3	Kal 3	990 <sup>1)</sup>	603 <sup>2)</sup>	165 <sup>2)</sup>	0	0	0	0	0	0
4	Hnůj	330 <sup>1)</sup>	118 <sup>2)</sup>	374 <sup>2)</sup>	0	0	0	0	0	0
5	Hnůj ½ + N <sup>3)</sup>	165 <sup>1)</sup>	59 <sup>2)</sup>	187 <sup>2)</sup>	110	0	0	55	0	0
6	N <sup>3)</sup>	120	0	0	140	0	0	70	0	0
7	NPK <sup>3)</sup>	120	30	100	140	30	100	70	30	100
8	NPK <sup>3)</sup> + směs rp <sup>3)</sup>	120	30	100	140	30	100	70	30	100
9	N+sláma	138	6 <sup>2)</sup>	47 <sup>2)</sup>	140	0	0	70	0	0

1) celkový dusík v organických hnojivech

2) průměrná dávka podle obsahu živin v hnojivech

3) Minerální hnojiva: N – LAV (27 %N) P – trojitý superfosfát (21 %P) K – draselná sůl (50 % K)

4) směs rp – rizikové prvky v dávce odpovídající množství naaplikované v KALu 3

Tabulka 7: průměrné dávky sušiny, sušina a obsahy živin v organických hnojivech

	Dávka	Sušina	Obsah živin (% sušiny)				
	t/ha/rok	%	N	P	K	Ca	Mg
Kal 1 <sup>5)</sup>	9,00	30,6	3,66	2,23	0,61	3,00	0,78
Hnůj Hněvčeves	16,63	25,6	2,15	0,75	2,49	2,51	0,59
Hnůj Humpolec	14,92	24,6	2,28	0,72	2,24	1,55	0,62
Hnůj Lukavec	17,77	26,3	1,90	0,63	2,72	1,71	0,51
Sláma	5,00	95,0	0,35	0,11	0,93	0,49	0,04

5) KAL 3 = 3x KAL 1

### 4. 3. Odrůda ječmene jarního

#### Calgary

Dvořáčková (2009) uvádí, že Calgary je středně raná sladovnická odrůda doporučena výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu Českého piva. Výnos této odrůdy je velmi vysoký, ale výnos předního zrna je ve všech oblastech pěstování nízký. Rostliny jsou středně vysoké, méně odolné proti poléhání, odolná proti napadení padlím trávám (MLO gen) a středně odolná proti napadení rží ječnou, komplexem hnědých skvrnitostí a rhynchosporiovou skvrnitostí.

Původ této odrůdy je následující (Dominique x Blenheim) x (Barleta x Chapka).

Odrůda byla registrována roku 2003 a udržovatelem je SELGEN a.s.

### 4. 4. Kalorimetrické stanovení obsahu energie

Brutto a netto energie se stanovila pomocí kalorimetru, kdy v kalorimetrické nádobě dochází k úplnému spálení vzorku. Pro měření spalného tepla byl použit automatický adiabatický spalný kalorimetr MS 10 A německé firmy LAGET (obr. 1).

Obr. 1. Suchý adiabatický spalný kalorimetr LAGET MS 10 A (Hnilička, 2000)



LAGET MS 10A je klasický vodní, suchý adiabatický spalný kalorimetr s izotermálním pláštěm, s automatickým řízením pokusu a automatickým výpočtem korekce na výměnu tepla. Vodní nádoba je zabudována v plášti kalorimetru. Teplota uvnitř pláště, jímž je vodní nádoba obklopena, je 28 °C s odchylkou  $\pm 0,0005$  °C. Kalorimetr pracuje v rozmezí teplot 20 – 30 °C. Z tohoto důvodu nesmí teplota v laboratoři překročit 25 °C. Součástí kalorimetru je spalná bomba o objemu 300 ml s maximálním přetlakem 30 MPa. Počáteční tlak v bombě je maximálně 4 MPa. Spodní část bomby pojme 5 ml destilované vody. Bomba je plněna kyslíkem pomocí stativu, který je vybaven sdruženou dvojicí kulových ventilů, manometrem a tryskou pro škrcení průtoků kyslíku. Přístroj pracuje v sedmi volitelných pracovních režimech, kterými jsou kalibrační a kontrolní 32 minutové měření, adjustování (kontrola zabudovaných teploměrů), 24 minutové měření, klasické 16 minutové měření až do rovnováhy a zkrácené 5 a 8 minutové měření.

Vzorky byly po vysušení do konstantní hmotnosti při teplotě 80 °C (teplota, při níž nedochází k degradaci energeticky bohatých látek) homogenizovány v mlýnku a poté spáleny v kalorimetru ve 100 % kyslíkové atmosféře. Hodnota tepelného skoku byla poté přepočtena

na hodnoty brutto a netto energie na jednotku hmotnosti sušiny  $\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ . Zjištěná brutto energie byla podle normy ČSN ISO 1928 přepočtena na netto energii.

Pro výpočet energie byl použit následující vztah:

$$Q = \frac{(C \cdot Dt) - c}{m}$$

Q – spalné teplo analytického vzorku ( $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ ),

C – tepelná kapacita kalorimetru ( $\text{J}\cdot\text{°C}^{-1}$ ),

Dt – celkový vzestup teploty v hlavním úseku ( $\text{°C}$ ),

c – součet oprav (J),

m – hmotnost navážky analytického vzorku.

Doplněním potřebných údajů do vzorce byla netto energie vypočítána podle vztahu:

$$\text{Netto energie} = \frac{(9768,3 \cdot \text{teplotní skok} - 1673,45)}{m}$$

Navážka – navážka popelovin

9768,3 – tepelná kapacita kalorimetru (J),

1673,45 – spalné teplo drátku (J).

#### Energetické vstupy

K hodnocení jednotlivých energetických vstupů byly použité tabulkové hodnoty, které ve své práci uvádí Preininger (1987).

## 4. 5. Vyhodnocení výsledků pokusů

Získané výsledky byly statisticky vyhodnoceny vícefaktorovou Anovou na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Pro test homogenity rozptylu byl vybrán Cochran, Hartley, Bartlettův test. Tukeyův HSD test byl použit pro stanovení homogenních skupin. Naměřené hodnoty byly zpracovány pomocí statistického systému StatSoft, Inc. (2001) - STATISTICA Cz [Software system for data analysis], version 9.0.

## 5. Výsledky

### 5. 1. Energetické vstupy

Veškeré energetické výrobní vstupy tvoří soubor všech energií spotřebovaných ve výrobním procesu a přecházejících s určitou účinností do konečného výrobku. Pro účely energetického hodnocení se uvažuje s tzv. efektivní energií, tedy s faktickým množstvím změnitelné energie vstupující do výrobního procesu.

Množství efektivní energie se určuje přepočtem z množství skutečně vynaložené práce v tradičních jednotkách pomocí energetického ekvivalentu nebo přepočítávacího koeficientu.

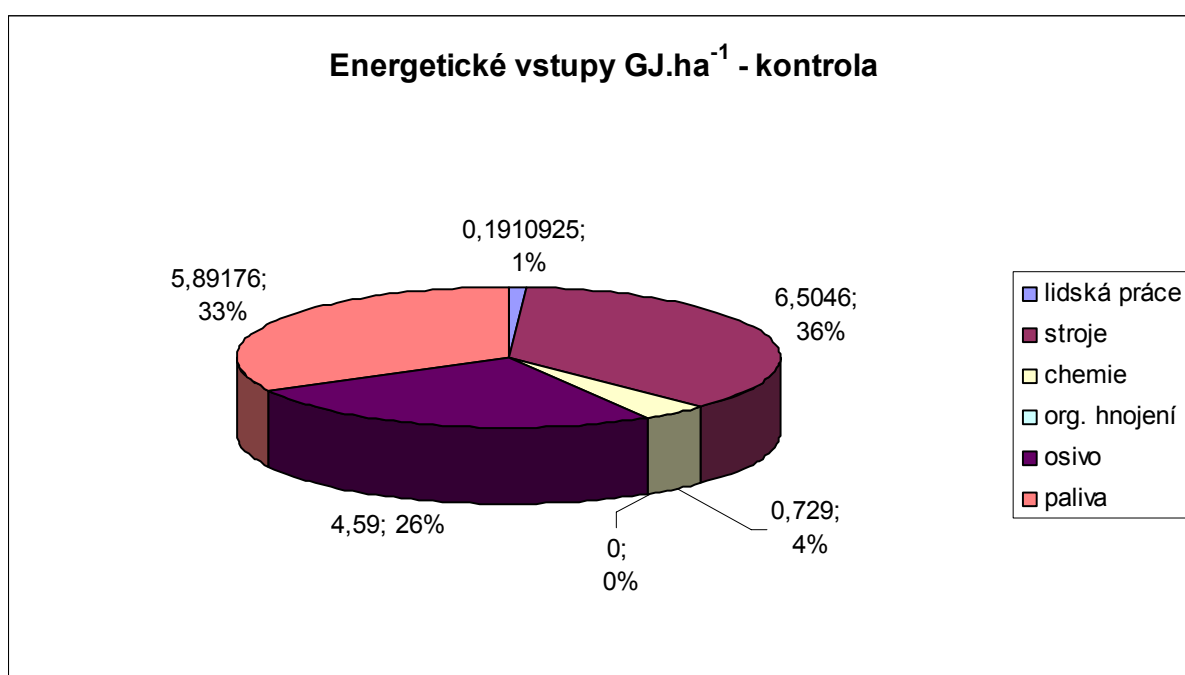
Do energetických vstupů jsou zahrnuty:

- energie živé lidské práce,
- fosilní energie,
- energie ve strojích,
- energie výrobků chemického průmyslu (minerální hnojiva, pesticidy),
- energie v organických hnojivech
- energie v osivech.

Jednotlivé varianty obsahují různé podíly energetických vstupů do zemědělské soustavy.

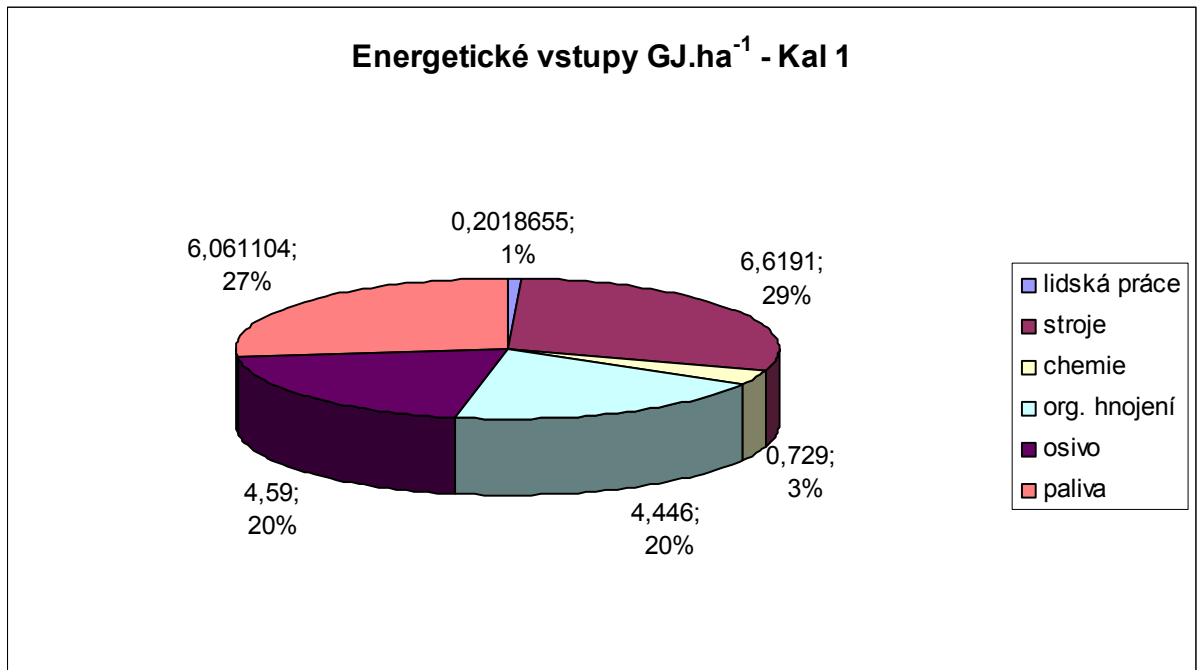
Jak je patrné z grafu 4 u kontrolní varianty je velice nízký podíl vstupů (4 %) z hnojení a aplikace chemických látek. U této varianty nebylo použito žádné minerální, ani organické hnojení, pouze postřik pesticidy, který dosáhl hodnoty 0,73 GJ.ha<sup>-1</sup>. Nejvyšší náklady, 36 % zde připadají na energii vloženou ve strojích (6,50 GJ.ha<sup>-1</sup>) a v palivech 33 % (5,89 GJ.ha<sup>-1</sup>) a výraznou energetickou náročnost má zde i energie vložená v osivech o hodnotě 4,59 GJ.ha<sup>-1</sup> což zaujímá 26 % z celkových vstupů u kontrolního pokusu. Živá lidská práce je u všech způsobů hnojení zanedbatelná a z pravidla nepřekračuje 1 % z celkových vstupů

Graf 4. Energetické vstupy u kontrolní varianty (%).

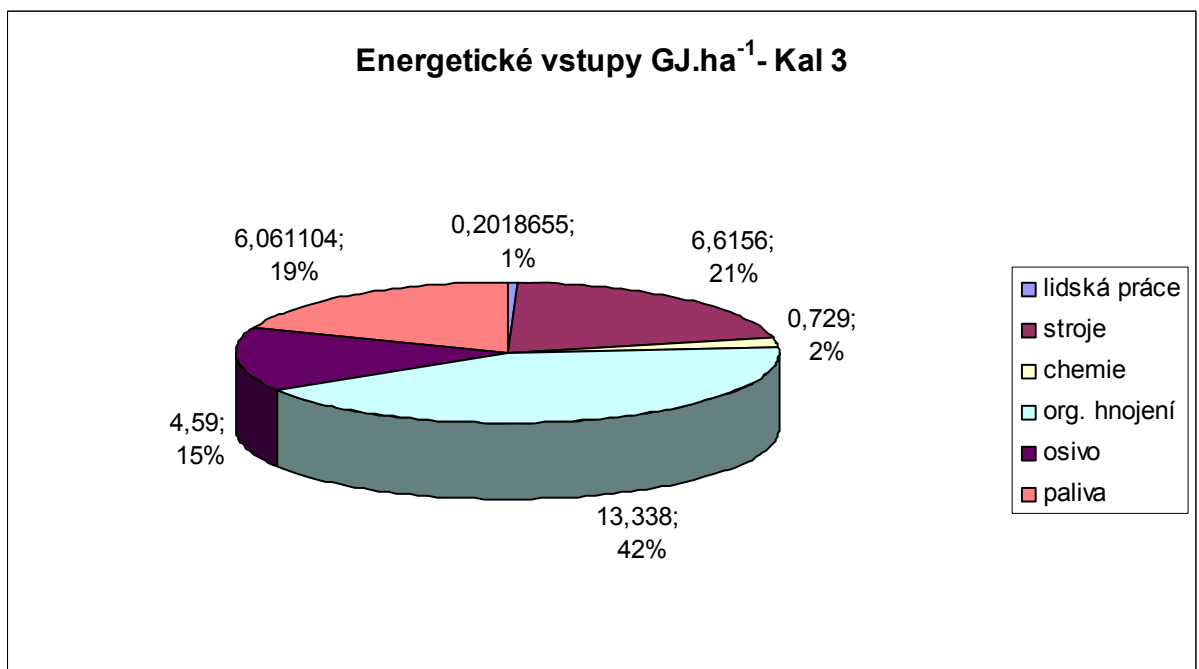


V grafu 5. je patrný vysoký nárůst vložených energií organického hnojení aplikováním čistírenských kalů na 20 %, kdy energetická hodnota tohoto vstupu je 4,59 GJ.ha<sup>-1</sup>. Vysoké procento nárůstu je dáno vysokou energetickou hodnotou chemických látek obsažených v kalu, zejména dusíku. I přes jeho aplikaci ne přímo k ječmeni, ale k bramborám se výrazně podílí na celkových vstupech a má po strojích (29 %) a palivech (27 %) třetí nejvyšší procentické zastoupení. Lidská práce a chemické prostředky mají opět pouze zanedbatelné hodnoty (0,19 GJ.ha<sup>-1</sup>). Energie na osiva i přes stejnou hodnotu 4,9 GJ.ha<sup>-1</sup> má o 6 % nižší zastoupení z celkových vstupů.

Graf 5. Energetické vstupy při hnojení čistírenským kalem (%)



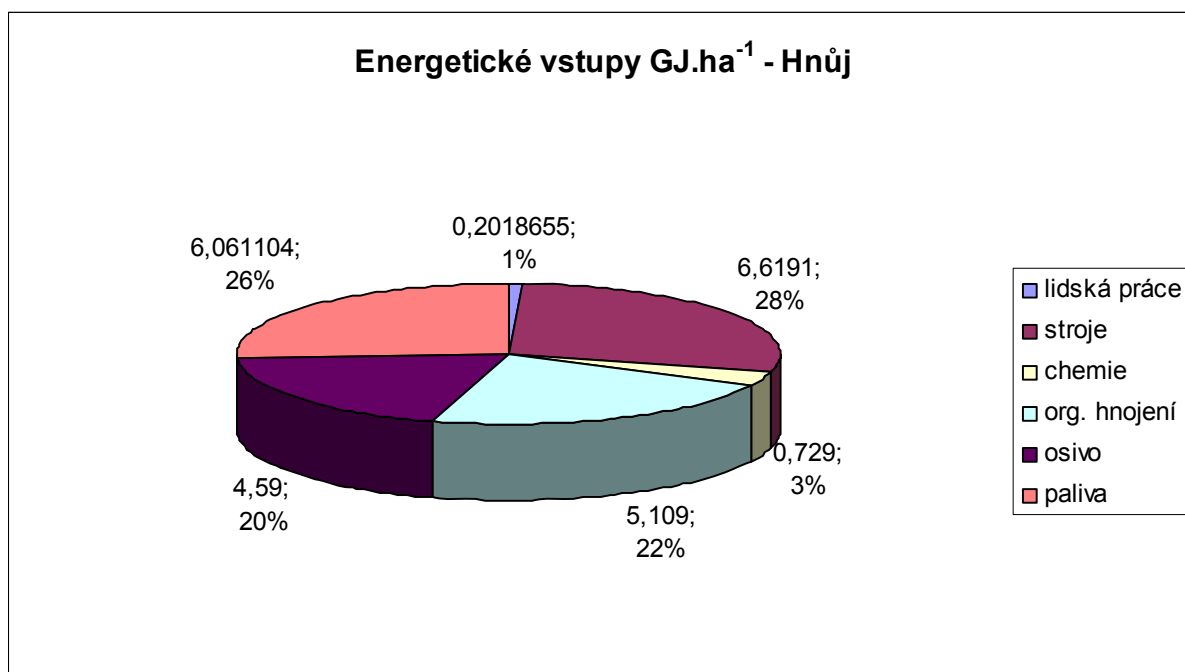
Graf 6. Energetické vstupy při hnojení trojnásobnou dávkou čistírenského kalu (%)



Graf 6 znázorňuje energetické vstupy u varianty hnojené trojitou dávkou čistírenských kalů. Nejvyšší zastoupení zde mají organická hnojiva, kdy jejich vstupy činí 13,38 GJ.ha<sup>-1</sup> a

podílí se na celkových vstupech ze 42 % což je nárůst oproti variantě Kal 1 o 22 %. Energie ze strojů zaujímá 21 % ( $6,62 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), tedy přibližně stejně jako v předchozí variantě. Lidská práce a vstupy z chemie jsou zastoupeny pouze do dvou procent a energie dodaná v osivech dosahuje u všech variant stejnou hodnotu  $4,59 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , ale mění se její procento celkových vstupů. Zde dosahuje 15 %.

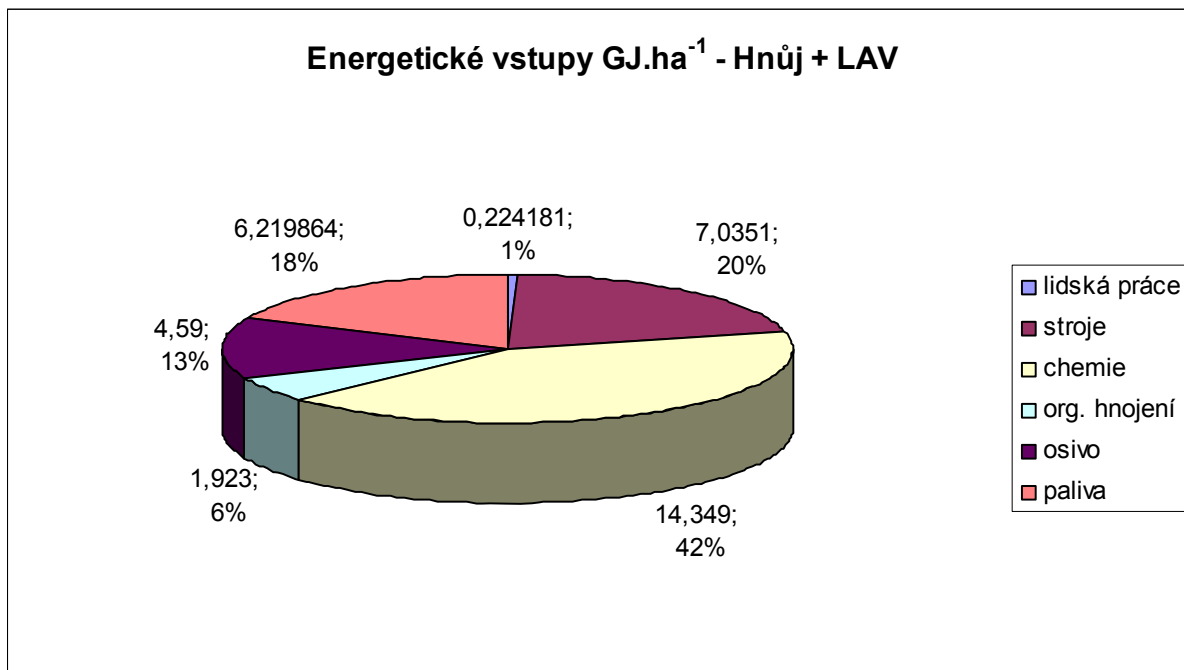
Graf 7. energetické vstupy při hnojení hnojem



Hnojení ječmene jarního hnojem má velmi obdobné procentické zastoupení vstupů jako varianta hnojená jednoduchou dávkou čistírenských kalů, tedy takovou dávkou aby bylo dodáno 330 kg dusíku na hektar. Podobnost těchto variant je dána dodáním stejného množství čisté živiny v organických hnojivech. Nepatrného rozdílu je dosaženo pouze u vstupů organických hnojiv, které vyplývá z rozdílného obsahu čistých látek v daném organickém hnojivu. Tato energie je u varianty Hnůj o  $0,66 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  vyšší a jak je patrné z grafu 7 dosahuje hodnoty  $5,12 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  což v celkových vstupech zaujímá 22 %. Ostatní vstupy dosahují u obou variant shodných energetických hodnot, s nepatrnými rozdíly v procentickém zastoupení.



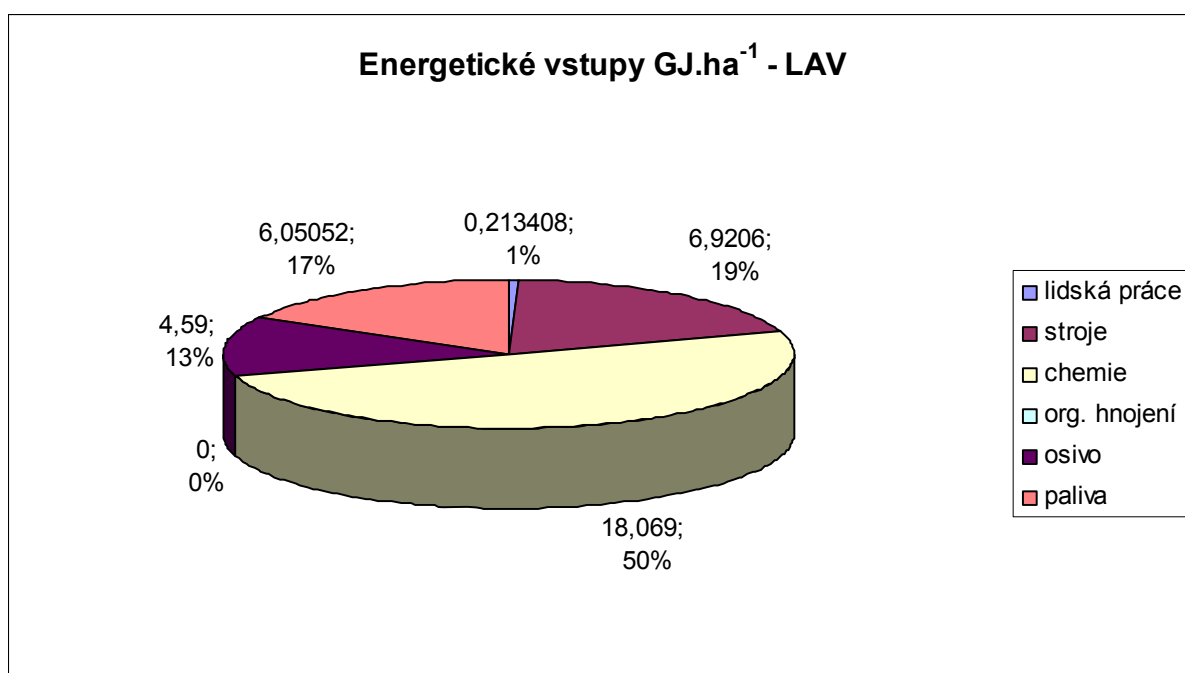
Graf 8. energetické vstupy při hnojení ječmene poloviční dávkou hnoje + LAV (%)



U varianty hnojené hnojem + LAV dochází k výraznému nárůstu dodané energie chemickými vstupy, tedy pesticidy a minerální hnojení. U této varianty bylo použito stejné množství chemických vstupů z pesticidů jako u všech předchozích variant 0,73 GJ.ha<sup>-1</sup>, které je navýšené o vstupy z LAV (13,62 GJ.ha<sup>-1</sup>) na hodnotu 14,35 GJ.ha<sup>-1</sup>, jak ukazuje graf 8. Z celkového množství zaujímají vstupy z chemických vstupů 42 %. Vyšších energetických vkladů je i strojů a paliva jelikož docházelo kromě agrotechniky k rozmetání organických i minerálních hnojiv. K této variantě bylo hnojeno poloviční dávkou hnoje oproti variantě hnojené pouze hnojem a proto je zde patrný pokles vstupů organických hnojiv o 3,16 GJ.ha<sup>-1</sup> na hodnotu 1,92 GJ.ha<sup>-1</sup>. V důsledku aplikace organického i minerálního hnojení se navýšila i hodnota strojů (7,0351 GJ.ha<sup>-1</sup>) a paliv (6,22 GJ.ha<sup>-1</sup>).

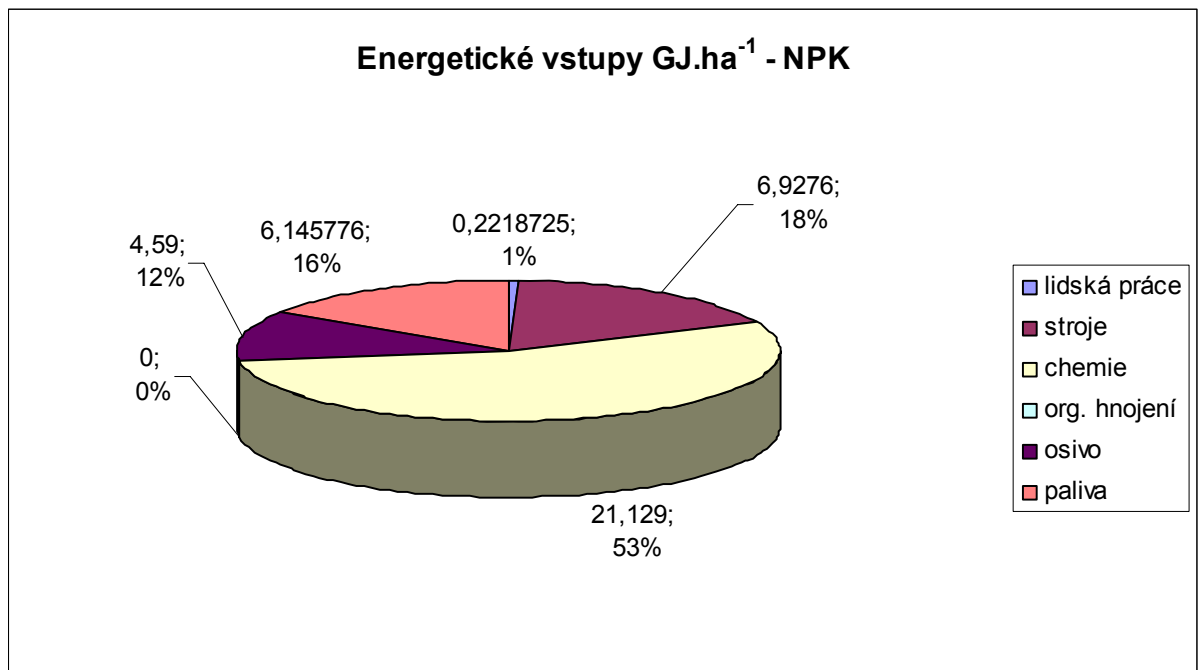
V grafu 9 má opět nejvýznamnější zastoupení energetických vstupů minerální hnojení a chemické vstupy. V této variantě bylo dodáno 70 kg dusíku hnojivem LAV bez dalších organických hnojiv. Celkové vstupy jsou zde nižší z důvodů aplikace pouze minerálních hnojiv. Ty se ale výrazně více podílejí na celkových vstupech a to z 50 % ( $18,06 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Nevýrazně nižší hodnoty zaujímají energetické vstupy strojů a paliv. Ostatní položky opět dosahují obdobných hodnot jako u předchozích variant.

Graf 9. energetické vstupy při hnojení ječmene dusíkem ve formě LAV (%)

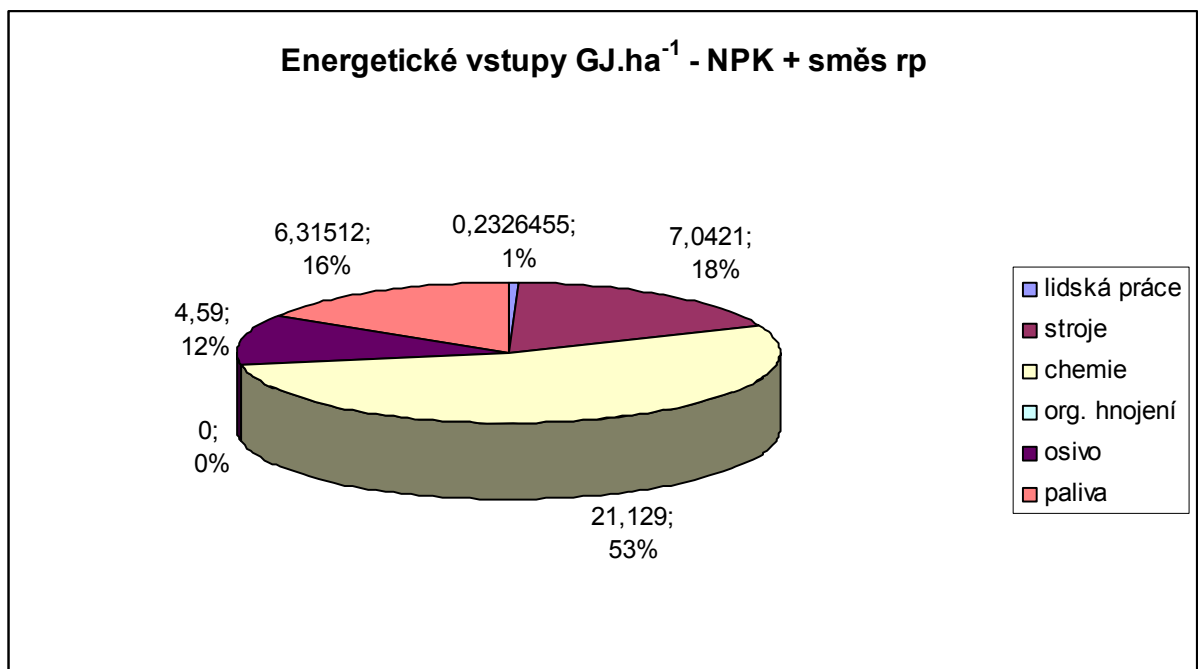


V grafech 10 a 11 je patrné shodné hnojení minerálními hnojivy u variant NPK a NPK + směs rizikových prvků. Dodané množství jednotlivých živin (dusík 70 kg, fosfor 30 kg, draslík 100 kg) je stejné u obou variant a z uvedeného vyplývá i stejná hodnota energie vstupů z chemických vstupů. U těchto variant je její hodnota  $21,13 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  a podílí se nejvyšší měrou ze všech variant na celkových vstupech a to z 53 %. Přesto, že u varianty NPK + směs rp. bylo použito dávky rizikových prvků jako u varianty s trojnásobnou dávkou čistírenských kalů, neobsahovala tato dávka čisté živiny hnojivých látek, a proto nebyla započítána do vstupů organického hnojení, ale pouze do vstupů ve strojích a palivech. U strojů došlo k nepatrnému navýšení energie vstupů z  $6,93 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  u NPK na  $7,04 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  u NPK + rp. V obou případech je zastoupení z celkových nákladů 18 %. U energie paliv se jedná o 16 % a byl zaznamenán nárůst z  $6,14 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  u NPK na  $6,31 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Graf 10. Energetické vstupy při hnojení NPK (%)

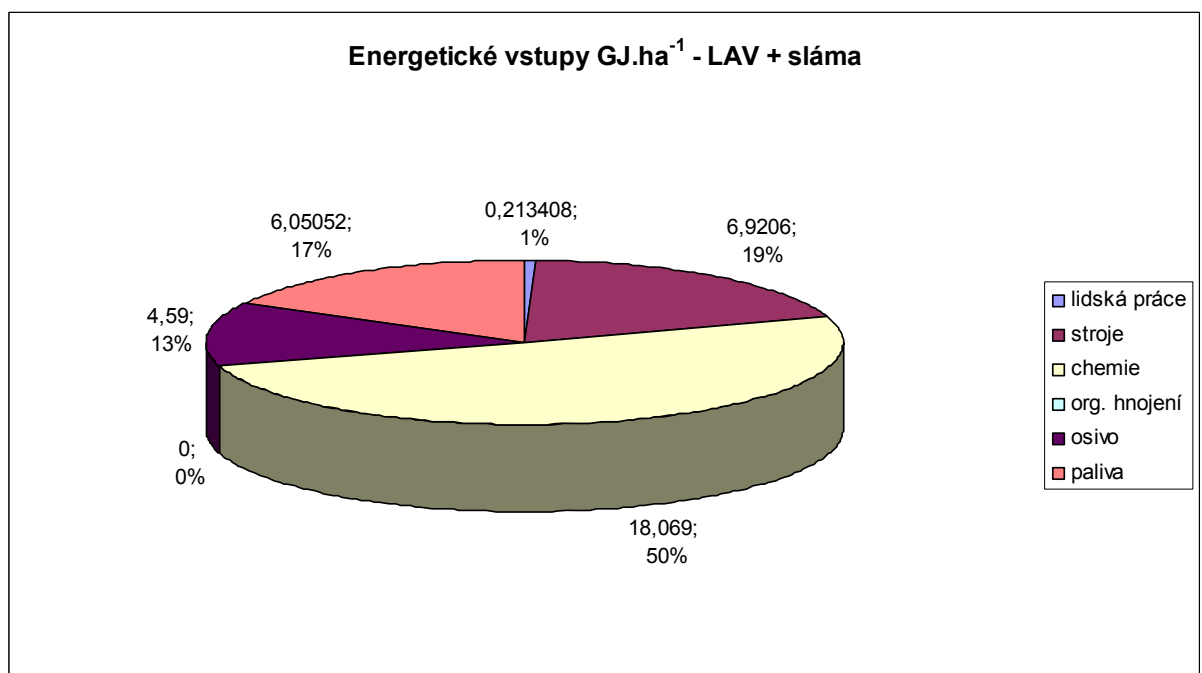


Graf 11. Energetické vstupy při hnojení ječmene NPK s přidavkem rizikových prvků odpovídající dávce u varianty Kal 3 (%)



Energetické vstupy v grafu 12 jsou shodné se vstupy s variantou hnojené pouze ledkem amonným s vápencem (graf 9). Jednotlivé vstupy do pěstování byly následující: chemické vstupy 50 %, stroje 19 %, paliva 17 % organické hnojení 0 % . Uvedené rozdělení energetických vstupů je dáno totožnou dávkou použitého minerálního hnojiva LAV. Dodaná sláma, která byla na pole aplikována tři roky před ječmenem pod brambory, se již nepodílí na energetických vstupech do celkové energetické soustavy, avšak rozdíly jsou patrné při výnosech a naměřeném spalném teple jak vedlejšího tak hlavního produktu.

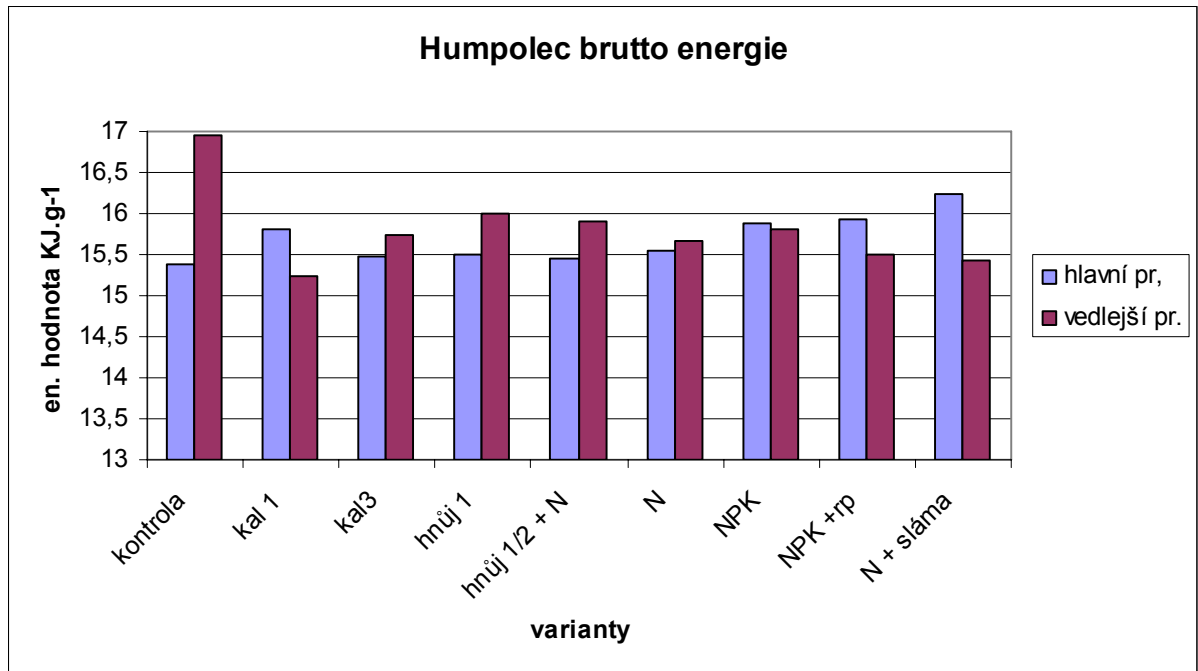
Graf 12. Energetické vstupy při hnojení ječmene LAV se slámou



## 5. 2. Humpolec

### 5. 2. 1. Humpolec: Energetické hodnoty a výnosy

Graf. 13. Obsah brutto energie ( $\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ ) v hlavním a vedlejším produktu ječmene v Humpolci



Z grafu 13 vyplývají rozdílné obsahy spalného tepla, uváděné jako brutto energie, u odrůdy ječmene jarního Calgary, které byly hnojeny různými variantami dusíkatého hnojení. Je patrné, že nejvyšší obsah brutto energie byl obsažen u kontrolní varianty  $16,95 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$  ke které nebylo použito ani organické ani minerální hnojení. Naopak nejnižších hodnot dosahovala varianta hnojená čistírenskými kaly. Proti kontrole došlo k poklesu o  $1,11 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$  na  $15,23 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ . Druhý nejnižší obsah spalného tepla u vedlejšího produktu ( $15,44 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ ) byl naměřen u varianty hnojené ledkem amonným s vápencem a slámou. U této varianty bylo k ječmeni aplikováno  $70 \text{ kg}$  dusíku na hektar a i přes nízký obsah energie ve vedlejším produktu docházelo k nejvyššímu hromadění zásobních látek v zru a dosáhla nejvyššího obsahu brutto energie hlavního produktu  $16,23 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ . Oproti tomu varianta s nejvyšším obsahem energie vedlejšího produktu (kontrola), dosáhla nejnižších hodnot spalného tepla produktu hlavního  $15,39 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ . V tomto případě byly naměřené hodnoty obilky o  $1,56 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$  nižší než hodnoty slámy. Nízké hodnoty brutto energie byly naměřeny v zru i u variant hnojených trojnásobnou dávkou čistírenského kalu ( $15,47 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ ), hnoje ( $15,49 \text{ kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a

poloviční dávky z hnoje s LAV ( $15,44 \text{ kJ.g}^{-1}$ ) u nichž byly zjištěny poměrně vysoké dávky spalného tepla u vedlejšího produktu pohybujícího se v rozmezí od  $15,75 \text{ kJ.g}^{-1}$  (Kal 3) do  $16,01 \text{ kJ.g}^{-1}$  (hnůj). Varianty hnojené minerálními hnojivy (LAV a NPK) mají obsah energie hlavního a vedlejšího produktu poměrně vyrovnaný. Rozdíl mezi nimi činí  $0,13 \text{ kJ.g}^{-1}$  (LAV) a  $0,05 \text{ kJ.g}^{-1}$  (NPK).

V tabulce 8 je uvedena souvislost mezi výnosem a obsahem brutto energie. Nejvyššího výnosu zrna na pokusných parcelách v Humpolci dosahovaly varianty hnojené NPK  $4,44 \text{ t.ha}^{-1}$ , dále pak varianta hnojena poloviční dávkou hnoje s LAV  $4,32 \text{ t.ha}^{-1}$ . Třetího nejvyššího výnosu bylo dosaženo hnojením NPK se směsí rizikových prvků.  $3,99 \text{ t.ha}^{-1}$ . Zatímco hodnoty spalného tepla u variant s NPK jsou poměrně vysoké, varianta s hnojem má tuto hodnotu velmi nízkou. Velmi vysokých hodnot energie dosáhla varianta Kal 1 i přes nejnižší výnos  $1,83 \text{ t.ha}^{-1}$ . Varianty kontrola, hnůj a Kal 3 měly nízký výnos hlavního produktu i spalného tepla a výnos při hnojení variantou N byl o  $0,35 \text{ t.ha}^{-1}$  nižší než u N + sláma. Obsah spalného tepla se průkazně zvýšil po přidání slámy o  $0,68 \text{ kJ.g}^{-1}$ .

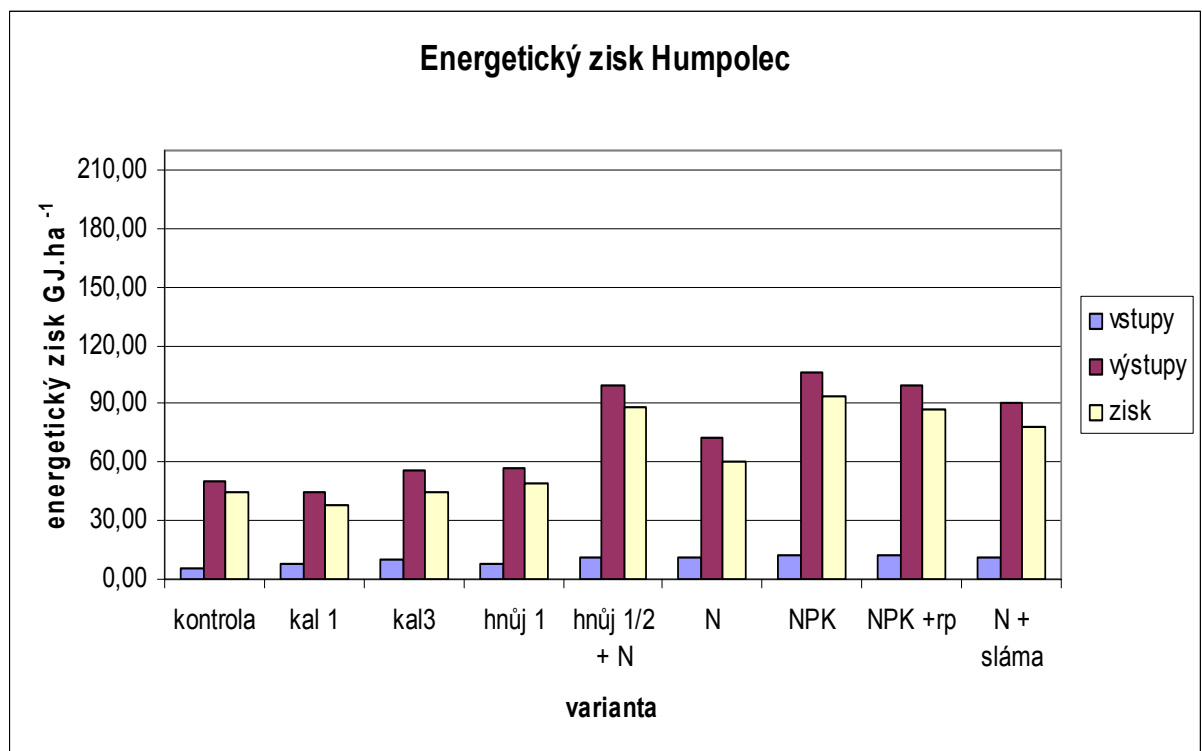
Tabulka 8. Energetická hodnota ( $\text{kJ.g}^{-1}$ ) a výnos hlavního a vedlejšího produktu ( $\text{t.ha}^{-1}$ ) v Humpolci

<b>Humpolec</b>				
varianta	Brutto en. hl. pr. $\text{kJ.g}^{-1}$	Brutto en. ved. pro. $\text{kJ.g}^{-1}$	výnos hl. pr. $\text{t.ha}^{-1}$	výnos vedl pr. $\text{t.ha}^{-1}$
kontrola	15,39	16,95	2,00	1,15
Kal 1	15,82	15,23	1,83	1,06
Kal 3	15,47	15,75	2,31	1,25
hnůj 1	15,49	16,01	2,27	1,34
hnůj 1/2 + N	15,44	15,91	4,32	2,03
N	15,55	15,68	3,19	1,44
NPK	15,87	15,82	4,44	2,26
NPK +rp	15,93	15,51	3,99	2,31
N + sláma	16,23	15,44	3,54	2,12

## 5. 2. 2. Energetický zisk Humpolec

Energetický zisk vyjádřený v grafu 14 demonstruje vliv vstupů a výstupů na celkovou bilanci pěstování ječmene jarního u devíti různých variant v lokalitě Humpolec. Z grafu 14 jsou patrné relativně malé změny energetických vstupů, které mohou mít značný význam ve výstupech a následném energetickém zisku. Nejnižších energetických vstupů bylo dodáno u kontrolní varianty, která však celkovým ziskem přesáhla zisk varianty Kal 1 o  $6,76 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  a hodnota zisku je  $44,59 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . K mírnému nárůstu energetického zisku docházelo až u varianty hnojeného hnojem, kde za podobných vstupů jako u Kal 1 nastal v porovnání s kontrolou nárůst výstupů o  $6,35 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  a následně zisku o  $4,55 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  na  $49,14 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Varianta Kal 3 i přes vyšší vstupy než Hnůj nedosáhla výše uvedených hodnot energetického zisku a byla neprůkazně nižší s hodnotou  $45,20 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  téměř na úrovni kontrolní varianty.

Graf 14. Energetický zisk ( $\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) na pokusné stanici v Humpolci



Výraznějšího energetického zisku bylo dosaženo až při hnojení ječmene jarního minerálními hnojivy. Druhého nejvyššího energetického zisku  $87,84 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  v lokalitě Humpolec bylo dosaženo při hnojení 55 N hnojivem LAV a poloviční dávkou hnoje než u

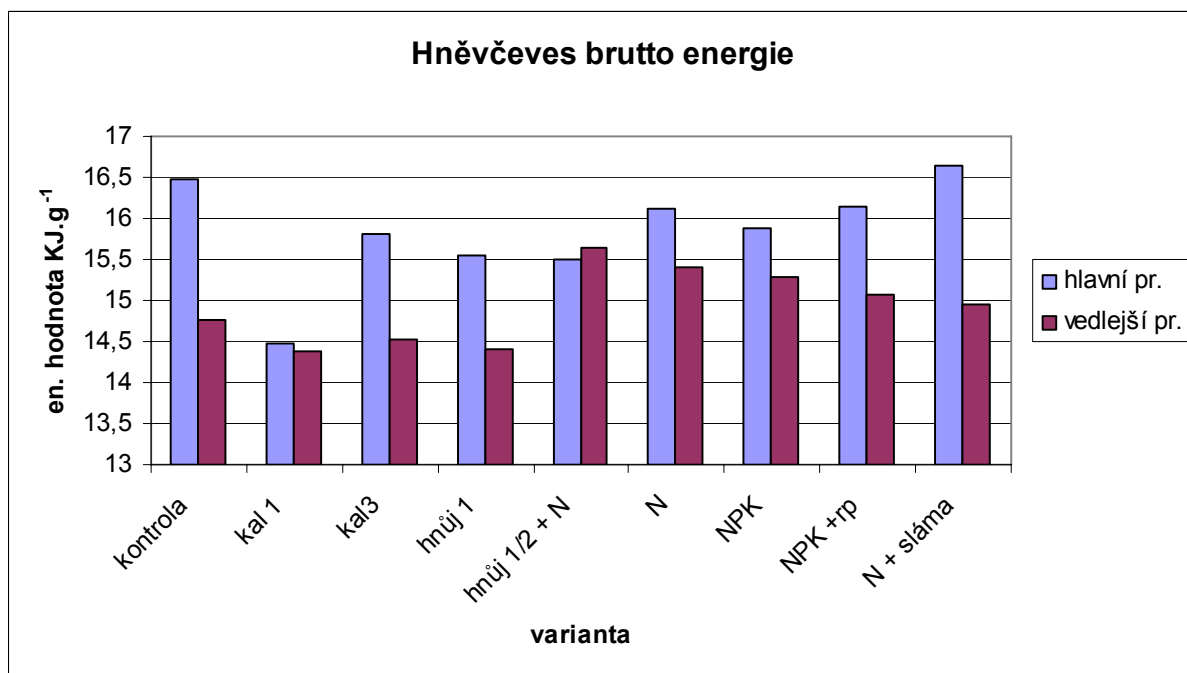
předchozí varianty. Vstupy jsou zde poměrně vysoké (11, 16 GJ.ha<sup>-1</sup>), avšak oproti kontrole byl zaznamenán nárůst vstupů o 5,48 GJ.ha<sup>-1</sup>, zároveň se zvýšil zisk o 43,25 GJ.ha<sup>-1</sup> na konečných 87,84 GJ.ha<sup>-1</sup>. Zde je patrné, že i nižší dávky dusíku z minerálních hnojiv a dodání hnoje má pozitivní vliv na výnos a zisk než pouhé hnojení LAV, kde za vstupu o 0,50 GJ.ha<sup>-1</sup> vyšším než u předchozí varianty byl zaznamenán pokles výstupů o 26,83 GJ.ha<sup>-1</sup> a zisk činil 60,50 GJ.ha<sup>-1</sup>. Nejvyšších výsledků energetického zisku dosáhla varianta hnojena NPK, ke které bylo sice použito vysokých energetických vstupů (12,72 GJ.ha<sup>-1</sup>), především v minerálních hnojivech, ale tyto vklady jsou vyváženy ziskem 93,51 GJ.ha<sup>-1</sup> převyšující o 48,95 GJ.ha<sup>-1</sup> nehnojený ječmen a o 6,92 GJ.ha<sup>-1</sup> variantu hnojenou stejným množstvím NPK s přidáním rizikových prvků. Ty za přibližně stejných vstupů působily negativně na výnos a výstupy ze soustavy a jejich konečný zisk dosáhl hodnoty 86,59 GJ.ha<sup>-1</sup>.

Poslední varianta hnojená LAV se zaoranou slámou před brambory dosáhla za poměrně vysokých vstupů 11,66 GJ.ha<sup>-1</sup>, stejných hodnot jako u hnojení pouze LAV, vyšších výstupů (90,18 GJ.ha<sup>-1</sup>) proti této variantě o 8,82 GJ.ha<sup>-1</sup>, a její zisk dosáhl hodnoty čtvrté nejvyšší hodnoty 78,52 GJ.ha<sup>-1</sup>.

## 5. 3. Hněvčeves

### 5. 3. 1. Hněvčeves: energetické hodnoty a výnos

Graf. 15. Obsah brutto energie (kJ.g<sup>-1</sup>) v hlavním a vedlejším produktu ječmene v Hněvčevsi





Garf 15 ukazuje množství brutto energie hlavního a vedlejšího produktu při pěstování ječmene jarního v lokalitě Hněvčeves. Zde je patrná vysoká energetická hodnota hlavního produktu u kontroly  $16,48 \text{ kJ.g}^{-1}$ . Tato hodnota je druhá nejvyšší avšak výnos hlavního produktu jak ukazuje tabulka 9 je pouze  $3,24 \text{ t.ha}^{-1}$  a výrazně ovlivňuje celkový energetický zisk. Hnojením čistírenským kalem bylo dosaženo o  $2,57 \text{ t.ha}^{-1}$  vyššího výnosu hl. produktu než u kontroly avšak brutto energie poklesla o  $2,02 \text{ kJ.g}^{-1}$  a dosahuje podobné hodnoty ( $14,47 \text{ kJ.g}^{-1}$ ) jako vedlejší produkt ( $14,38 \text{ kJ.g}^{-1}$ ).

Aplikací trojitě dávky čistírenských kalů došlo jak ke zvýšení spalného tepla tak i výnosu u hlavního i vedlejšího produktu oproti předchozí variantě. Výnos hlavního produktu se zvýšil o  $0,72 \text{ t.ha}^{-1}$  a vedlejšího o  $0,5 \text{ t.ha}^{-1}$ . V grafu 15 je vidět podobnost hodnot spalného tepla u této varianty a varianty hnojené hnojem ( $15,54 \text{ kJ.g}^{-1}$ ), ale varianta hnojená hnojem měla nižší výnos hlavního produktu  $5,56 \text{ t.ha}^{-1}$  podobný jako u Kal 1. U další varianty hnojené hnojem a LAV došlo jako u jediné k větším hodnotám brutto energie vedlejšího produktu  $15,64 \text{ kJ.g}^{-1}$  oproti hlavnímu produktu  $15,50 \text{ kJ.g}^{-1}$ . ale hnojení minerálním hnojivem s organickým mělo pozitivní vliv na výnos, jež dosáhl  $6,90 \text{ t.ha}^{-1}$ . Vyšších hodnot dosáhlo už jen hnojení NPK.

Hnojení pouze LAV bez organického hnojení mělo za následek mírné snížení výnosu o  $0,84 \text{ t.ha}^{-1}$ , ale došlo ke zvýšení spalného tepla o  $0,62 \text{ kJ.g}^{-1}$  na  $16,12 \text{ kJ.g}^{-1}$ . U vedlejších produktů jsou hodnoty téměř shodné. Podobné hodnoty vedlejších produktů jsou zjištěny i u další varianty hnojené NPK (výnos  $5,51 \text{ t.ha}^{-1}$ , brutto en.  $15,41 \text{ kJ.g}^{-1}$ ). Avšak výnos hlavního produktu byl zde nejvyšší a dosáhl  $8,34 \text{ t.ha}^{-1}$  což je oproti kontrole nárůst o  $5,1 \text{ t.ha}^{-1}$  a i přes poměrně nízké hodnoty spalného tepla  $15,88 \text{ kJ.g}^{-1}$  dosahuje tato varianta největšího energetického zisku. Přidáním rizikových prvků k tomuto hnojení došlo k poklesu výnosu o  $0,65 \text{ t.ha}^{-1}$  hlavního produktu, i přesto je vidět, že hnojení NPK má nejlepší vliv na výnos hlavního i vedlejšího ( $5,54 \text{ t.ha}^{-1}$ ) produktu. Při aplikaci rizikových prvků k NPK ovšem došlo k hromadění vysoko obsažných látek zrna a nárůstu brutto energie na hodnotu  $16,14 \text{ kJ.g}^{-1}$ . Poslední varianta, tedy hnojení LAV se slámou, dosáhla vůbec nejvyšších energetických hodnot hlavního produktu  $16,65 \text{ kJ.g}^{-1}$ , ale výnos podobně jako u kontroly byl velice nízký  $4,96 \text{ t.ha}^{-1}$ , což se projeví i na celkovém energetickém zisku. Nízký výnos je zde i u vedlejšího produktu ( $4,46 \text{ t.ha}^{-1}$ ).

Tabulka 9. Energetická hodnota ( $\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a výnos hlavního a vedlejšího produktu ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) v Hněvčesi

<b>Hněvčeves</b>				
varianta	Brutto en. hl. pr. $\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$	Brutto en. ved. pro. $\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$	výnos hl. pr. $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	výnos vedl. pr. $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$
kontrola	16,49	14,77	3,24	3,65
kal 1	14,48	14,38	5,81	4,34
kal3	15,82	14,52	6,53	4,84
hnůj 1	15,54	14,40	5,56	4,87
hnůj 1/2 +				
N	15,50	15,64	6,90	5,02
N	16,12	15,41	6,06	5,19
NPK	15,88	15,29	8,34	5,51
NPK +rp	16,14	15,08	7,69	5,54
N + sláma	16,65	14,95	4,96	4,46

### 5. 3. 2. Energetický zisk Hněvčeves

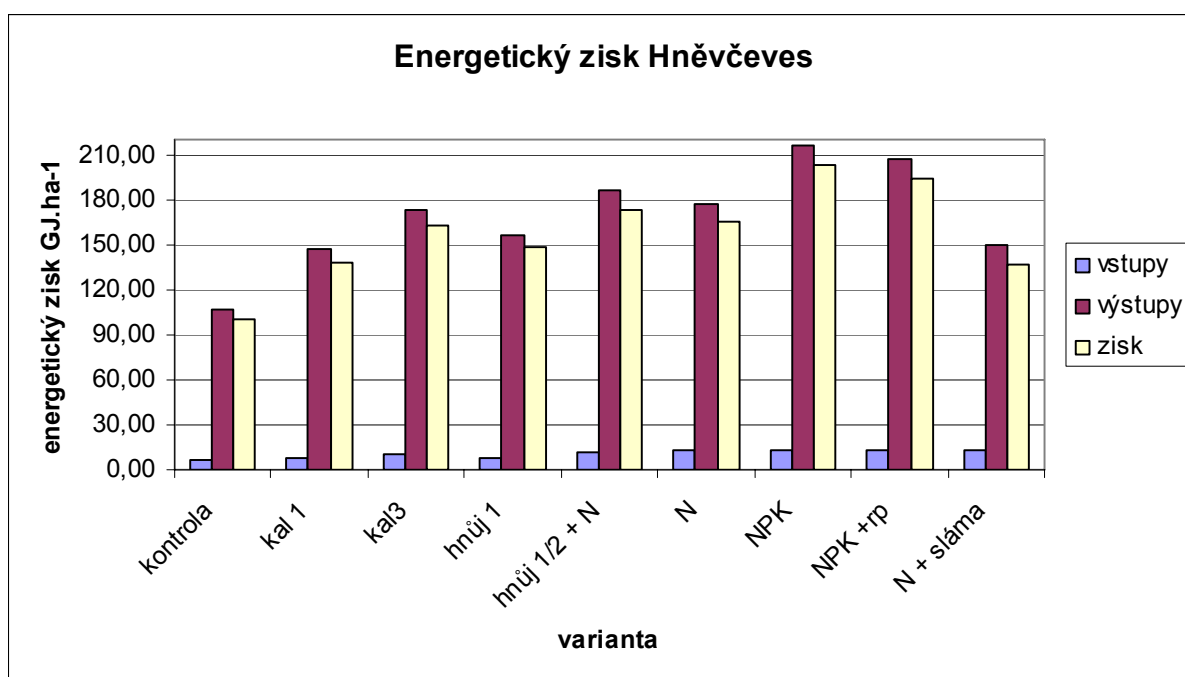
Energetický zisk v lokalitě Hněvčeves viduje uveden v grafu 16. Podobně jako v lokalitě Humpolec je možné pozorovat za poměrně malých změn ve vstupech do energetické soustavy vysoké změny celkových výstupů a následného zisku. Ovšem v této lokalitě bylo dosahováno výrazně vyšších výnosů.

Nejnižších výstupů zde bylo dosaženo u kontrolní varianty. To je dáno i nejnižšími vstupy, které dosahovali hodnoty pouze  $6,51 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  a výsledný energetický zisk dosáhl hodnoty  $100,82 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Zde je patrný výrazný vliv stanoviště při pěstování ječmene jarního, jelikož v lokalitě Humpolec nedosahovaly ani varianty hnojené minerálními hnojivy takový zisk jako kontrola v lokalitě Hněvčeves. Hnojením čistírenskými kaly docházelo jak ke zvyšování nákladů o  $1,58 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , tak ke zvýšení výstupů o  $39,22 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  a celkový zisk dosáhl hodnoty  $138,45 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Velice podobných energetických hodnot bylo dosaženo při

hnojení ječmene hnojem, ale zde bylo dosaženo vyšších výstupů ( $156,53 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a energetický zisk zde narostl na  $148,22 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Trojité dávkou čistírenských kalů měla opět lepší výsledky než varianta Kal 1, kde bylo zaznamenáno zvýšení výstupů ze soustavy o  $27,06 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  při relativně nízkých nákladech  $11,05 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  a zisku  $162,55 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Při následném způsobu hnojení, tedy hnůj + LAV došlo k dalšímu nárůstu jak vstupů ( $11,98 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), tak i výstupů ( $185,51 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a z grafu 13 je patrné, že organické hnojení přidané k minerálnímu má větší vliv na celkový energetický zisk ( $173,52 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) než hnojení pouze hnojivem LAV, kde byly vyšší vstupy oproti variantě LAV + hnůj o  $0,50 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , ale celkový zisk byl snížen o  $8,37 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  na výsledných  $165,15 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Graf 16. Energetický zisk ( $\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) na pokusné stanici v Hněvčevsi



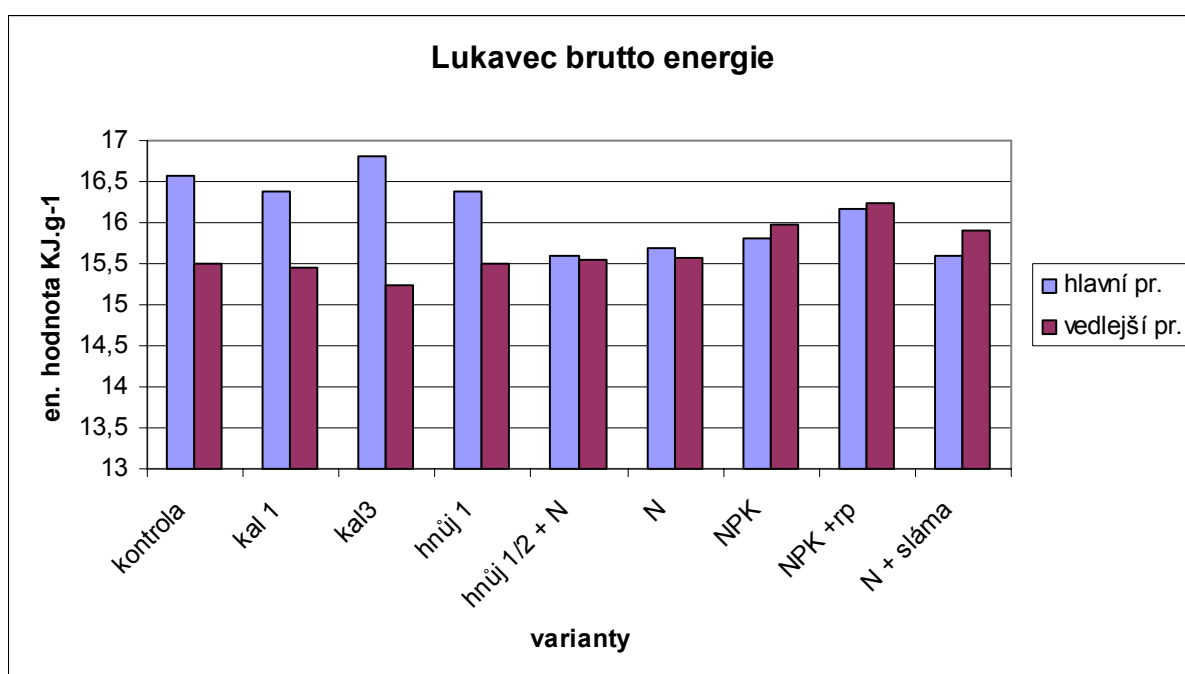
U následných variant hnojených NPK docházel k nejvyššímu nárůstu energetických výstupů. Oproti kontrole až o  $109,42 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  při poměrně velkých hodnotách vstupu  $13,54 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  avšak výsledný zisk, jak je demonstrováno v grafu 16 patří k nejvyšším a dosahuje hodnoty  $203,19 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . K mírnému úbytku energetického zisku došlo přidáním rizikových prvků z čistírenských kalů, kdy za podobných vstupů došlo k poklesu o  $9,20$ , ale i přesto byl výsledný zisk druhý nejvyšší.

Poslední varianta hnojená ledkem amonným s vápencem za přídavku slámy vykazovala oproti variantě hnojené pouze LAV poměrně velký úbytek výstupů ze soustavy, a její konečná hodnota činila 149,26 GJ.ha<sup>-1</sup> s konečným ziskem 136,78 GJ.ha<sup>-1</sup> jenž byl o 28,37 GJ.ha<sup>-1</sup> nižší (oproti LAV).

## 5. 4. Lukavec

### 5. 4. 1. Lukavec: Energetické hodnoty a výnosy

Graf 17. Obsah brutto energie (kJ.g<sup>-1</sup>) v hlavním a vedlejším produktu ječmene v Lukavci



Graf 17 znázorňuje obsah brutto energie jak hlavního tak vedlejšího produktu při pěstování ječmene jarního za použití devíti různých variant hnojení dusíkatými hnojivy v lokalitě Lukavec. První varianta, tedy kontrola dosahovala velice vysokých hodnot, druhých nejvyšších po hnojení variantou Kal 3, a to 16,56 kJ.g<sup>-1</sup> avšak výnos který je vyjádřen v tabulce 10 byl velmi nízký a činil 2,14 t.ha<sup>-1</sup> u hlavního produktu a 1,90 t.ha<sup>-1</sup> u produktu vedlejšího. Obsah spalného tepla slámy dosáhl hodnoty 15,49 kJ.g<sup>-1</sup>. Hnojením ječmene jarního čistírenskými kaly mělo za následek výrazný nárůst výnosu vedlejšího produktu o 1,47 t.ha<sup>-1</sup> přesto že výnos zrna dosáhl vyšší hodnoty pouze o 0,35 t.ha<sup>-1</sup>. Hodnota brutto energie byla na podobné úrovni jako u nehnojené varianty. Jak již bylo uvedeno dříve,

nejvyšší obsah brutto energie hlavního produktu dosáhla varianta Kal 3 ( $16,80 \text{ kJ.g}^{-1}$ ) a byl zde zaznamenán poměrně výrazný nárůst výnosu o  $1,29 \text{ t.ha}^{-1}$  u zrna na úkor výnosu slámy, kde byl naopak zaznamenán pokles na  $2,97 \text{ t.ha}^{-1}$ . Hnojení hnojem mělo za následek podobné výsledky jako při hnojení čistírenskými kaly. Obsah energie byl takřka shodný a mírného rozdílu bylo dosaženo u výnosů, kde opět došlo k velkému nárůstu slámy ( $3,69 \text{ t.ha}^{-1}$ ) a malému výnosu zrna ( $2,81 \text{ t.ha}^{-1}$ ). Lepších výnosů bylo dosahováno, podobně jako u lokalit Humpolec i Hněvčeves dodáním dusíku pomocí minerálních hnojiv.

Dávkou  $55 \text{ kg N}$  na hektar v hnojivu LAV a poloviční dávky hnoje došlo k nárůstu výnosu na  $4,15 \text{ t.ha}^{-1}$  i přesto, že spalné teplo dosáhlo hodnoty pouze  $15,60 \text{ kJ.g}^{-1}$ , což je vůbec nejnižší hodnota v této lokalitě. Hodnoty vedlejšího produktu jsou výnos  $3,77 \text{ t.ha}^{-1}$ , brutto energie  $15,54 \text{ kJ.g}^{-1}$ . Další varianta hnojení je dodání  $70 \text{ kg}$  dusíku na hektar pouze hnojivem LAV bez dalších organických hnojiv. Tímto způsobem hnojení došlo k mírnému nárůstu všech sledovaných hodnot, které jsou demonstrovány tabulkou 10. Největších změn bylo dosaženo u výnosů hlavního produktu, kde činil nárůst  $0,26 \text{ t.ha}^{-1}$  a vedlejšího produktu, nárůst  $0,39 \text{ t.ha}^{-1}$ .

U varianty hnojené NPK byla zjištěna hodnota spalného tepla  $15,81 \text{ kJ.g}^{-1}$  a u slámy  $15,97 \text{ kJ.g}^{-1}$ . Tato hodnota dosáhla druhé nejvyšší míry po variantě hnojené NPK s přidavkem rizikových prvků ( $16,24 \text{ kJ.g}^{-1}$ ), avšak výnos vedlejšího produktu byl vyšší při hnojení samotným NPK. U hlavního produktu se výnos mezi těmito varianty lišil pouze o  $0,01 \text{ t.ha}^{-1}$  a dosáhl nejvyšších hodnot. Poslední varianta hnojena ledkem amonným s vápencem s dodáním slámy dosahovala hodnot hlavního produktu jako varianta hnojena LAV s přidavkem hnoje. Výnos byl naprosto shodný a obsah spalného tepla se lišil pouze o  $0,01 \text{ kJ.g}^{-1}$ , a dosáhl hodnoty  $15,61 \text{ kJ.g}^{-1}$ . výnos slámy byl však nižší o  $0,34 \text{ t.ha}^{-1}$ , ale brutto energie se zvětšila až na hodnotu  $15,90 \text{ kJ.g}^{-1}$ .

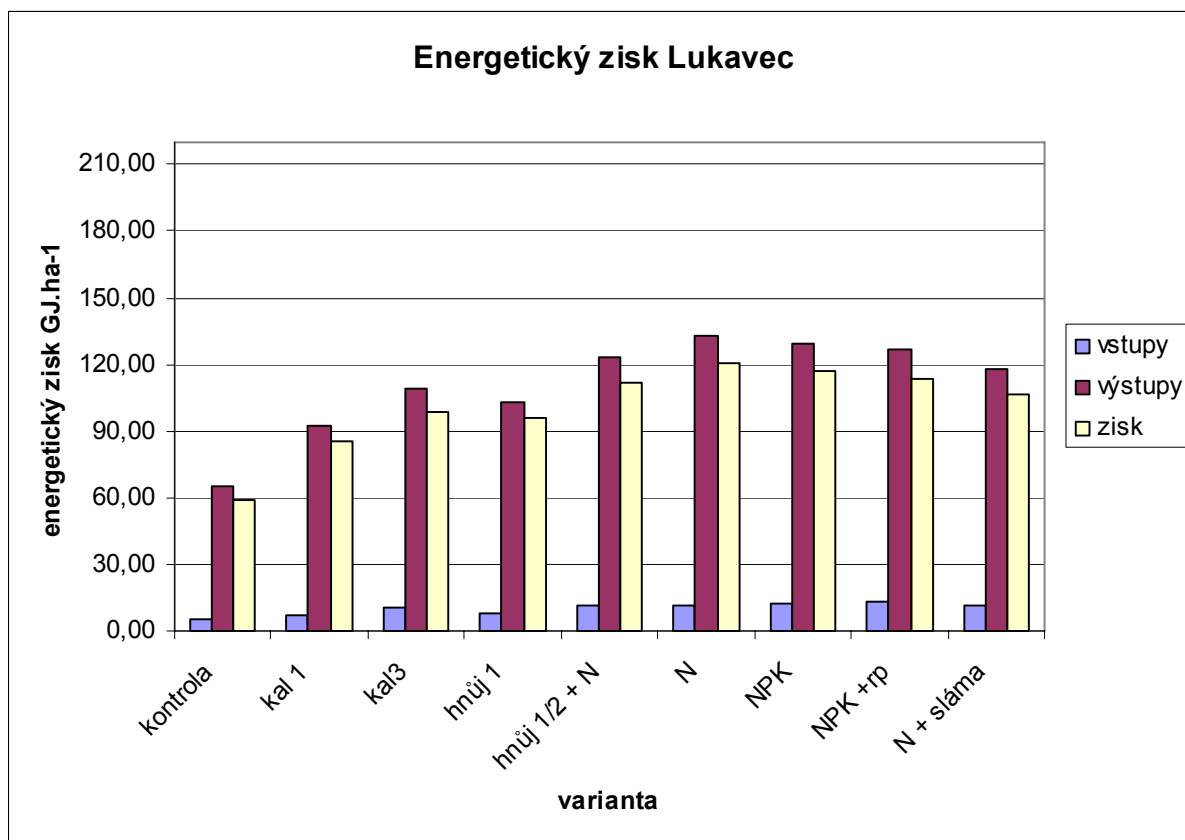
Tabulka 10. Energetická hodnota ( $\text{kJ.g}^{-1}$ ) a výnos hlavního a vedlejšího produktu ( $\text{t.ha}^{-1}$ ) v lukavci

<b>Lukavec</b>				
varianta	Brtto en. hl. pr. $\text{kJ.g}^{-1}$	Brutto en. ved. pro. $\text{kJ.g}^{-1}$	výnos hl. pr. $\text{t.ha}^{-1}$	výnos vedl pr. $\text{t.ha}^{-1}$
kontrola	16,56	15,49	2,14	1,90
kal 1	16,37	15,44	2,49	3,37
kal3	16,80	15,24	3,78	2,97
hnůj 1	16,38	15,50	2,81	3,69
hnůj 1/2 + N	15,60	15,54	4,15	3,77
N	15,70	15,57	4,41	4,06
NPK	15,81	15,97	4,48	3,69
NPK +rp	16,16	16,24	4,47	3,34
N + sláma	15,61	15,90	4,15	3,34

#### 5. 4. 2. Energetický zisk Lukavec

Energetický zisk v lokalitě Lukavec je demonstrován grafem 18. Zde jsou patrné jednotlivé energetické vstupy, výstupy a celkový zisk zemědělské soustavy u devíti variant hnojení dusíkem. První kontrolní pokus ukazuje jak nejnižší hodnoty vstupu  $5,72 \text{ GJ.ha}^{-1}$ , tak i výstupů  $64,87 \text{ GJ.ha}^{-1}$ . Je zde i nejnižší energetický zisk tvořící hodnotu pouze  $59,15 \text{ GJ.ha}^{-1}$ . U další varianty došlo k nárůstu vstupů dodání organického hnojiva v dávce  $330 \text{ kg}$  na hektar dusíku čistírenským kalem. Zvýšením vstupů o  $1,58 \text{ GJ.ha}^{-1}$  dochází i ke zvyšování celkového zisku oproti kontrole o  $26,37 \text{ GJ.ha}^{-1}$  na hodnotu  $85,52 \text{ GJ.ha}^{-1}$ . I další zvyšování vstupů působí pozitivně na nárůst konečného energetického zisku. Trojitou dávkou čistírenských kalů jsme dosáhli hodnot výstupů ze soustavy  $108,78 \text{ GJ.ha}^{-1}$  a zisk byl vyšší o  $39,37 \text{ GJ.ha}^{-1}$  než u kontroly. Energetické vstupy pro aplikaci hnoje jsou velice podobné vstupům Kal 1 (rozdíl pouze  $0,22 \text{ GJ.ha}^{-1}$ ), ale rozdíl je patrný v zisku, kde hodnotou  $95,70 \text{ GJ.ha}^{-1}$  převyšuje variantu hnůj o  $9,82 \text{ GJ.ha}^{-1}$ .

Graf 18. Energetický zisk ( $\text{GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) na pokusné stanici Lukavec



U následných variant dochází opět k výrazným nárůstům energetických výstupů i celkového zisku z důvodů aplikace minerálních hnojiv, které mají sice vliv na nárůstu vstupů dodáním velkého množství čistých živin, ale toto je vyváženo vyššími výnosy hlavního i vedlejšího produktu.

U varianty hnojené jak organickým tak minerálním hnojivem LAV bylo dosaženo o  $16,40 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  vyššího energetického zisku ( $112,10 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) při zvýšení vstupů o  $3,68 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  a hnojením pouze  $70 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  hnojivem LAV, došlo k nárůstu výstupů ( $132,45 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i zisku až na hodnotu  $120,76 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Tato hodnota byla nejvyšší dosaženou v lokalitě Lukavec i přes to, že největších vstupů dosahovala až varianta NPK + rp ( $12,85 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) vyšší o  $1,15 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  než u LAV. Varianta hnojená NPK měla opět velmi vysoké energetické výstupy  $129,76 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  i přes poměrně vysoké vstupy  $12,75 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Zisk byl opět dán vysokými výnosy zrna a slámy. Podobně tomu bylo i u varianty, ke které byly přidány rizikové prvky z čistírenských kalů ve stejném množství jako u varianty Kal 3. Zde ovšem při vyšších vstupech o  $0,10 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  dochází k úbytku výstupů o  $3,31 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  výsledný zisk dosáhl hodnoty  $113,60 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Poslední varianta, tedy hnojení  $70 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  hnojivem LAV

s přidáním slámy bylo dosaženo nižších výstupů ( $117,88 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) než u varianty bez dodání slámy, tedy pouze LAV a při stejných energetických vstupech  $11,70 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  se energetický zisk snížil o  $14,58 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . a hnojení slámou tak nemělo pozitivní vliv na celkové energetické hodnoty v lokalitě Lukavec.



## 6. Diskuse

Z výsledků byly zjištěny různé rozdíly jak ve výnosech v tunách na hektar, tak i v obsahu spalného tepla vyjádřeného v brutto energii u devíti variant pěstování ječmene jarního, odrůdy Calgary, v rámci tří pokusných stanovišť. Na základě zjištěných hodnot a tabelárních dat byly vypočteny energetické vstupy a výstupy zemědělské soustavy, podsoustavy rostlinná výroba.

Z celkových energetických vstupů do soustavy se v průměru nejvíce podílí agrochemie ze 39 % (10 % organické hnojení, 29 % minerální hnojení + pesticidy), energie ve strojích zaujímá v průměru 23 %, dále fosilní paliva 21 %, a energie v osivech 16 %. Pouze malý podíl zaujímá energie živé lidské práce a to 1 %. Podobných hodnot energetických vstupů dosáhl i Risoud (1999), který zjistil nejvyšší průměrné vstupy v rostlinné produkci do soustavy z agrochemie. To je dáno vysokou náročností při výrobě agrochemikálií, např. na výrobu dusíku je potřeba  $82,5 \text{ GJ.t}^{-1}$ .

Pospíšil a Vilček (2000) uvádí, že průměrné roční vstupy z organických hnojiv do půdy jsou okolo 20 %, ty se však shodují pouze s výsledky u variant hnojených hnojem (22% z organického hnojení) a jednoduchou dávkou čistírenských kalů (20%). Jinak v průměru celkových dodaných vstupů organickými hnojivy ze všech variant činili vstupy pouze 10%. Tyto výsledky jsou však pravděpodobně způsobeny pokusným hnojením, u kterého nebyl kladen důraz na organická hnojiva a většina variant nemá v osevním postupu zastoupení organického hnojení.

Výsledky ve změnách brutto energie hlavního i vedlejšího produktu jak uvádí Larcher (1995), byly dány různým zastoupením energeticky bohatých látek. Jejich zastoupení v určité míře v obilkách, respektive slámě má za následek nárůst nebo naopak pokles spalného tepla.

Výrazné změny byly zjištěny mezi jednotlivými lokalitami, kde například rozdíl energie hlavního produktu mezi kontrolní variantou v Humpolci a Hněvčevsi činil  $1,09 \text{ kJ.g}^{-1}$ . Tvrdíka uvádí Hale a Orccut (1987), Wahid at.al. (2007) je patrný vliv mají vnější faktory lokality jako jsou teplota, vláhové a půdní podmínky na obsah jednotlivých látek. Ty se velkou měrou podílejí nejen na obsahu spalného tepla, ale i na celkových výnosech hlavního i vedlejšího produktu. Určitým stresovým faktorem mohly být pro rostliny i různé stupně zaplevelení v jednotlivých lokalitách, které se také podílí na změně obsahu brutto energie (Brant et al. 2011).

Obecně se uvádí, že vyšších hodnot spalného tepla je dosahováno v generativních orgánech než v listech a stonku. Toto tvrzení podle Darlinga (1976) se shoduje s výsledky v lokalitě Hněvčeves, kde bylo u osmi variant naměřeno vyššího obsahu energie u hlavního produktu oproti produktu vedlejšímu. Pouze u varianty s poloviční dávkou hnoje s LAV toto tvrzení nebylo potvrzeno. V lokalitě Lukavec už bylo opačných výsledků více a v Humpolci se s tímto tvrzením neshodovalo dokonce pět z devíti variant hnojení. Vyšší obsah brutto energie v zrně by měl být dán zastoupením vysoko obsažných látek v zrně (Kumar, 1994). Nárůst energie ve slámě ječmene jarního na úkor hlavního produktu mohl být způsoben tím, že při poměrně velkých změnách výnosu zrna nedocházelo k výrazným změnám výnosu produktu vedlejšího a docházelo k vyšší akumulaci látek ve slámě.

Množství spalného tepla, které bylo naměřeno u kontrolní varianty v lokalitě Hněvčeves  $16,51 \text{ kJ.g}^{-1}$  se neshoduje s výsledky Hniličky a kol. (2007), který zjistil hodnoty spalného tepla  $15,76 \text{ kJ.g}^{-1}$ . Tyto diference mohli být způsobeny genetickou odlišností zkoumaných odrůd ječmene jarního (Golleye, 1961), vlivem prostředí a odlišnou agrotehikou. Podobných hodnot však již bylo v této lokalitě dosaženo u variant hnojených NPK ( $15,88 \text{ kJ.g}^{-1}$ ), trojitou dávkou čistírenských kalů ( $15,82 \text{ kJ.g}^{-1}$ ) a hnojem ( $15,54 \text{ kJ.g}^{-1}$ ), které se liší jen nepatrně.

Rozdíl v genotypu je prokázán i z výsledků ječmene jarního odrůdy Diplom měřených Hniličkou a kol. (2007), který zjistil obsah brutto energie v hlavním produktu  $14,98 \text{ kJ.g}^{-1}$ . Tato hodnota se neshoduje s výsledky dosažených v tomto pokusu u odrůdy Calgary. Také Preininger (1987) zjistil nižší obsah spalného tepla u ječmene ( $15,06 \text{ kJ.g}^{-1}$ ) než byl naměřen v pokusech na lokalitách Lukavec, Humpolec a Hněvčeves.

Velmi vysokých hodnot energie v zrně ječmene jarního uvádí ve svých pokusech Martínková (2008), u které byly zjištěny hodnoty netto energie v zrně o  $2,09 \text{ kJ.g}^{-1}$  ( $18,92 \text{ kJ.g}^{-1}$ ) než u nejvyšší naměřené hodnoty netto energie v lokalitě Hněvčeves u varianty hnojené LAV s přidavkem slámy. U této varianty byla naměřena netto energie  $16,83 \text{ kJ.g}^{-1}$  ( $16,65 \text{ kJ.g}^{-1}$  brutto energie). Vůbec nejvyšších hodnot spalného tepla bylo dosaženo na pozemku Lukavec při hnojení trojitou dávkou čistírenských kalů. Obsah spalného tepla  $16,80 \text{ kJ.g}^{-1}$  byl však i zde oproti Martínkové (2008) nízký. Vyšších výnosů dosáhl také Hruška a Jeníček (1982) zjištěním hodnoty spalného tepla u ječmene  $17,34 \text{ kJ.g}^{-1}$ .

Dále byly zjišťovány výnosy ječmene jarního a zde bylo prokázáno tvrzení Richtera a Hlušky (2006), že nedostatek dusíku způsobuje nižší výnosy než při optimálním hnojení dusíkem. V pokusech bylo u odrůd nehnojených dusíkem dosahováno nejnižšího výnosu v lokalitě Hněvčeves  $3,24 \text{ t.ha}^{-1}$ , tak v lokalitě Lukavec  $2,14 \text{ t.ha}^{-1}$ . Pouze na pozemcích

v Humpolci nejnižších výnosů dosáhla variant hnojena čistírenskými kaly  $1,84 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  avšak výnos nehojné varianty byl pouze o  $0,16 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  vyšší. Totéž potvrdil i Hřivna (2006), který konstatuje, že použití dusíku v jakékoliv formě má za následek zvýšení výnosu hlavního produktu. Uvedený autor zjistil výnos ječmene po hnojení  $50 \text{ kg}$  dusíku výnos  $7,48 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Jeho výsledky se příliš neshodují s výsledky v tomto pokusu, ve kterém byl zjištěn při hnojení  $50 \text{ kg}$  dusíku k ječmeni v Humpolci  $4,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  a Lukavci  $4,15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . V lokalitě Hněvčeves se výnos pohyboval na úrovni  $6,90 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Další nárůst výnosu zrna při hnojení vyššími dávkami dusíku, který konstatuje i Zimolka (2006), byl prokázán na všech lokalitách a hnojením  $70 \text{ kg}$  dusíku minerálními hnojivy dosahovaly výnosy hodnot až  $8,34 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Tohoto výsledku bylo dosaženo v lokalitě Hněvčeves hnojením NPK a došlo zde k nárůstu výnosu oproti variantě, ke které nebylo použito žádné ani organické ani minerální hnojení o  $5,10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . V lokalitě Humpolec byl rozdíl mezi variantou s nejlepším výnosem  $4,44 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (NPK) a zde činil nárůst oproti kontrole už jen  $2,44 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . a v oblasti Lukavec je rozdíl mezi kontrolní variantou a nejvýnosnější variantou NPK  $2,34 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Z výše uvedeného je opět vidět jak výrazný vliv má na celkový výnos a následný energetický zisk nejen správné hnojení dusíkatými hnojivy jak tvrdí Zehnálek a kol. (2006), ale výraznou mírou se zde podílí dle Hale a Orcuta (1987) i vliv povětrnostních podmínek a podmínek prostředí.

Celkový energetický zisk zjištěný v našich pokusech se pohybuje ve velice širokém rozmezí. V lokalitě Humpolec je jeho rozmezí  $37,83 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (kontrola) až  $106,23 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (NPK) v Lukavci  $64,87 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (kontrola)- $132,45 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (LAV) a Hněvčevsi, kde jsou podmínky pro pěstování ječmene nejideálnější se pohybuje v rozmezí  $100,82 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (kontrola) až  $216,84 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Stražil a Homolka (2005) uvádí jako plodiny s nejvyšším energetickým výstupem cukrovku  $214,31 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , dále pak vojtěšku  $107,08 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , pšenici  $104,40 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  a brambory  $88,62 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . V porovnání s těmito výsledky se ječmen jarní z našich pokusů zařazuje ve většině případů při hnojení dusíkatými minerálními hnojivy lehce nad úroveň pšenice a vojtěšky, ale došlo i k obrovskému nárůstu výstupů a z celkového zisku u varianty NPK v Hněvčevsi, kde se dostal až nad úroveň cukrovky, a prokázalo se v této lokalitě jako výrazně pozitivní na celkový zisk hnojení většími dávkami dusíku v minerálních hnojivech.

## 7. Závěr

V této práci bylo cílem zjistit efektivnost jednotlivých způsobů hnojení ječmene jarního dusíkatými hnojivy, porovnání vstupů a výstupů ze soustavy a zjistit za pomoci výnosů hlavního a vedlejšího produktu a spalného tepla vyjádřeného brutto energií celkový energetický zisk. V tomto pokusu bylo možno sledovat i vliv prostředí na výnosy a celkový zisk ječmene jarního.

Ze získaných výsledků vyplývají následující závěry:

- Na obsah spalného tepla v hlavním produktu má vliv způsob hnojení, a lokalita.
- V lokalitě Lukavec byl zjištěn nejvyšší obsah spalného tepla u variant hnojených trojitou dávkou čistírenských kalů  $16,80 \text{ kJ.g}^{-1}$  a varianty nehnojené  $16,56 \text{ kJ.g}^{-1}$  než při hnojení NPK  $15,80 \text{ kJ.g}^{-1}$  a LAV  $15,69 \text{ kJ.g}^{-1}$ .
- Naopak v oblasti Hněvčeves vyšších hodnot spalného tepla dosahovali varianty s minerálním hnojivem. Nejvíce varianta LAV se slámou  $16,65 \text{ kJ.g}^{-1}$ .
- V Humpolci byla hodnota brutto energie u všech variant podobná, nejvyšší však opět u varianty LAV se slámou  $16,22 \text{ kJ.g}^{-1}$ .
- V lokalitách dosahovali nejvyšších výnosů varianty hnojené minerálním hnojivem NPK  $8,34 \text{ t.ha}^{-1}$  (Hněvčeves),  $4,48 \text{ t.ha}^{-1}$  (Lukavec) a  $4,44 \text{ t.ha}^{-1}$  (Humpolec). Varianty hnojené pouze organickým hnojivem dosahovali podstatně nižších hodnot.
- Celkový energetický zisk souvisí velice úzce s výnosy hlavního produktu a bylo prokázáno, že čím vyšší jsou výnosy tím větší je i zisk.
- Při poměrně nízkých změnách dodané energie ve vstupech dochází ke značným změnám na celkovém energetickém zisku a stejně jako u výnosů bylo nejvyšších hodnot dosaženo u variant hnojených NPK, LAV a LAV v kombinaci s hnojem.
- Nejvyšší energetický zisk byl zjištěn na lokalitě Hněvčeves a variantě NPK ( $203,19 \text{ GJ.ha}^{-1}$ ).
- Nejnižší energetický zisk byl zjištěn na lokalitě Lukavec a variantě hnojení čistírenskými kaly ( $37,83 \text{ GJ.ha}^{-1}$ ).

## 8. Literatura

Boldt, R., Zrenner, R. 2003. Purine and pyrimidine biosynthesis in higher plants. *Physiol plant journal*. 117. p. 297 – 304.

Brant, V. Pivec, J., Fuksa, P., Neckář, K., Kocourková, D., Venclová, V. 2011. Biomass and energy production of catch crops in areas with deficiency of precipitation during summer period in central Bohemia. *Biomass and Bioenergy*, 35 (3). p. 1286 – 1294.

Černý, L., Vašák, J. 2007. Intenzita pěstování u jarního sladovnického ječmene má smysl. *Jarní ječmen perfektní obilnina pro ČR*. Praha. 22 - 23. ISBN: 978-80-213-1616-4.

Černý, L., Vašák, J., Křováček, J., Hájek, M. 2007. *Jarní sladovnický ječmen*. Kurent, České Budějovice, 44 s. ISBN: 978-80-87111-04-8

Danko, J. 1991. Energetická analýza produkčního procesu polných plodin. Nitra VŠP. 213 s.

Darling M. S. 1976. Interpretation of global differences in plant calorific values. *Oecologia*. 23 (2). p. 127-139.

Dostál, J. 1989. *Nová Květena ČSSR 2*, Academia. Praha. 765 – 1548 s. ISBN: 80-200-0095-X

Dvořáčková, O. 2009. *Seznam doporučených odrůd*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno. 214 s. ISBN: 978-80-7401-016-3

El Hallof, N., Sárvári, M. 2006. Corelations between the NPK fertilization and the yield of maize hybrids. *Collection of scientific articles from bilateral Slovak - Hungarian project*. Nitra. SPU. p. 134-144. ISBN: 80-8069-7740-1.

Elen, O. 2002. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. III. Cereal diseases. *Crop Protection*, 21. p. 195 – 201.

- Fecenko, J., Ložek, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. SAU. Nitra. 452 s. ISBN: 80-7137-777-5.
- Golley, F. B. 1961. Energy values of ecological materials. *Ecology*, 42. 3. 581 – 584 p.
- Hajnalová, E. 1999. Archeobotanika pestovaných rastlín. Slovenská poľnohospodárska univerzita Nitra. 104 s. ISBN: 80-7137-624-8.
- Hall, O. D. 1978. Solar energy conversion through biology – could it be a practical energy source?. *Fuel*. 57. p. 322 – 333.
- Hale, M. G., Orcutt, D. M. 1987. The physiology of plants under stress. John Wiley and Sons. New York. p. 450.
- Hartman, M., Pohořelý, M., Trnka, O. 2006. Chemická a palivová charakteristika anaerobně stabilizovaného čistírenského kalu a jeho popela. *Chemické listy*. 100. 813 – 820 s.
- Hejnák, V. 2003. Využití izotopové metody (<sup>15</sup>N), spalné kalorimetrie a gazometrie v produkční fyziologii ječmene jarního a špenátu setého. ČZU. Praha. 26 – 36 s. ISBN: 80-213-1114-2.
- Hnilička, F., Bláha, L., Zámečník, J., Novák, V., Ottová, M. 2000. Vliv abiotických stresů na akumulaci netto energie v obilkách pšenice ozimé (*Triticum aestivum* L.). *Rostlinná výroba* 46. (12). 549 – 554 s.
- Hnilička, F., Hniličková, H., Holá, D., Kočová, M., Rothová, O. 2010. Short-term effect of drought on the photosynthetic accumulation energy in maize. *Növénytermelés*. 59. p. 489-492. ISBN: 978-80-213-2160-1
- Hnilička, F., Hniličková, H., Martinková, J., Vaculová, K. 2007. Energetické srovnání odrůd vybraných obilovin, In: 29. mezinárodní český a slovenský kalorimetrický seminář. Univerzita Pardubice. Pardubice. 155 – 158 s. ISBN: 978-80-7194-957-2.

Hörtensteiner, S., Feller, U. J. 2002. Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. *Journal of experimental botany*. Oxford. 53, p. 927 – 937.

Hruška, L., Jeníček, J. 1982. Energetická účinnost některých plodin v kukuřičném výrobním typu. *Rostlinná výroba*. 38, (11). 1217 – 1224 s. ISBN 0035-8371.

Hřivna, L. 2006. Používání dusíkatých hnojiv ve vztahu k výnosu a kvalitě produkce. *Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv*. VÚRV. Praha. 21 – 26 s. ISBN: 80-86555-96-8.

Klem, K. 2011. Využití diagnostických metod pro rozhodovací procesy v pěstební technologii jarního ječmene. *Agrotest fyto*. Brno. 88 s. ISBN 978-80-904594-0-3

Kopecký, M. 1985. The effect of forecrop, sowing rate and nitrogen rate and time of application on yield and quality of spring barley in the beet growing region. *Rostlinná výroba*. 31. 1009–1022 s.

Kosař, K., Procházka, S. 2000. *Technologie výroby sladu a piva*, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha. 398 s. ISBN: 80-902658-6-3.

Kosař, K., Prokeš, J., Psota, V., Onderka, M., Váňová, M. 1997. *Kvalita sladovnického ječmene a technologie jeho pěstování*. ÚZPI. Praha. 45 s. ISBN: 80-86153-02-9

Kosař, K., Psota, V., Mikyška, A. 2004. Barley varieties suitable for production of the Czech-type Beer. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 40 (4), 37–139 p.

Kucharovic, A., Kováč, K. 2002. Energetická bilancia pestovateľských technológií pšenice letnej f. ozimnej. *Aktuálne problémy riešené v agrokomplexe*. Nitra. SPU. s. 140 – 143, ISBN: 80-8069-126-6

Kumar, J. 1994. Vplyv vonkajších faktorou na tvorbu sušiny a akumuláciu energie v rastlinách. *VŠZ*. Praha. 94 s. ISBN: 978-80-7427-068-0.

- Kurajdová, A., 2007. Porovnanie spalného tepla a výhrevnosti listnatých dřevin. Fórum mladých odborníkov protipožiarnej ochran. Zvolen. 37 – 42 s. ISBN: 80-228-1814-8.
- Kůst, F., Potměšilová, J. 2011. Situační a výhledová zpráva obiloviny. Ministerstvo zemědělství ČR. 90 s. ISBN: 978-80-7084-989-7.
- Lamprecht, I. 1998. Combustion calorimeters. In: Gallagher, P.K. Handbook of thermal analysis and calorimetry Elsevier science. p. 657-665. ISBN: 0-444-82085-X.
- Larcher, W. 1988. Fyziologická ekologie rostlin. Academia. Praha, 368 s
- Leitner, J. 2005. Teoretické základy kalorimetrie. 27. Mezinárodní český a slovenský kalorimetrický seminář. Univerzita Pardubice. 11 – 18 s. ISBN: 80-7194-764-4.
- MacGregor, A. W., Bhatti, R. S. 1993. Barley: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemistry, Inc., St. Paul, Minnesota, USA. p. 486. ISBN: 0-913250-80-5.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London. p. 889. ISBN: 978-0-12-473542-2.
- Martínková, J., Hnilička, F., Hejnák, V. 2008. Změny obsahu energie v průběhu klíčení obiliek ječmene jarního s rozdílnou záhlvkou. In: 30. Mezinárodní český a slovenský kalorimetrický seminář. Univerzita Pardubice. Pardubice. 141 – 144 s. ISBN: 978-80-7395-079-8.
- Nátr, L. 1977 Fotosyntéza a její úloha při tvorbě výnosu. In Ďuriš, L. Svetlo a elektrická energia v poľnohospodárstve. Dom techniky ČSVTS, Bratislava 39 – 47 s.
- Noctor, G., Novitskaya, L., Lea, P. J., Foyer, C. H.: J. 2002. Journal of experimental botany. Oxford. 53. s. 939.
- Orsel, M., Filleur, S., Fraissier, V., Daniel-Vedele, F. J. 2002. Nitrate transport in plants: which gene and which kontrol. Journal of experimental botany. 53. p. 825.



Peza, Z. 2007. Herbicidní ochrana a výživa ječmene – novinky v nabídce. Obilnářské listy, 15. (1). 8 – 9 s.

Pišanová, J., Klír, J. 2008. Výživa obilnin. Farmář, 8. 3. 18 – 20 s

Pišanová J., Růžek P., Mouchová H. 2005. Nové poznatky při používání minerálních hnojiv v bramborářské výrobní oblasti. Hospodaření v mírně příznivých oblastech. 28 – 30 s. ISBN: 80-86555-83-6.

Polák, B., Váňová, M., Onderka, M. 1998. Základy pěstování a zpracování sladovnického ječmene. Institut výchovy a vzdělání Ministerstva zemědělství České republiky. Praha. 38 s. ISBN: 80-7105-166-7

Pospíšil, R., Vilček, J. 2000. Energetika sústav hospodarenia na pode. Bratislava. 108 s. ISBN 80 – 85361 – 75 – 2

Preininger, M. 1987. Energetické zhodnotenie výrobných procesů v rastlinnej výrobe. Metodiky pro zavadení výsledků výskumu do zemědělské praxe. Praha VÚTEI. 7. 29 s.

Psota, V., Dvořáčková, O., Sachambula, L. 2011. Odrůdy ječmene registrované v České republice v roce 2011. Kvasný průmysl. 57 (5). 114–120 s.

Pytl, V. 2004. Příručka provozovatele čistírny odpadních vod. Sovak ČR. Příbram. 209 s. ISBN: 80-239-2528-8.

Richter, R., Hlušek, J. 2006. Využití dusíku rostlinami z aplikovaných hnojiv. Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv. VURV. Praha. 5 – 14 s. ISBN: 80-86555-96-8

Risoud, B., 1999. Développement durable et analyse énergétique d'exploitations agricoles. Economie rurale. 252. p. 16 – 27.

Risoud, B., Bochu, J.L. 2002. Bilan énergétique et émission de gaz à effet de serre à l'échelle de la ferme. Alter Agri. 55. p. 10 – 13.

Růžek, P., Mühlbachová, G., Svoboda, P. 2006. Nové postupy při aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv. Sborník příspěvků z konference VÚRV v Praze. 15 – 20 s. ISBN: 80-86555-96-8.

Stražil, Z., Homolka, P. 2005. Energetické toky a energetické bilance v různých úrovních ekosystému, v zemědělství a využití kalorimetrických metod při bilancování. In: Černošek, Z. 27. Mezinárodní český a slovenský kalorimetrický seminář. Univerzita Pardubice. 51 – 60 s. ISBN: 80-7194-764-4.

Syrová, H., Ryant, P. 2010. The effect of nitrogen application date on yield and quality of malted barley grain. MendelNet. p. 146 – 153.

Škarda, M. 1982. Hospodaření s organickými hnojivy. SZN Praha. 328 s.

Šoltýsová, B., Danilovič, M. 2005. Zmeny úrod a kvalitatívnych parametrov jačmeňa siateho jarného v závislosti od podmienok prostredia. „Bioklimatologie súčasnosti a budúcnosti“. 1. 16 – 17 s.

Špánik, F. 1982. Využívanie fotosynteticky aktívneho žiarenia hlavnými poľnohospodárskymi plodinami vo vytipovaných okresoch Slovenska. Rostlinná výroba, 28 (7). 765 – 772 s.

Šuškevič, M. 2008a. Racionální agrotechnika pěstování ječmene jarního – IV. Agro magazín. 9. (4). 20 – 22 s.

Šuškevič, M. 2008b. Racionální agrotechnika pěstování ječmene jarního – V. Agro magazín. 9 (5). 14 – 16 s.

Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin, Profi press. Praha. 176 s. ISBN: 976-80-86726-25-0.

Váňová, M., Palík, S., Jirs, O. 2011, Vliv předplodiny, ročníku, intenzity pěstování a odrůdy na výnos a jakostní parametry jarního ječmene. Listy cukrovarnické a řepařské. 127. 298 – 303 s.

Vavera, R. 2007. Ovlivnění kvalitních parametrů zrna ozimé pšenice. Farmář. 7. 12 – 14 s.

Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., Doklad, M. R. 2007. Heat tolerance in plants. Environmental and Experimental botany. p. 199 – 223.

Wang, C., Van den Ende, W., Tillberg, J.-E. 2000. Fructan accumulation induced by nitrogen efficiency in barley leaves correlates with the level of sucrose: fructan 6-fructosyltransferase mRNA. Planta. 211, p. 701 – 707.

Werther, J.; Ogada, T. 1999. Sewage sludge combustion. Progress in energy and combustion science. 25 (1). p. 55 – 62

Zehnálek, J., Adam, V., Kizek, R. 2006. Asimilace dusičnanového, amidického a amonného dusíku u zemědělských plodin, Chemické listy. 100. 508 – 514 s.

Zemánek, P., Burg, P., Kollárová, M., Marešová, K., Plíva, P. 2010. Biologicky rozložitelné odpady a kompostování. VÚZT, v. v. i. Praha. 114 s. ISBN: 978-80-86884-52-3.

Zimolka, J. 2006: Ječmen – formy a užitkové směry v České republice. Profi Press s r.o. Praha. 200 s. ISBN: 80-86726-18-5.