

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Agroekologie
Katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie
Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Environmentální zátěž při produkci a zpracování
potravinářské pšenice a výrobě chleba

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

Autor diplomové práce: Bc. Robin Hyšpler

České Budějovice, duben 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 1. dubna 2011

.....

Robin Hyšpler

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval prof. Ing. Janu Moudrému, CSc., za cenné rady a vedení diplomové práce, Ing. Zuzaně Jirouškové za poskytnuté materiály a odbornou pomoc při výpočtech a v neposlední řadě mé rodině za podporu při studiu na vysoké škole.

Abstrakt

Práce byla vytvořena ve spolupráci s mezinárodním projektem M00080-EUS-AT-SUKI Sustainable Kitchen, který zjišťuje celkový objem emisí oxidu uhličitého ve stravovacích zařízeních a zkoumá možnosti snížení těchto emisí. Práce se zabývá emisní zátěží pšeničné mouky a chleba. Pomocí dotazníkového šetření a odborné literatury, byly zjištěny údaje o zemědělství, zpracování a transportu vybraných surovin. Ze získaných dat a informací z databáze Ecoinvent byla vypočtena emisní zátěž ekvivalentu CO₂ na kilogram jednotlivých produktů a výrobků.

Byly porovnávány systémy hospodaření a regionalita (tj. zda se výrobky dováží a nebo jsou lokální). Cílem práce bylo ověřit zda je environmentálně příznivější konzumovat výrobky z ekologického či konvenčního způsobu hospodaření a výrobky regionální nebo dovezené.

Klíčová slova

Globální změny klimatu, skleníkové plyny, LCA, pšenice, mouka, chleba

Abstrakt

This thesis was made in co-operation with international project M00080-EUS-AT-SUKI Sustainable Kitchen, which is focused to make an inquiry of total emissions of carbon dioxide produced by catering establishments and finds possibilities of reducing these emissions. The thesis deals with an emission's contamination of wheat flour and bread. Informations and data about agriculture, processing and transport of chosen commodities were collected from questionnaires and scientific literature. The emission's contamination of equivalent CO₂ per kilogram of particular products and commodities was worked out from data and informations of the Ecoinvent database.

The comparison between systems of management and regionality (ie. whether products are imported or local) is included. The main aim of this thesis was to prove whether the consumption of products from organic or conventional farming is environmentally more beneficial, the same comparison were made between regional or imported products

Key words

Global climate changes, green house gasses, LCA, wheat, flour, bread

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Robin HYŠPLER**
Osobní číslo: **Z09788**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie**
Název tématu: **Environmentální zátěž při produkci a zpracování potravinářské pšenice a výrobě chleba**
Zadávací katedra: **Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

Zásady pro vypracování:

- 1) **Vypracování literárního přehledu** k tématu zátěže životního prostředí v relaci k různým způsobům produkce, zpracování a přípravy potravinových surovin. Zaměřit se na pěstování potravinářské pšenice v konvenčním a ekologickém systému hospodaření, na produkční vertikálu výroby chleba a zátěž životního prostředí při jednotlivých produkčních, zpracovatelských a distribučních etapách.
- 2) **Materiál a metody:** Z databáze potravinových surovin spotřebovávaných v menze JÚ v Č.Budějovicích zjistit dodavatele chleba a zpětně sestavit produkční vertikálu. Zpracovat dotazníky pro pěstitele, zpracovatele a obchodníky, vyhodnotit dotazníkové šetření. Pomocí databáze GEMNIS a dalších zdrojů vypočítat emise CO₂ spojené s produkcí chleba. Čerpat z databáze projektu SUKI, na který DP navazuje.
- 3) **Výsledky a diskuze:** Hodnocení analýzy a dotazníkového šetření. Porovnání vlastních výsledků s literárními zdroji.
- 4) **Závěr:** Zobecnění výsledků diskuze, návrh opatření v obecné i konkrétní rovině.


Rozsah grafických prací: 10 stran
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:


- NÁTR, L. (2008): Země jako skleník, 220 s.
DEMMO, M. a kol.(2007): Udržitelný rozvoj. SPU Nitra, 440 s.
FOTT, P. et al. (2009): National greenhouse Gas Inventory Report of the Czech Republic, NIR. Praha 2009, 202 s.
WIEGMANN, K., EBERLE, U., FRITESCHE, U.R., HÜNECKE, K. (2005): Umweltauswirkungen von Ernährung - Stoffstromanalysen und Szenarien. Diskussionspapier Nr.7. Öko-Institut e.V. - Institut für angewandte Ökologie, Darmstadt/Hamburg
WIEGMANN, K., EBERLE, U., FRITESCHE, U.R., HÜNECKE, K. (2005): Datendokumentation zum Diskussionspapier Nr.7 "Umweltauswirkungen von Ernährung - Stoffstromanalysen und Szenarien". Öko-Institut e.V. - Institut für angewandte Ökologie, Darmstadt/Hamburg
LACKNER, M. (2008): Sozialökologische Dimensionen der österreichischen Ernährung. Eine szenarienanalyse. Social ecology vienna, Alpen-Adria Universität Klagenfurt, ISSN 1726-3816
DORNINGER, M. (2008): Bio-Landwirtschaft und Klimaschutz in Österreich: Aktuelle Leistungen und zukünftige Potentiale der Ökologischen Landwirtschaft für den Klimaschutz in Österreich erstellt im Auftrag von BIO AUSTRIA.Institut für Ökologischen Landbau, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur Wien, Wien

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.**
Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. ledna 2010**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2011**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

L.S.


prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. ledna 2010

OBSAH:

1	ÚVOD A CÍLE	- 10 -
2	LITERÁRNÍ REŠERŠE	- 11 -
2.1	Globální změny klimatu	- 11 -
2.1.1	Skleníkový efekt.....	- 12 -
2.1.2	Skleníkové plyny.....	- 13 -
2.1.3	Životnost skleníkových plynů	- 16 -
2.1.4	Potenciál globálního oteplování GWP	- 16 -
2.1.5	Antropogenní ovlivnění	- 17 -
2.1.6	Mezinárodní dohody o změně klimatu.....	- 19 -
2.1.7	Národní inventarizační systém (NIS).....	- 20 -
2.2	LCA - Hodnocení životního cyklu	- 21 -
2.2.1	Studie LCA	- 22 -
2.2.2	Fáze LCA	- 22 -
2.3	Pěstování pšenice v konvenčním systému hospodaření.....	- 28 -
2.3.1	Osevní postup.....	- 29 -
2.3.2	Zpracování půdy.....	- 29 -
2.3.3	Výživa a hnojení	- 30 -
2.3.4	Ochrana proti biotickým škodlivým činitelům	- 31 -
2.3.5	Sklizeň.....	- 32 -
2.4	Pěstování pšenice v ekologickém systému hospodaření.....	- 32 -
2.4.1	Rostlinná výroba a produkce.....	- 32 -
2.4.2	Osevní postup.....	- 33 -
2.4.3	Zpracování půdy.....	- 34 -
2.4.4	Výživa a hnojení	- 34 -
2.4.5	Ochrana proti biotickým škodlivým činitelům	- 34 -
2.4.6	Sklizeň.....	- 36 -
2.5	Výroba mouky.....	- 36 -
2.5.1	Příjem suroviny	- 36 -
2.5.2	Čištění obilí	- 37 -
2.5.3	Mletí	- 38 -
2.6	Výroba chleba	- 39 -
2.6.1	Příprava těsta.....	- 39 -
2.6.2	Zrání, kynutí, dělení a tvarování těsta.....	- 40 -
2.6.3	Pečení, chladnutí a expedice	- 40 -
3	MATERIÁL A METODIKA	- 42 -
3.1	Výběr stravovacích zařízení.....	- 42 -
3.2	Výběr potravin	- 42 -
3.3	Studie LCA – zrniny	- 44 -
3.3.1	První fáze LCA - stanovení cílů a rozsahu.....	- 44 -
3.3.2	Druhá fáze LCA – inventarizační analýza	- 46 -
3.3.3	Třetí fáze LCA – hodnocení dopadu životního cyklu.....	- 50 -
3.3.4	Čtvrtá fáze LCA – interpretace životního cyklu produktu.....	- 51 -
3.4	Přepočet.....	- 51 -
4	VÝSLEDKY	- 52 -
4.1	Vstupní data	- 52 -
4.2	Výstupní data	- 52 -
4.2.1	Mouka	- 57 -

4.2.2	Chleba	- 59 -
5	DISKUSE	- 62 -
6	ZÁVĚR	- 65 -
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	- 66 -
8	SEZNAM PŘÍLOH	- 72 -

1 ÚVOD A CÍLE

Podle Nemešové a Pretela (1998), po dlouhých letech intenzivního výzkumu prohlásili experti Mezivládního panelu pro klimatické změny v roce 1995, že důkazy, které jsou k dispozici, potvrzují zásadní vliv lidstva na globální klima.

Klimatické změny se nejintenzivněji projeví až ve vzdálenější budoucnosti, a proto se jejich nejnejpříznivější důsledky nedotknou současných dospělých, nýbrž těch, kteří dosud nemají možnost vynutit si jejich vyřešení či zásadní zmírnění, protože se dosud nenarodili nebo jsou ještě děti. Z tohoto úhlu pohledu se klimatické změny jeví též jako problém etický, který nastoluje otázku odpovědnosti za budoucí generace našeho druhu a pocitu sounáležitosti s ostatními formami života na planetě (Barros, 2006).

Každý z nás se může rozhodnout jak bude působit na své okolí, kolik a jaký odpad bude produkovat, kolik spotřebuje energie a kolik skleníkových plynů uvolní do prostředí. To vše můžeme také ovlivnit výběrem konzumovaných potravin.

Tato práce vznikla ve spolupráci s projektem SUKI – Sustainable Kitchen, který zjišťuje celkový objem emisí oxidu uhličitého ve stravovacích zařízeních a zkoumá možnosti snížení těchto emisí. Ve spolupráci s Ressourcen Management Agentur, dále jen RMA a agenturou BIO AUSTRIA je zjišťována spotřeba energie při produkci potravin, užívaných ve stravovacích zařízeních při přípravě jídel. Cílem projektu je určit největší zdroj spotřeby energie ve stravovacích zařízeních a snížit objem emisí oxidu uhličitého.

Tato práce je zaměřena na koloběh životního cyklu pšenice, mouky a chleba. Tyto produkty tvoří jednu ze základních složek jídelníčku lidské populace. Proto je možné předpokládat, že se na produkci oxidu uhličitého podílejí v nemalé míře.

Zkoumání původu, zpracování a transportu daného produktu nám dává ucelený přehled jaká je environmentální zátěž.

Cílem je zjistit jak způsob pěstování pšenice, délka transportu a zpracování produktu ovlivňují množství ekvivalentu oxidu uhličitého. Práce by měla dát odpovědi, zda je vhodnější ekologický nebo konvenční způsob pěstování pšenice a jestli je z důvodu spotřeby oxidu uhličitého lepší konzumovat regionální nebo importované produkty.

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 *Globální změny klimatu*

Podle Nemešové a Pretela (1998) si pod pojmem změna klimatu lze představit jak antropogenní změny (vyvolané lidskou činností), tak změny přirozené. Dle Kalvové a Moldana (1996) mezi přirozené faktory patří především vulkanická činnost a sluneční aktivita. V mezinárodních dokumentech, které pojednávají o změně klimatu, se podle Nemešové a Pretela (1998) pod tímto pojmem rozumí změna vyvolaná přímo či nepřímo lidskou činností a to taková, která přispívá ke změně složení atmosféry a která je „přídavkem“ k přirozené proměnlivosti klimatu.

Klimatické změny se nejrychleji projevují na ekosystémech. Mezi základní reakce organismů na klimatické změny je migrace, a proto musíme očekávat, že i při budoucích klimatických změnách bude hlavní sebezáchovnou odpovědí organismů alespoň pokus o migraci. Většina organismů, zvláště stromů, není schopna migrovat takovou rychlostí, která by jim umožnila zůstat v rovnováze s budoucím klimatem a budou nahrazeny ruderalními druhy (Leggett, 1992).

Vlivem narůstajícího znečištění atmosféry se ve světě projevují klimatické změny, především celkové oteplování ovlivňující narůstající tání ledovců a riziko zvýšení hladiny světových moří. Ve vzdálenosti do 200 km od pobřeží žije značná část obyvatelstva naší planety a zatopení rozsáhlých pobřežních oblastí by mohlo být katastrofální. V důsledku oteplení by mohlo dojít k posunutí klimatických zón o několik set kilometrů severním směrem a výsledkem by mohly být rozsáhlé změny v ekosystémech v mnoha regionech světa. Např. by mohlo dojít k negativnímu ovlivnění vegetačních cyklů a následným změnám ve skladbě pěstovaných rostlin i živočišné produkce (Jeníček a Foltýn, 1996). Podle Acta (2005) se stav planety výrazně zhoršil a pokračuje znečišťování ovzduší, znečišťování moří i sladkých vod, ubývání ozónové vrstvy, odlesňování (17 milionů hektarů ročně), úmyslné vypouštění ropných odpadů do světového oceánu (více než 10 milionů tun ročně, nemluvě o únicích po haváriích), zhoršování životních podmínek na perifériích velkých metropolí, například Káhiry, Tokia či Mexika. Všechny ekologické indikátory stavu planety výstražně blikají.

Pro odhad vlivu antropogenních a přirozených faktorů se nabízí použití speciálně upravených modelů všeobecné cirkulace atmosféry, které jsou schopny do jisté míry simulovat vývoj klimatických podmínek (Nemešová a Pretel, 1998).

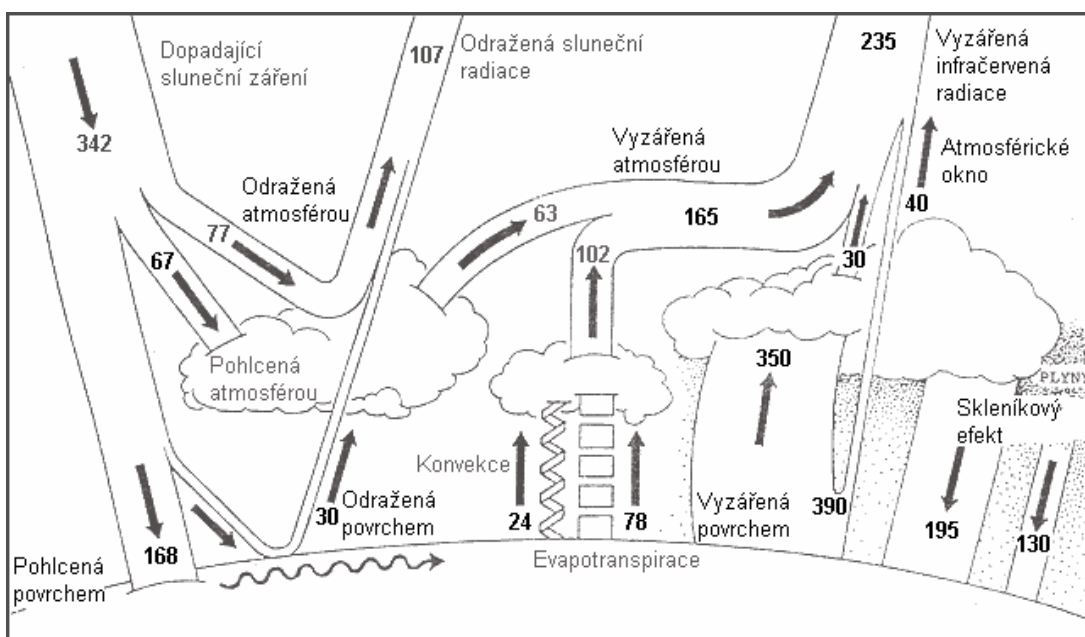
Od začátku 19. století se koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře zvýšila téměř o polovinu, a to především v důsledku zvýšeného používání fosilních paliv. S tím se pojí intenzivnější skleníkový efekt oteplující Zemi. Zdá se, že se změny klimatu v nadcházejícím století ještě urychlí. I v lokálním měřítku se jedná o závažný jev, ale z hlediska celé planety jde o změnu zásadního charakteru (Jůzlová a kol., 2004).

2.1.1 Skleníkový efekt

Plyny v atmosféře umožňují průchod slunečního záření na povrch Země, ale zároveň odrážejí infračervené záření vyzařované zemským povrchem částečně zpět k Zemi. Tento jev se nazývá skleníkový efekt. Schéma skleníkového efektu vidíme na obrázku č. 1. Když se zvýší množství skleníkových plynů, zachycuje se část sluneční energie odražená zemským povrchem, která by jinak byla vyzářena do vesmíru. Zadržené paprsky způsobují zvyšování teploty atmosféry (Dolejší, 2010).

Pokud by neexistoval skleníkový efekt, tak by podle Leggetta (1992), teplota zemského povrchu byla oproti současnému stavu o 33 °C nižší.

Obrázek č. 1: Princip skleníkového efektu (Nemešová a Pretel, 1998)



2.1.2 Skleníkové plyny

Skleníkové plyny zahrnují ty sloučeniny, které se vyskytují v atmosféře Země a vyznačují se silnou absorpcí dlouhovlnného infračerveného záření. Je to zejména vodní pára, oxid uhličitý (CO_2), metan (CH_4), oxid dusný (N_2O), ozon (O_3) a freony (Nátr, 2006).

Vodní pára - má v atmosféře největší podíl na skleníkovém efektu, a to více než 60 % (Nátr, 2006). Podle Barrose (2006) nezávisí koncentrace vodní páry v atmosféře přímo na emisích pocházejících z lidských aktivit. Rovnováha vodní páry v atmosféře je regulována především teplotou, která působí na její přeměny v procesech srážení a zmrazování v mracích. Žalud (2009) tvrdí, že teplejší vzduch může absorbovat mnohem více vodní páry, což při současném trendu zvyšování teploty vzduchu vede k vyššímu množství výparu, resp. obsahu vodní páry v atmosféře a tedy i k zesílení skleníkového efektu s důsledkem dalšího zvyšování teploty.

Lze však předpokládat i negativní zpětnou vazbu: větší obsah vodní páry se může projevit větší oblačností. A oblaka velmi silně odrážejí sluneční záření, jehož množství ohřívající zemský povrch by se snížilo. Toto snížení by mohlo částečně, nebo i úplně kompenzovat zesílený skleníkový efekt (Nátr, 2006).

Oxid uhličitý (CO_2) - podle Žaluda (2009) je CO_2 přirozeně se vyskytující plyn, který nevyhnutelně vzniká spalováním každého materiálu organického původu, tedy i fosilních paliv, dnes hlavním zdrojem energie. Tímto způsobem se do atmosféry uvolňují zásoby uhlíku miliony let ukládané do litosféry. Na celkovém oteplování se ze všech člověkem emitovaných plynů podílí oxid uhličitý asi 55 %. Leggett (1992) tvrdí, že rozhodující podíl tvoří spalování fosilních paliv (77 %) a odlesňování (23 %), kdy uhlík běžně vázaný především v lesní biomase zůstává ve formě CO_2 v atmosféře. Fotosyntéza rostlin totiž odstraňuje oxid uhličitý (a tím i uhlík) z atmosféry a ukládá ho do vegetace. Dle Žaluda (2009), další zdroje jako je produkce při výrobě cementu a železa či přirozené uvolňování při výbuchu sopek, tvoří jeho minoritní podíl.

Na rychlém růstu koncentrace CO_2 v posledním století se nepochybně podílí hlavní měrou člověk (Kalvová a Moldan, 1996). Při odhadech antropogenních emisí

CO₂, které se uvolní do atmosféry jsou obvykle emise CO₂ za rok přepočteny na emise uhlíku za rok. Podle Houghtona a kol. (1990) bylo v důsledku využívání fosilních paliv a cementu uvolněno do atmosféry v období 1850 – 1987 asi 200 Gt uhlíku. Dalšíh přibližně 115 Gt uhlíku se dostalo do atmosféry v souvislosti se změnami ve využívání půdy, zejména díky kácení lesů, vypalování savan apod. Celkové množství uhlíku, které bylo za toto období do atmosféry uvolněno, činí přibližně třetinu jeho původního obsahu v atmosféře.

Obsah CO₂ v atmosféře se v současnosti zvyšuje tempem přibližně 0,5 % za rok (Leggett, 1992). Žalud (2009) tvrdí, že koncentrace vzrostla od doby preindustriální éry (poloviny 18. století) z 280 dílů v milionu (dále jen ppm) na 380 ppm. Podle Nátra (2006) se koncentrace CO₂ ročně zvyšuje asi o 1 ppm.

Metan (CH₄) - podle Nátra (2006), je metan asi 20 x účinnější pohlcovač dlouhovlnného infračerveného záření než CO₂. Proto i při mnohem nižší koncentraci ve vzduchu, asi 1,7 ppm, se výrazně podílí na skleníkovém efektu. Zvýšením atmosférické koncentrace metanu o 0,05 ppm se může projevit zvýšením teploty vzduchu o celý 1 °C. Podle Žaluda (2009) se metan podílí na zesílení skleníkového jevu přibližně 15 %.

Hlavními zdroji metanu jsou anaerobní rozklad v mokřadech (včetně rýžových polí) a na skládkách, chov skotu, únik při získávání a zpracování fosilních paliv. Uvolňuje se také z oceánů, jezer a spalované biomasy. Naopak oxidace v troposféře a bakteriální spotřeba v provzdušněných půdách obsah metanu snižují. Část metanu stoupá do stratosféry, kde fotochemickými reakcemi přispívá ke zvýšení koncentrace vodní páry (Nátr, 2006).

Dle Žaluda (2009) obsah metanu v atmosféře se od preindustriální doby více než zdvojnásobil. Otázkou a velkým rizikem zůstává postupné potenciální uvolňování metanu z mořského dna z důvodu zahřívání vody oceánů, kdy teplejší voda může uvolnit jeho sublimáty (tzv. hydráty metanu). Nárůst metanu v atmosféře zachycuje dlouhovlnnou zemskou radiaci asi 20 x účinněji než CO₂. Doba jeho životnosti v ovzduší je od deseti do patnácti let.

Oxid dusný (N₂O) - je uvolňován z půdy i oceánů. Vzniká také při spalování biomasy a je obsažen v emisích z průmyslových závodů a spalovacích motorů (Bange, 2000). Dle Žaluda (2009) jsou zdrojem opět fosilní paliva a tedy spalovací

procesy či procesy denitrifikace ze zemědělských hnojiv. Roční nárůst atmosférické koncentrace oxidu dusného činí 0,3 %. Při absorpci zemské radiace je N_2O 298 x účinnější než CO_2 . Oxid dusný se podílí na zesílení skleníkového jevu asi 6 %. Od počátku průmyslové revoluce vzrostla koncentrace oxidu dusného v atmosféře přibližně o 16 % (Žalud, 2009). Podle Nátra (2006) se koncentrace odhaduje na 0,330 ppm, zatímco v preindustriálním období to bylo kolem 0,275 ppm. Doba setrvačnosti v atmosféře je 130 let. Kromě toho není z atmosféry odstraňován žádnými chemickými reakcemi, takže může pronikat až do stratosféry, kde je fotochemicky rozkládán za vzniku radikálů rozkládajících ozon.

Ozon (O_3) - vzniká účinkem krátkovlnného slunečního záření na molekuly kyslíku (O_2). Touto fotolýzou vzniknou volné atomy kyslíku, které se slučují s molekulami O_2 za vzniku ozonu. Jeho množství je největší ve výšce 20 – 25 km nad Zemí. Koncentrace ozonu se měří v tzv. Dobsonových jednotkách: vrstva čistého ozonu o tloušťce 1 mm při standardním tlaku 0,1 MPa a při teplotě 0 °C odpovídá 100 Dobsonových jednotek. V naší zeměpisné šířce kolísá koncentrace ozonu kolem hodnoty 300 Dobsonových jednotek (Nátr, 2006).

Freony - jsou syntetické látky, které se dříve v atmosféře vůbec nevyskytovaly. Jsou tvořeny atomy uhlíku, vodíku a chloru nebo fluoru, proto se chemicky označují jako chlorofluorované uhlovodíky (Nátr, 2006). Podle Žaluda (2009) jsou nejrozšířenější CFC 11 a CFC 12. Nárůst v současné době činí 5 % každý rok. Mezi ně musíme počítat i freony, které se nepodílejí na destrukci ozonové vrstvy. Dle Nátra (2006) se používají především v ledničkách a ve sprejích. Jejich celková koncentrace dosahuje 0,001 ppm. Tyto plyny velmi intenzivně pohlcují dlouhovlnné infračervené záření v oblastech těch vlnových délek, kde je nepohlcují ostatní skleníkové plyny. Účinnost pohlcování záření je ve srovnání s CO_2 asi 5 000 až 10 000 x vyšší. Proto je jejich podíl na skleníkovém efektu tak významný i při velmi nízké koncentraci. Žalud (2009) uvádí, že freony mohou zůstat v atmosféře stovky až tisíce let.

Freony však způsobují také destrukci stratosférického ozonu a přispívají tak ke vzniku ozonové díry. Na základě tzv. Montrealského protokolu z r. 1987 s několika následujícími dodatky je produkce freonů celosvětově omezována a do r. 2006 měla zcela ustát. Vzhledem ke stabilitě freonů v atmosféře však bude jejich

podíl na skleníkovém efektu ještě dlouho přetrvávat. Podle některých autorů bylo dosavadní zvyšování teploty v minulém století způsobeno právě freony (Nátr, 2006).

Aerosoly – pod pojmem aerosol rozumíme kapalné nebo pevné částice rozptýlené v plynném prostředí. V atmosféře se vyskytují jak aerosoly přirozené (sopečný a půdní prach, oblaka), tak i antropogenního původu (částice uvolněné při spalování fosilních paliv a biomasy) (Kalvová a Moldan, 1996).

2.1.3 Životnost skleníkových plynů

Podle Barrose (2006), průměrná životnost plynu v atmosféře se odvíjí od mechanismů jeho transportu a spočívá v tom, jak dlouho průměrně trvá jedné molekule, než se rozpadne. Životnost skleníkových plynů je vidět v tabulce č. 1.

2.1.4 Potenciál globálního oteplování GWP

Jednotlivé skleníkové plyny se navzájem liší

1. svými radiačními vlastnostmi, což znamená, že stejné množství různých plynů může absorbovat velmi rozdílné množství infračerveného záření
2. dobou existence v atmosféře, tj. průměrnou dobou, po kterou se v atmosféře uchovají, než jsou rozloženy na jiné látky, pohlceny rostlinami či oceány apod. (Fuglestedt a kol., 2003)

Je zřejmé, že stejná koncentrace různých skleníkových plynů má velmi rozdílné důsledky pro zvýšení absorpce dlouhovlnného záření, a tedy i pro zvýšení teploty (Nátr, 2006).

Podle Barrose (2006) lze definovat potenciál globálního oteplování GWP (angl. global warming potential) jako dopad radiační účinnosti jednotkové hmotnosti daného skleníkového plynu, a sice v průběhu konkrétního časového horizontu, v němž se zvyšuje pokles koncentrace tohoto plynu v souvislosti s jeho přeměnou. Lze vyjádřit poměrem k potenciálu oteplování nějakého jiného plynu. Dle Kočího (2009) byl jako referenční plyn zvolen oxid uhličitý, protože se v atmosféře vyskytuje v nejvyšších koncentracích. Barros (2006) dále uvádí, že potenciál globálního oteplování závisí na časovém horizontu, který si zvolíme. V Kjótském

protokolu byl jako časový horizont přijat obzor sta let, v jejichž průběhu se různé skleníkové plyny porovnávají navzájem.

Hodnoty GWP pro klíčové skleníkové plyny a jejich životnosti jsou uvedeny v tabulce č. 1. sestavené podle Kalvové a Moldana (1996).

Tabulka č. 1: Potenciál globálního oteplování u vybraných skleníkových plynů (zdroj: Kalvová a Moldan, 1996)

plyn	vzorec	životnost (roky)	potenciál globálního oteplování
oxid uhličitý	CO ₂	proměnná	1
metan	CH ₄	12 – 13	21
oxid dusný	N ₂ O	120	298
CFC – 11	CFC ₁₃	50	4 000
CFC – 12	CF ₂ C ₁₂	102	8 500

2.1.5 Antropogenní ovlivnění

Za nejzávažnější antropogenní zásah do klimatického systému se v současné době považuje růst koncentrací skleníkových plynů a antropogenních troposférických aerosolů, jejichž hlavním zdrojem je spalování fosilních paliv a biomasy. (Kalvová a Moldan, 1996).

Podle Barrose (2006) spalování fosilních paliv (uhlí, ropných derivátů a zemního plynu) uvolňuje oxid uhličitý. Toto spalování vyrábí energii pro téměř veškerou moderní dopravu, produkuje velkou část elektřiny a tepla vůbec. Používání fosilních paliv pokrývá v současnosti 80 % energetické spotřeby celého lidstva a vytváří zhruba 80 % emisí oxidu uhličitého.

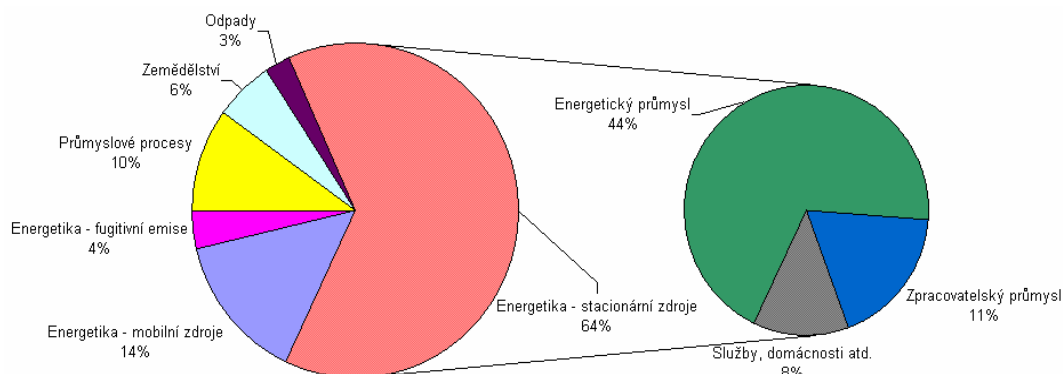
V roce 2008 se na skleníkovém efektu nejvíce podílejí následující činitelé: energetika – stacionární zdroje (z 64 %), energetika – mobilní zdroje (z 14 %), průmyslové procesy (z 10 %) a zemědělství (z 6 %) (Anonym 1, 2010). Všichni činitelé jsou zobrazeni na obrázku č. 2.

Zemědělství nesporně produkuje nemálo skleníkových plynů. V podmínkách České republiky, dále jen ČR jsou tvořeny převážně emisemi metanu a oxidu dusného (Nátr, 2005). Podle Kalvové a Moldana (1996) emise metanu pocházejí zejména z chovu skotu, pěstování rýže a hospodaření s hnojem, kde za anaerobních

podmínek dochází ke vzniku metanu. Fott a kol. (2003) tvrdí, že k emisím oxidu dusného dochází nejvíce při denitrifikačních procesech v půdách, anorganických dusíkatých hnojiv, hnoje z chovu hospodářských zvířat a dusík obsahujících částí zemědělských plodin, které se vracejí do půdy (např. ve formě slámy spolu s hnojem, nebo jsou zaorány do půdy). Dle Nátra (2006) lze z toho vyvodit, že množství a složení naší potravy odráží specifické rysy příslušných technologických procesů v zemědělství, a tím i rozdílnou produkci skleníkových plynů. Proto pro zajištění trvale udržitelného rozvoje může být změna způsobu výživy v průmyslově vyspělých státech neobyčejně významná. Přitom některé změny mohou mít až nečekané důsledky. Složení naší potravy totiž neodráží jen potřebu zásobení některými látkami energií, ale je výrazně určováno i tradicí, kulturou či etikou, právě tak jako chutí, vůní nebo strukturou dané potraviny. V rozvinutých zemích je nápadné, že v průběhu dějinného vývoje se od konzumace potravin produkovaných v určitém místě přechází na spotřebu exotických plodů, zeleniny, koření apod. I když se již dnes projevuje snaha omezit nadspotřebu potravin i nadprodukcii odpadu, jde o velmi obecné tendence, jejichž konkrétní výraz je nedostatečně doložen konkrétními rozbory.

Na příkladu Švédska, podle Carlsson-Kanyama (1998), je spotřební limit emisí skleníkových plynů pro každého člověka žijícího v 21. století 5 900 kg ekvivalentů CO₂ ročně. Z tohoto celkového množství je zřejmě nutno odečíst jistou část (např. 30 %) pro obecné účely, jako je obrana, ochrana zdraví, výchova aj. Zbývajících 70 %, tj. 4 100 kg ekvivalentu CO₂, zahrnuje veškerou ostatní spotřebu člověka včetně nákupu, transportu, topení a potravin. Předpokládejme, že z těchto zbývajících procent bude 25% vyčleněné na produkci potravin. To znamená, že produkce potravin by měla odpovídat emisím asi 1 000 kg ekvivalentů CO₂ na jednotku obyvatele za jeden rok.

Obrázek č. 2: Podíl skleníkových plynů sektorového členění v roce 2008 (zdroj: Anonym 1, 2010)



2.1.6 Mezinárodní dohody o změně klimatu

V roce 1972 se ve Stockholmu konala první světová konference o životním prostředí. Jasně se ukázalo, že problematika životního prostředí má politický rozměr. Z ekologických důvodů se zde odsoudilo „využívání jaderné energie pro vojenské účely, rasová diskriminace a kolonialismus“ a vznikly základy mezinárodní legislativy (Acot, 2005).

Druhá konference se týkala udržitelného rozvoje a životního prostředí. Konala se v Rio de Janeiru v červnu 1992. Jednání neprobíhala vůbec hladce a již tehdy se projevil názorové rozpory, které přetrvávají dodnes. Evropa a velká část ostatních států prosazovaly opatření nezbytná ke snížení emisí skleníkových plynů. Nakonec došlo k podepsání úmluvy, která postrádá konkrétní opatření a stěžejí překračuje rámec deklarativního prohlášení vydaného jako závěr z jednání (Barros, 2006).

Nejvýznamnější pokus ovlivnit vypouštění skleníkových plynů byla třetí konference v Kjótu, kdy se 11.12.1997 dohodli zástupci 163 zemí na postupném snižování emisí v letech 2008 až 2012 oproti referenčnímu roku 1990. Navrhovatelé se v něm zavázali snížit emise skleníkových plynů o 5,2 %. Jednání však doprovázely vážné rozpory. Postoj ekonomicky vyspělých zemí lze shrnout jejich obhajobou svých šetrných technologií a relativně silným odporem ke snižování emisí, postoj rozvojových zemí byl založen na obvinění států vyspělých z pohledu zničení jejich životního prostředí a snahou udělat z chudých zemí biosférické systémy udržující globální ekologickou stabilitu na úkor ekonomického rozvoje.

Výstupem jednání byla diferenciací omezení vypouštění skleníkových plynů pro jednotlivé státy. Česká republika podepsala protokol 23.11.1998 na základě usnesení vlády 669 ze dne 12.10.1998 a ratifikovala jej 25.10.2001. Protokolem se zavázala v letech 2008 až 2012 snížit produkci „skleníkových plynů“ ve srovnání s rokem 1990 o 8 %, USA o 7 %, Japonsko, Kanada, Polsko a Maďarsko o 6 %, Rusko a Ukrajina svoji produkci pouze nezvýší (Žalud, 2009). Podle Barrose (2006) bylo dojednáno, že protokol nabývá platnosti po ratifikaci 55 zeměmi s podílem na emisích minimálně 55 %. Podle Acta (2005) protokol umožnil mezinárodní obchodování s emisními kvótami, který umožňuje státům vypouštějícím méně škodlivin, než činí povolený limit, aby zbytek prodaly. Bývalé socialistické státy, kde návratem ke kapitalismu došlo k hospodářské recesi, teď mohou své přebytky emisních kvót nabízet tomu, kdo víc nabídne.

Rusko ohlásilo svou ratifikaci Kjótského protokolu na summitu v Johannesburgu, roku 2002, ale svoje prohlášení dementovalo (Barros, 2006). Podle Žaluda (2009) Rusko protokol ratifikovalo až 4.11.2004.

V prosinci 2009 se v dánské Kodani konala konference, která měla nahradit Kjótský protokol, jehož platnost skončí v roce 2012. Dohoda však uzavřena nebyla a výsledky Kodaňské konference lze označit za nulové, v optimističtější pohledu za začátek dalšího kola jednání (Žalud, 2009).

2.1.7 Národní inventarizační systém (NIS)

Pravidelné monitorování emisí a skleníkových plynů je jednou s povinností, vyplývajících z Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu z roku 1992 a Kjótským protokolem (Fott a kol., 2003).

K hlavním funkcím NIS patří zejména vybudování a funkční zprovoznění institucionálního, legislativního a procedurálního uspořádání potřebného k plnění všech nezbytných činností spojených s inventarizací skleníkových plynů. Výsledky inventarizace skleníkových plynů jsou znázorněny v tabulce č. 2. Zodpovědnost za správné fungování NIS nese v ČR Ministerstvo životního prostředí, které pověřilo Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) jako organizaci zodpovědnou za koordinaci přípravy inventarizace a požadovaných datových i textových výstupů (Anonym 1, 2010).

Tabulka č. 2: Výsledky inventarizací skleníkových plynů za roky 1990 až 2008 [Gg CO₂ ekv] (zdroj: Anonym 1, 2010)

emise skleníkových plynů	CO₂	CH₄	N₂O	celkem
základní rok 1990	164332	18563	12342	195184
1991	154381	16880	10487	181723
1992	139915	15877	9370	165134
1993	135854	14883	8282	158978
1994	126753	13981	8171	148862
1995	131395	13733	8425	153519
1996	138649	13552	8005	160250
1997	131833	13123	8153	153303
1998	124273	12651	8090	145264
1999	120729	12145	7904	140005
2000	127138	12178	7888	147507
2001	128718	12336	8131	149646
2002	124974	12155	7868	145348
2003	124607	11880	7462	144516
2004	125710	11655	8090	145988
2005	125215	11785	7797	145357
2006	126264	12207	7648	146937
2007	126287	11872	7707	147462
2008	120741	11686	7811	141411

2.2 LCA - Hodnocení životního cyklu

Metodu hodnocení životního cyklu lze stručně charakterizovat jako systematický postup, který se snaží na podkladě látkových a energetických bilancí určit rozsah a velikost komplexního negativního dopadu na životní prostředí, jež způsobuje existence hodnoceného systému (nejčastěji výrobku) během jeho celého života. Pojem „celý život“ znamená, že se negativní vlivy na životní prostředí posuzují již od charakteru potřebných surovin včetně způsobů jejich získávání, přes jejich úpravu, vlastní výrobu výrobku, jeho spotřebu a jeho závěrečnou likvidaci. Do posuzování se zařazují i negativní vlivy způsobené dopravou (Remtová, 1996).

2.2.1 Studie LCA

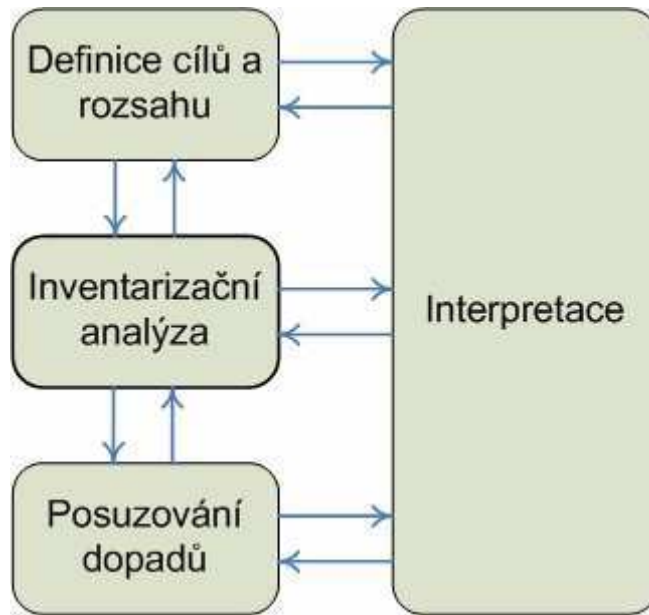
Metoda LCA (angl. Life Cycle Assessment) byla uvedena organizací SETAC a je definovaná v normách ČSN EN ISO 14 040 (ČNI, 2006a) a ČSN EN ISO 14 044 (ČNI, 2006b). Tato metoda byla primárně určena pro interní účely organizací – hodnocení konkrétních výrobků, služeb a technologií (obecně produktů). Původním cílem bylo najít zlepšení životního cyklu produktu nebo vybrat variantu s nižším dopadem na životní prostředí (Consoli, 1993). Dnes je aplikace této metody rozšířena o snahu ovlivnit výběr spotřebitelů, investorů a vládních politiků. Při zpracování studie LCA je nejprve definován produktový systém, který zahrnuje procesy podílející se na životním cyklu zkoumaného produktu. Následuje inventarizační analýza životního cyklu, ve které jsou určeny všechny toky mezi produktovým systémem a životním prostředím. Ve fázi hodnocení dopadů je těmto tokům přiřazen potenciální dopad na životní prostředí. Poslední fází je interpretace, která je určena pro vyhodnocení výsledků LCA studie. Zpracovatel definuje nejpravděpodobnější scénář životního cyklu produktu (který se obvykle skládá z více variant) a pro ten studii vypracuje. Výsledky studie jsou vztaženy na funkční jednotku, která je kvantifikovaným množstvím základní funkce produktu. LCA studie je tedy zpracována pro konkrétní produkt a jeho konkrétní životní cyklus (Weinzettel, 2008).

Podle Kočího (2009) metoda LCA posuzuje environmentální dopady produktu na základě posouzení vlivu materiálových a energetických toků, které sledovaný systém vyměňuje se svým okolím (s životním prostředím).

2.2.2 Fáze LCA

Studie LCA sestává ze čtyř základních fází: definice cílů a rozsahu, inventarizace, hodnocení dopadů a interpretace. Vzájemný vztah těchto fází je znázorněn na obrázku č. 3. Obousměrné šipky mají znázornit iterační podstatu přístupu sestavování LCA. Pojmem iterační chceme zdůraznit, že poznatky z jedné fáze mohou ovlivnit východiska fáze předcházející, kterou je třeba následně přehodnotit a pokračovat opět k fázi následující. V případě použití dostupné výpočetní techniky, není provedení těchto iterací obtížné (Kočí, 2010).

Obrázek č. 3: Fáze LCA (Zdroj: ČNI, 2006a)



První fáze LCA - Definice cílů a rozsahu

Definice cílů a rozsahu představuje počáteční fázi každé studie LCA. V definici cílů se uvádí jaký je účel studie, proč a k čemu má být použita a pro koho je určena. Všechny tyto faktory mají vliv na další postup (ČNI, 2006a).

LCA je iterativní metoda a jako taková nejen že povoluje, ale často i vyžaduje, aby se řešitel opětovně vracel k na počátku definovaným parametrům a tyto pozměnil, pakliže se to ukáže jako vhodné či nutné řešení ve snaze dosáhnout stanoveného cíle studie (ČNI, 2006a).

Podle Judla (2010) k tomuto většinou dochází v průběhu inventarizace. Důvodem ke změně definovaných parametrů často bývá rozdílná kvalita dat a zejména jejich dostupnost. Bez změny parametrů by tedy bylo složité či nemožné studii zpracovat.

Funkční jednotka: Pro účely porovnání produktů (systémů) je nutné definovat funkční jednotku. Funkční jednotka je popisována jako kvantifikovaný výkon výrobního systému, který slouží jako referenční jednotka ve studii posuzování životního cyklu (ČNI, 2006a). Představuje základní prvek, ke kterému jsou vztaženy výsledky studie. Musí být volena tak, aby byla jednoduše vyjádřitelná a měřitelná. Příkladem funkční jednotky je 1 minuta hovoru pro mobilní telefon.

Funkční jednotka je výchozím bodem pro hledání alternativního způsobu naplnění funkce s nižším negativním dopadem na životní prostředí (Weinzettel, 2008).

Kvalita dat: Kvalita údajů vstupujících do studie LCA má být určena z hlediska časového, územního, technologického, zdroje dat (musí být určeno, zda jsou požadována primární data, nebo mohou být použita data sekundární), jejich přesnosti aj. Jedná se o určení veškerých požadavků na vstupní data, například: oblast Střední Evropa, čas po roce 1990, průměrná technologie, naměřené hodnoty (nebo hodnoty stanovené odborným odhadem) (Weinzettel, 2008).

Hranice systému: Hranice systému definuje, jaké jednotkové procesy budou v posuzovaném systému zahrnuty (ČNI, 2006a). Definováním hranic systému se prakticky rozhoduje, jaké fáze životního cyklu budou analyzovány (v případě nezahrnutí celého životního cyklu) neboli jaké jednotkové procesy a jaké elementární toky budou nebo nebudou uvažovány (Judl, 2010).

Podle Kočího (2009) je někdy žádoucí hranice systému pozměnit či zmenšit. Tento krok se používá v případě, že je systém již natolik rozsáhlý, že by uvažování všech elementárních toků bylo neúnosně časově i finančně náročné (nebo i nemožné). Musí se ale posoudit, nakolik by to mohlo ovlivnit výsledky studie a její kvalitu.

Jiným případem, kdy lze ze systému vyloučit určitý jednotkový proces, je porovnávání dvou či více produktů vůči sobě. Z jejich systému je možné vyřadit ty jednotkové procesy, které jsou pro ně společné a nemají tedy vliv na výsledné porovnání produktů. Například při porovnávání několika technologií čištění odpadních vod z domácností nemusí být nutné zahrnout fázi užívání vody v domácnosti, neboť nemá vliv na porovnání jednotlivých technologií (Tillman, 1999).

V některých případech do systému vstupuje a ze systému vystupuje více hmotnostně nevýznamných elementárních toků. V tomto případě je možné přistoupit k tzv. cut-off kritériu. Cut-off kritérium je postup, kdy se rozhodne, že se nebudou ve studii uvažovat např. elementární toky, které v součtu nepřesahují 5% hmotnosti všech elementárních toků. Nevýhodou cut-off kritéria je teoretická možnost nezahrnutí hmotnostně sice nevýznamného, avšak z hlediska dopadů významného toku. Na tomto místě hraje roli zkušenost zpracovatele studie, který rozhoduje jaké elementární toky a jednotkové procesy ze systému vyloučí (Kočí, 2009). V případě

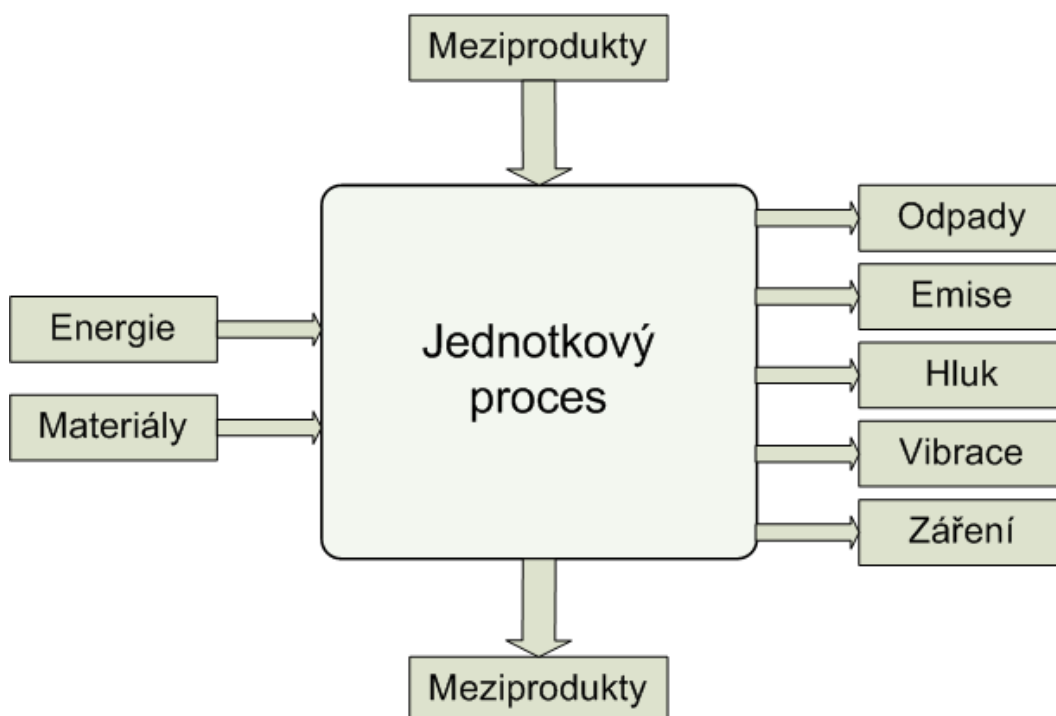
definování specifické dopadové kategorie, např. uhlíkové stopy (angl. carbon footprint), může být vyřazení určitých elementárních toků ze systému snazší. Pozornost se totiž zaměřuje pouze na úzkou skupinu sloučenin (v tomto případě na skleníkové plyny), které mají vliv na určenou dopadovou kategorii. Je tedy snazší odlišit významné elementární toky od těch nevýznamných (Judl, 2010).

Druhá fáze LCA – inventarizační analýza LCI

Po definování základního rámce celé studie následuje inventarizační analýza životního cyklu, LCI (angl. Life Cycle Inventory) (ČNI, 2006b). Principem inventarizační fáze je sběr dat, která slouží k vyčíslení hodnot elementárních toků. Tato fáze představuje hlavní praktickou část studie LCA, náročnou na čas, dostupnost dat a zkušenost zpracovatele studie s modelováním produktových systémů (Fava, 1997).

Produktový systém, jehož hranice jsou vymezeny ve fázi definice cíle a rozsahu studie LCA, je nutné pro další zpracování rozložit na jednotkové procesy. Jednotkový proces je podle normy ISO 14 040 definován jako nejmenší část produktového systému, pro kterou jsou sbírány údaje během inventarizační analýzy (Weinzettel, 2008).

Obrázek č. 4: Jednotkový proces životního cyklu produktu (zdroj: Weinzettel, 2008).



Pro jednotkové procesy je nutné stanovit jejich vstupy a výstupy z hlediska materiálů, energií a emisí. Tímto způsobem zpracovatel zajistí shromáždění množství dat z životního cyklu produktu. Již v průběhu jejich shromažďování musí být data validována – musí být určeno, zda jsou v souladu s požadavky na kvalitu dat stanovenými ve fázi cíle a rozsahu studie LCA, které je možné revidovat. Nashromážděná data jsou vztažena k referenčnímu toku jednotkového procesu (například jednotka množství materiálu nebo energie) a dále přiřazena k funkční jednotce zkoumaného produktového systému. Tímto způsobem dojde k určení skutečných materiálových a energetických vstupů a výstupů životního cyklu produktu připadajících na funkční jednotku (Weinzettel, 2008).

Třetí fáze LCA – hodnocení dopadů životního cyklu

Posuzování dopadů, jehož postup je zobrazen na obrázku č. 4, se provádí proto, aby se zjistil potenciální dopad jednotlivých položek inventarizační analýzy na životní prostředí (ČNI, 2006b). Nejprve je nutné vybrat kategorie dopadu, jejich indikátory a charakterizační model v závislosti na cílech a rozsahu studie LCA (Kočí, 2010).

Dle Dolejší (2000) dělíme základní kategorie dopadu:

- Úbytek neobnovitelných (abiotických) zdrojů
- Využívání krajiny (pokles množství využitelné krajiny)
- Změny klimatu
- Úbytek stratosférického ozónu
- Humánní toxicita
- Ekotoxicita (sladkovodní, mořská, terestrická)
- Tvorba foto-oxidačních látek
- Acidifikace
- Eutrofizace

Klasifikace je krok, ve kterém se výsledky z inventarizace přidělují jednotlivým kategoriím dopadu. Každá emise látky do prostředí je dle svých účinků přiřazena konkrétní kategorii dopadu. Po klasifikaci následující charakterizace přepočítává emise v jednotkách objemu či hmotnosti na potenciály

environmentálních dopadů. V klasifikaci je nutné určit, které emisní toky se podílejí na které dopadové kategorii. Některé látky způsobují nepříznivé účinky ve více kategoriích dopadu. Pravidlem by mělo být hodnocení dopadu ve všech relevantních kategoriích daných konkrétním případem. V některých případech příspěvek k jedné dopadové kategorii vylučuje příspěvek ke druhé (Dolejší, 2010).

Ke každé kategorii dopadu dle Weinzettela (2008) musí být určen její indikátor, na jehož ekvivalentní jednotky se přepočítají výsledky inventarizační analýzy přiřazené do dané kategorie. Například pro skleníkové plyny se jako jednotka používá ekvivalent kilogramu oxidu uhličitého (kg CO₂-eq.). Proces přepočítání výsledků inventarizační analýzy na ekvivalentní jednotky indikátorů kategorií se nazývá charakterizace.

Předchozí prvky posuzování dopadů jsou povinnou součástí studie LCA (ČNI, 2006b). Následující prvky jsou dobrovolné a slouží ke zpřehlednění výsledků studie LCA. Jejich výběr záleží na cíli studie. Jedná se o:

a) normalizaci – přepočítání výsledku indikátoru na referenční jednotku;

b) seskupování – třídění, řazení a sdružování kategorií dopadu do skupin v závislosti na konečném bodu kategorie nebo v závislosti na jiném hledisku (podle cíle studie);

c) vážení – při kterém jsou sdružovány výsledky indikátorů různých kategorií. Výsledkem vážení je jeden parametr hodnocení. Metody vážení a výsledky posuzování dopadů před vážením však musí zůstat k dispozici, aby se předešlo zkreslení celkových výsledků;

d) analýzu kvality údajů – provádí se pro snazší pochopení výsledků posuzování dopadů (Weinzettel, 2008).

Důležitým znakem posuzování dopadů je jeho transparentnost. Při aplikaci vlastních hodnot (volba koeficientů vážení pro multikriteriální hodnocení), které se vyskytují v normalizaci, seskupování a vážení, se část informace studie LCA ztrácí. Proto normy ISO v každém případě vyžadují prezentaci výsledků i ve formě před aplikací těchto hodnot. Doslova dle (ČNI, 2006a): „neexistují žádná vědecká odůvodnění pro redukování výsledků LCA na jednoduché souhrnné výsledky nebo čísla, protože vážení vyžaduje výběry hodnot“. Cílem LCA je být transparentním vědeckým nástrojem (Weinzettel, 2008).

Čtvrtá fáze LCA - interpretace životního cyklu produktu

Poslední část studie LCA je zaměřena na hodnocení a kontrolu studie LCA z hlediska kompletnosti, citlivosti, konzistence a dalších (ČNI, 2006b). V této fázi je zpracována prezentace výsledků studie, zhodnocení její kvality, vysvětlení možných nejasností a hlavně zdůraznění významných problémů v životním cyklu produktu, aby byl podán jasný výsledek studie LCA, který je dále použitelný – například pro vývoj a zlepšení produktu, marketing a jiné aplikace (Weinzettel, 2008).

2.3 Pěstování pšenice v konvenčním systému hospodaření

Obiloviny patří botanicky mezi traviny (*Gramineae*). Téměř všechny známé obiloviny patří do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) (Příhoda a kol., 2003). Podle Kůsta a kol. (2009) celková sklizeň obilovin v České republice v roce 2009 činila 7 742,7 tis. tun. Proti předchozímu roku je o 626,8 tis. tun (tj. o 7,5 %) nižší. Sklizeň svým množstvím dostatečně zabezpečuje kvantitativní pokrytí domácí potřeby, která činí celkem v průměru 5 500 – 6 000 tis. tun obilovin. Dle Zimolky (2005) je světově nejrozšířenější obilovinou pšenice setá, který je významná především pro pekařské využití. Moudrý a kol. (2007c) popisuje, že se pšenice nevyužívá pouze pro lidskou výživu, ale také pro krmení hospodářských zvířat, v průmyslu (např. škrobárenství) a zrno je zpracováno na výrobu ethanolu jako energetického zdroje.

Reichholf (1999) tvrdí, že pšenice je pěstovaná a šlechtěná v nesčetných variantách. Podle Petra (1980) se vlivem šlechtění zvětšila velikost obilek a listů dokonce dvacetinásobně. Dle Feldmana a kol. (1995) se zredukovalo nadměrné odnožování a akumulace živin v kořenech a Ericsson (2006) popisuje, že vlivem šlechtění bylo zkráceno stéblo jako prevence před poléháním způsobeným vysokou hladinou výživy dusíkem v konvenčním systému hospodaření.

Tabulka č. 3: Bilanční tabulka obilnin 2004 – 2009 v ČR (zdroj: Kůst a kol., 2009)

ukazatel	jednotka	2004	2005	2006	2007	2008	2009
osevní plocha	tis. ha	1 609	1 611	1 532	1 579	1 558	1 528
výnos	t/ha	5,46	4,75	4,17	4,53	5,37	5,06
výroba	tis. t	8 783	7 659	6 386	7 152	8 369	7 742

Celková osevní plocha obilnin velmi mírně poklesla proti předchozímu roku o 30,6 tis. ha na 1528,0 tis. ha. V tabulce č. 3 je vidět, že z dlouhodobého pohledu se však osevní plocha pěstovaných obilnin příliš nemění a pohybuje se kolem výměry 1600 tis. ha. V procentickém meziročním vyjádření jde o pokles 1,6 %. U naší nejrozšířenější obiloviny – ozimé pšenici došlo k velmi mírnému navýšení ploch o 4,3 % (Kůst a kol., 2009).

2.3.1 Osevní postup

Pšenice patří k plodinám, kde nároky na tzv. předplodinovou hodnotu jsou jedny z největších. Má být zařazena zásadně po nejlepších předplodinách. To platí tím více, čím v horších oblastech je pěstována, avšak při dodržení možnosti včasné a kvalitní přípravě půdy a včasného setí (Diviš, 2000).

Nejlepšími předplodinami jsou jeteloviny, luskoviny, olejnin (ozimá řepka), okopaniny a zeleniny – organicky hnojené plodiny (Zimolka, 2005).

Po pšenici zásadně nejsou vhodné obilniny a nejhorší případy jsou řazení pšenice po pšenici, kterému se lze vyhnout prakticky všude (Diviš, 2000).

2.3.2 Zpracování půdy

Klasické zpracování půdy

Podle Zimolky (2005) při tradičním postupu je třeba věnovat zvýšenou pozornost podmítce, a to z hlediska její hloubky, doby, způsobu ošetření při zohlednění vlhkostních podmínek, půdního druhu, předplodiny a rovněž druhové zaplevelenosti pozemku. Její včasnost a kvalita provedení ovlivňuje rychlejší tlení posklizňových zbytků i rychlejší vzejití plevelů a má i fyto-sanitární vliv. V sušších oblastech se provádí na hloubku 120 – 150 mm, ve vlhčích mělčejí.

Vlastní seťová orba následuje 2 – 3, lépe 4 týdny, po víceletých pícninách až 6 týdnů před setím na střední hloubku (180 – 220 mm). Hloubku je třeba diferencovat i s ohledem na předplodinu. Po okopaninách, zejména bramborách, půdu pouze kypříme do hloubky 100 – 120 mm za předpokladu, že není příliš uježděná a zaplevelená vytrvalými plevele. Při určování hloubky předseťové orby se řídíme rovněž potřebou přirozeného slehnutí půdy, proto čím kratší doba následuje mezi orbou a setím, tím by měla být orba mělčí.

Ve vláhově deficitních podmínkách, kdy se dá předpokládat nerovnoměrné vzcházení, a za předpokladu lehce zpracovatelné půdy je možno výsev uskutečnit do čerstvě zorané a připravené půdy. Žádoucí ulehlosti půdy lze napomoci utužením válci, nejlépe cambridžského typu. Tím urychlíme vzcházení až o 7 dní a zároveň eliminujeme posun uložení odnožovacího uzlu více k povrchu (větší riziko poškození mrazem).

2.3.3 Výživa a hnojení

Ozimou pšenici řadíme mezi plodiny se střední potřebou živin. Na 1 tunu zrna a odpovídající množství slámy a kořenů odčerpá v průměru 25 kg dusíku (N), 5 kg fosforu (P), 20 kg draslíku (K), 2,4 kg hořčíku (Mg), 4 kg síry (S). Pšenice začíná svůj vývoj již v obilce při klíčení, kdy dochází vlivem enzymatické činnosti k rozkladu složitých organických látek na látky jednoduché, které zárodek (embryo) využívá pro svůj růst. Na chemickém složení obilky závisí tvorba kořenového systému a přechod rostlin na výživu z půdy (Zimolka, 2005).

Podle Diviše (2000) se dávka N v průmyslových hnojivech pohybuje obvykle mezi 80 - 140 kg v závislosti zejména na požadovaném výnosu, kvalitě půdy, předplodině, množství srážek v oblasti a dalších faktorech. Cílem však vždy musí být maximální využití dodaného dusíku pro tvorbu výnosů.

Základní hnojení

Potřeba dusíku v podzimním období je celkové velmi nízká. Na dobrých až středních půdách a po dobrých předplodinách lze základní hnojení N před setím úplně vynechat.

Regulační hnojení

Obvykle se dávka N pohybuje v rozmezí 20 – 60 kg N/ha. Dávka 60 kg bychom měli dělit na 2 regenerační dávky použité za sebou v odstupu 2 – 3 týdnů. Zvýší se tím využití dodaného dusíku a sníží se ztráty vyplavením.

Správná doba a dávka hnojení je u regeneračního hnojení nejvýznamnější. Nedostatky a chyby provedené v této době lze již potom stěží napravit.

2.3.4 Ochrana proti biotickým škodlivým činitelům

Ochrana proti plevelům

Při správném založení a vedení porostu v celém průběhu vegetace je velice dobře možné vést porost s použitím jen nezbytně nutných aplikací herbicidů (Křen, 1998).

Ochrana proti chorobám napadajícím osivo

Osivo ozimé pšenice je třeba chránit především proti mazlavým snětím, proti sněti zakrslé (*Tilletia controversa*) a do jisté míry také proti fusariím a braničnatce přenášeným obilkou. Sněť prašná (*Ustilago nuda*) se u současných odrůd pšenice ozimé (*Triticum aestivum*) objevuje jen výjimečně (Křen, 1998).

Ochrana proti chorobám během vegetace

Padlí travní (*Blumeria graminis*) - Padlí je škodící na listech, stéblech i klasech obilnin obecně. Na pšenici nejvíce škodí při tvorbě praporcového listu. Jeho výskyt je většinou plošný (netvoří ohniska) a je silně ovlivněn místními podmínkami (možnost tvorby mlh, uzavřená poloha, přehnojení dusíkem). Předčasné setí ozimů („stárnutí listů“) zvyšuje náchylnost k padlí, nebo naopak pozdní výsevy jařin bývají také více napadány (odnožování v době s optimálními podmínkami pro padlí) (Zimolka, 2005).

Stéblolam (*Pseudocercospora helminthosporioides*)- Všeobecně rozšířená choroba na pšenici ozimé. Její význam narůstá s koncentrací obilnin v osevním postupu a za vlhkého a chladného počasí. Napadení podporují vysoké srážky (více než 30 mm) spadlé v květnu nebo začátkem června během 1 – 2 dnů. Někdy může houba napadnout rostliny již na podzim a pak může dojít k redukci počtu odnoží nebo zničení celých rostlin. V této době se vyskytuje často společně s plísní sněžnou. V období sloupkování houba napadá báze stébel. Narušením stébla se omezuje přísun vody a živin do klasů a výnos je snížen hlavně při následujícím horkém a suchém počasí. Choroba se významnou měrou podílí i na polehnutí porostu (Křen, 1998).

Ochrana proti škůdcům

Škůdci napadají obilniny po celou dobu vegetace. V současné době se v mnoha oblastech výskyt škůdců dostal nad práh škodlivosti (Zimolka, 2005).

Škůdci – mšice, kohoutci i bejlmorky mohou způsobit významné výnosové ztráty, i když jejich výskyt je velmi nepravidelný (Křen, 1998).

Podle Zimolky (2005) nejvýznamnější škody vznikají při sání mšic a křísků na podzim, kdy tito škůdci omezují nejen počet odnoží a zhoršují přezimování rostlin, ale zejména v teplejších oblastech přenášejí virus žluté zakrslosti pšenice. Právě pro omezení zakrslosti viróz je vhodné provedení podzimní ochrany směsí pyrethroidu s některou systémově působící látkou.

2.3.5 Sklizeň

V současné době se většina porostů sklízí přímou – jednofázovou sklizní žacími mlátičkami (Zimolka, 2005).

Podle stupně zralosti (mléčná, vosková – nebo též těstovitá – žlutá a plná) je nejvhodnější sklizeň v druhé polovině žluté zralosti. Po ní následuje pouze za několik dnů (3 - 5 - 7) zralost plná, kdy sklízíme na jejím počátku množitelské porosty, určené pro osivo. Optimální vlhkost zrna při sklizni je 14 % vody. Čím je větší vlhkost zrna, tím nižší teploty mohou být použity. Osivo a pekařská pšenice musí být dosušeny zvláště opatrně (Diviš, 2000).

2.4 Pěstování pšenice v ekologickém systému hospodaření

2.4.1 Rostlinná výroba a produkce

Dle detailního šetření bylo v České republice roku 2009 obhospodařováno ekologickým způsobem celkem 376 923 ha, z nichž 12 % zaujímala orná půda (tj. 43 827 ha, z toho je 44 % v přechodném období). Celková produkce z orné půdy činila 78 450 tuny, z nichž cca 56 % tvořily obiloviny. Plochy a produkce obilovin vidíme v tabulce č. 4. V rámci obilovin dosahují největší objem produkce, obdobně jako u výměry, pšenice a oves (tvoří téměř 40 % celkové produkce obilovin). Hektarový

výnos je obecně v EZ nižší než v konvenci, i když srovnání je obtížné, jelikož výnosy se liší nejen mezi ekologickými a konvenčními podniky, ale i mezi ekologickými podniky navzájem (Hrabalová a kol., 2009).

Tabulka č. 4: Plochy a produkce v EZ v letech 2008 a 2009 a srovnání s celkovou plochou a produkcí v roce 2009 v ČR (Zdroj: Hrabalová a kol., 2009)

plodina	produkce (t)		eko. plocha (ha)	výnos (t/ha)	podíl na celkové produkci	podíl na celkové ploše (%)
	2008	2009				
obilniny	30 509	43 745	14 863	2,94	0,56 %	1,59
pšenice	6 837	9 491	3 019	3,14	0,22 %	0,63

2.4.2 Osevní postup

Podle Konvaliny a kol. (2008a) je pro ekologickou farmu osevní postup stěžejním systémovým opatřením. Vhodným střídáním plodin lze udržet a zlepšit přirozenou úrodnost půdy, stabilizovat procesy humifikace a mineralizace, zvýšit využitelnost vody a živin, mikrobiální aktivitu půdy, příjem dusíku, potlačit napadení kulturních rostlin chorobami a škůdci, omezit konkurenci plevelných rostlin, regulovat účinek rostlinných látek z posklizňových zbytků, zvýšit biodiverzitu a stabilitu agroekosystému a zefektivnit produkci.

Uspokojivý výnos obilnin v první řadě závisí na volbě správné předplodiny. Vhodnost předplodiny pro ozimou pšenici vidíme v tabulce č. 5. V konvenčním systému hospodaření je možné vykompenzovat méně vhodnou předplodinu použitím vyšších dávek minerálních hnojiv a pesticidů (Zídek, 1992), ale v ekologickém zemědělství jsme odkázáni na předplodinovou hodnotu a přirozenou úrodnost půdy. Osevní postup je také hlavním preventivním opatřením proti chorobám a škůdcům, zvláště pak chorobám kořenů a pat stébel (Häni a kol., 1993).

Tabulka č. 5: Vhodnost vybraných předplodin pro ozimou pšenici (Zdroj: Molnár, 1999)

velmi vhodné	vhodné	méně vhodné až nevhodné
řepka olejka, hrách, bob, polorané brambory, středně pozdní brambory	pozdní brambory, mák, len, vojtěška setá, jetel luční, jetelotravní směs, cukrová řepa	kukuřice, tuřín, lupina,

2.4.3 Zpracování půdy

Po strniskových předplodinách je základním opatřením včasná podmítka ošetřená válením či vláčením podle stavu půdy a podmínek počasí. Pšenice vyžaduje dobře přirozeně slehlé seťové lůžko (orba 4 – 6 týdnů před setím, hloubka 16 – 24 cm). Kyprou půdu při opožděné orbě utužíme pospěchem či rýhovaným válcem. Struktura půdy nemá být proto předseťovou přípravou příliš narušena. Odstup (1 – 2 týdny) mezi zásahy napomáhá redukci semenných plevelů (Konvalina a kol., 2008a).

Dle Molnára (1999) nevhodně zvolený zásah může vést k nevhodné půdní struktuře a anulovat pozitivní efekt organické hmoty.

2.4.4 Výživa a hnojení

V ekologickém zemědělství je výživa pšenice zajištěna živinami uvolňovanými z rozkládající se předplodiny (jetelotrávy, luskoviny) či z organického hnojení (zelené hnojení + sláma, hnůj, kompost) zapraveného před setím pšenice či k předplodině. Ke hnojení na list je možné použít drobně rozptýlený kompostovaný chlévský hnůj (brzy na jaře) 10 – 15 t/ha nebo močůvku či kejdu 10 m³/ha pro udržení založených odnoží, ale především pro tvorbu klasu a později též pro zvýšení obsahu dusíkatých látek v zrně. Používaný je zvláště po předplodině, která zanechává v půdě méně živin (Moudrý a kol., 2007a).

Pro zvýšení obsahu dusíkatých látek je především na chudých půdách možné i během vegetace přihnojit porost močůvkou (4 – 10 t /ha), ve vlhkých letech ale hrozí nebezpečí polehnutí (Konvalina a Moudrý, 2008b).

2.4.5 Ochrana proti biotickým škodlivým činitelům

Ochrana proti plevelům

Plevele jsou jedním z hlavních problémů při přechodu z konvenčního na ekologický způsob hospodaření. V porostech obilnin převládají plevelné druhy, které jsou dobře přizpůsobené stanovištním podmínkám navíc s velkou stanovištní amplitudou a konkurenční schopností v rostlinných společenstvech. Předpokladem úspěšné regulace plevelů je znalost jejich biologie, správné rozlišení ve všech fázích

růstu, snaha o vyvážený systém hospodaření, soustavné využívání všech metod regulace plevelů, kombinace nepřímých a přímých metod regulace (Konvalina a kol., 2007).

Konkurenceschopnost pšenice vůči plevelům je v porovnání s ostatními obilninami nízká, přičemž jarní pšenice konkuruje méně než ozimá. Kromě mechanické likvidace plevelů hraje významnou roli prevence zaplevelení pozemku (pestrý osevní postup). Vláčení se uplatňuje na zaplevelených a ulehlých půdách. Používají se prutové (plecí) brány, kterými je možné regulovat zaplevelení až do konce odnožování. Nevláčí se zásadně vzcházející porosty do vytvoření 3 listu, kdy rostliny nejsou dostatečně zakořeněny. Vláčení jařin před vzejitím má větší význam pro regulaci plevelů než u ozimů. Kromě vyvláčení plevelů je současně provzdušněna povrchová vrstva půdy, podpořena mineralizace, uvolňování živin, především dusíku, zdržena životnost odnoží a podpořen růst a vývoj. Na těžkých, slévavých půdách a při zaplevelení chundelkou metlicí je vhodné kromě vláčení také plečkování. Meziřádková vzdálenost však při předpokladu takového zásahu musí být větší než 17 cm. Plecí tělesa mají být zavěšena na paralelogramu a plečka má mít stejný pracovní záběr jako secí stroj. Od plecích nožů (radliček) k okraji řádku rostlin je nutný odstup alespoň 4 cm, aby nedošlo k poškození kořenů (Konvalina a Moudrý, 2008b).

Ochrana proti škůdcům a chorobám

V případě pšenice ochrana proti chorobám a škůdcům spočívá v dodržování dobře sestaveného osevního postupu a zásad agrotechnické kázně. Důležitá je volba odolných odrůd. Napadení braničnatkou plevovou (*Septoria nodorum*) lze omezit pečlivým zapravením posklizňových zbytků, čímž dojde k omezení primární infekce. Na výskyt rzi (*Puccinia spp.*) lze kromě preventivních opatření, jako je pozdější výsev na podzim, použít postřik roztokem vodního skla (10 l/ha). Výskyt škodlivého činitele lze ale někdy omezit i pečlivou likvidací plevele, protože některé druhy trav (např. chundelka metlice) jím bývají často silně napadeny. (Moudrý a kol., 2007b).

2.4.6 Sklizeň

Pšenice sklízíme na počátku plné zralosti plně mechanizovanou přímou sklizní žací mlátičkou. Kvalita zrna je ovlivněna jak jeho zralostí, tak i vlhkostí. Optimální sklizňová vlhkost je do 14%. Při opožděné sklizni se snižuje obsah i kvalita lepku a číslo poklesu. Potravinářskou pšenici proto sklízíme přednostně, zvláště odrůdy náchylné k porůstání (Konvalina a kol., 2008a).

Potravinářská pšenice by měla obsahovat minimálně 28% mokrého lepku, sedimentační hodnota má být větší než 65 m³, objemová hmotnost nad 750 g/l (Moudrý a kol., 2007a).

Ekologický způsob pěstování má kromě negativního dopadu na snížení obsahu hrubého proteinu pozitivní vliv na nutriční jakost z pohledu vyššího zastoupení albuminů a globulinů (Krejčířová a kol., 2008).

2.5 Výroba mouky

Podle Kadlece a kol. (2009) jsou hlavními mlýnskými výrobky mouky, krupičky a krupice. Typové mouky se míchají z jednotlivých pasážních mouk a podle granulace se dělí na hladké, polohrubé a hrubé.

Mlýny dnes produkují vedle klasických mlýnských výrobků také rozmanité hotové směsi pro různé účely a mouky přesně upravené a standardizované pro určitý druh výrobků (Příhoda a kol., 2003).

Dle Kadlece a kol. (2009) pro mlýnské zpracování se v České republice používá převážně pšenice (cca 1,2 milionu tun pšenice ročně) a v menší míře žito.

Hlavním úkolem mlynářské technologie při mletí pšenice a nebo žita je co nejdokonaleji oddělit obalové části zrna od endospermu, a to postupným drcením zrna a meliva s následným tříděním, čištěním a vymíláním (Čepička a kol., 1995).

2.5.1 Příjem suroviny

V ČR se obilí dopravuje do mlýnů zpravidla nákladními auty, u mlýnů, které disponují vlečkou také železničními vagony. Po příjezdu vozidla nebo vagonu k příjmovému koši jsou odebrány vzorky pšenice a je proveden rozbor v laboratoři

mlýna, zda jakost suroviny odpovídá deklarovaným znakům, zjišťuje se senzorka, N-látky, vlhkost, popel, sedimentace, lepek a číslo poklesu. Obilí se skládá na příjmovém koši, odkud je mechanicky (elevátory) dopravováno do hlavy sila, kde je pomocí redleru transportováno do jednotlivých komor (Příhoda a kol., 2006).

2.5.2 Čištění obilí

Podle Drdáka a kol. (1996) před mletím se musí ze suroviny dokonale odstranit všechny příměsi a zrna základní kultury povrchových dřevnatých vrstev obalu zrna. Tento proces probíhá ve specializovaném oddělení mlýna, který se nazývá čistírna.

Mlýnskou čistírnu tradičně pomyslně rozdělujeme na tzv. černou a bílou. Černá zahrnuje operace odstranění volných nečistot a příměsí před prvním stupněm hydrotermické úpravy, bílá povrchové vyčištění a opracování zrna (Příhoda a kol., 2006).

a) Čištění obilí v „černé čistírně“

Dle Kadlece a kol. (2009) jednotlivé operace čistícího a třídícího procesu jsou založeny na několika fyzikálních principech – rozměrové třídění na sítích a triérech, aerodynamické třídění, třídění na základě rozdílné hustoty zrna a nečistot, magnetické odstraňování kovových příměsí.

b) Čištění obilí v „bílé čistírně“

Povrch zrna je vždy kontaminován mikroorganismy, může být zasažen i jejich produkty (toxiny), může být kontaminován i těžkými kovy a obsahuje ještě skupinu organických nečistot, která se označuje jako „filtr“, což jsou chlupy, zárodky a částičky hmyzu, výkaly, peří apod. Obsah všech těchto složek lze významnou měrou snížit v bílé čistírně (Kadlec a kol., 2009).

Podle Příhody a kol. (2003) se v dřívější době používalo loupacích a kartáčovacích strojů, které jsou dnes vesměs nahrazovány moderním účinným zařízením – odíracím strojem s aspirací. Zařízení pracuje na jednoduchém principu – obilná masa vstupuje pádovým hrdlem do pracovního prostoru stroje, kde je zrno lopatkami horizontálního rotoru vrháno proti válcovému sítu a postupně prochází

celým tělesem k výpadu. Nárazy perutí a o síto se uvolňují ulpěné nečistoty. Vlastní odlučování prachu, má dvě základní etapy – separace prachu výchozí směsí (aspirace) a oddělení (odloučení) prachu ze vzduchu.

2.5.3 Mletí

Vlastní mletí se provádí na válcových stolicích s nastavitelnými parametry, které odpovídají potřebám dané pasáže. Základní mlecí složení sestává ze dvou válců otáčejících se nestejnou rychlostí. Poměr otáček rychloběžného válce k otáčkám pomaluběžného se nazývá předstih. U každého páru válců lze nastavovat šířku mlecí spáry mezi válci. Spára nesmí být podstatně menší, než je velikost materiálu (tento vztah mletého zrna a spáry je charakterizován úhlem záběru). Povrch válců je buď hladký nebo rýhovaný, přičemž rýhy mají na povrchu válce mírný sklon. Profil rýhy není v průřezu rovnoramenný. Na straně s větším sklonem stěny rýhy je tzv. ostří rýhy, na straně s pozvolnějším sklonem je tzv. hřbet. Vzhledem k různé rychlosti válců můžeme pak rozložit různé vzájemné polohy rýh, jak se naproti sobě navzájem setkávají u rychloběžného a pomaluběžného válce (ostří na ostří, hřbet na hřbet, ostří na hřbet a hřbet na ostří) (Kadlec a kol., 2009).

Podle Příhody a kol. (2006) je vlastní proces mlýnského zpracování obilí založen na dvou základních operacích – dezintegraci (převážně drcení) meliva a třídění produktu (heterogenní sypké směsi). Tyto dvě operace tvoří základní jednotky celého výrobního postupu a tuto jednotku označujeme jako mlecí chod neboli pasáž.

Moderní pšeničný mlýn pracuje asi na 16 pasážích, z nichž je 5 šrotujících, 5 luštících a 6 vymílacích kroků. Z každé pasáže vychází nejméně jedna pasážní mouka a z ní se podle obsahu popela (hlavní kritérium kontroly mlecího procesu) míchají obchodní druhy mouk (Drdák a kol., 1996).

Proces mletí pšenice dělíme dle Kadlece a kol. (1999) do tří základních etap:

Šrotování: šetrné otevření zrna, oddělení endospermu od obalových vrstev v hrubších částicích s nízkým výtěžkem pasážních mouk a krupic.

Luštění krupic: Drcení vytříděných a vyčištěných krupic obsahujících ulpělou část slupky tak, aby se oddělila od endospermu.

Vymílání: Vydírání zbytků endospermu ulpěných na částech obalů a drcení částic čistého endospermu na požadovanou granulaci.

2.6 Výroba chleba

Pekárenské výrobky se dělí na 4 hlavní skupiny: Chleba, běžné pečivo, jemné a speciální výrobky. 80 % celkové výroby tvoří chleba. Převažuje typ smíšeného pšenično–žitného chleba v dvou základních skupinách podle výživného hlediska, a to světlý a tmavý chleba. Světlý chleba se vyrábí z pšeničných a žitných mouk v poměru 70 : 30 a tmavý chleba se vyrábí v poměru 60 % pšeničné mouky ku 40 % žitné mouky (Drdák, 1996).

Podle Kadlece a kol. (2009) se výroba chleba skládá z přípravy těsta, kynutí a pečení chleba.

2.6.1 Příprava těsta

Přidáním vody do mouky začíná bobtnání bílkovin a pentosanových polysacharidů (Příhoda a kol., 2003).

a) Hnětení těsta

Hnětení těsta zahrnuje ve skutečnosti dvě stadia v přípravě těsta. Na počátku dochází ke smísení a homogenizaci směsi na těsto. Od okamžiku, kdy se mouka dostává do styku s vodou dochází k prolínání s druhým stádiem, tzv. vývinem těsta. Postupným bobtnáním pšeničné bílkoviny a spolupůsobením dodané mechanické energie a řady chemických reakcí (převážně oxidačně redukčních) dochází k vytvoření struktury těsta (Čepička, 1995).

Podle Kadlece a kol. (2009) při začátku hnětení je voda v přebytku, neboť nabobtnalých složek moučných zrn je málo. Dalším mícháním se hydratovaná část spojuje ve spojitý gel. Viskozita gelu se postupně zvyšuje a v důsledku toho se současně zvyšuje odpor těsta vůči napínání. Projevuje se to zvyšováním odporu vůči hnětačům a zvyšováním příkonu pohonného motoru.

b) Dávkování surovin

Podle Drdáka a kol. (1996) patří mezi základní pekárenské suroviny mouka, voda droždí a sůl.

Jednotlivé složky v těstě se vyjadřují v procentech na hmotnost mouky (tzv. vaznost mouky). Vzájemný poměr mouky: na 100 dílů mouky je 35 - 80 dílů vody. Podíl vody má vliv na lepivost a stálost tvaru. Všechny suroviny se dávkuje přesně podle předepsané receptury. Pouze voda se dávkuje podle požadované konzistence těsta. Provzdušnění mouky je důležité pro řádný vývoj struktury těsta (Kadlec a kol., 2009).

2.6.2 Zrání, kynutí, dělení a tvarování těsta

Zrání probíhá ihned po vyhnětení po dosti dlouhou dobu. Při malokapacitní výrobě se ponechává zrát v dížích, které se přemisťují do zracích boxů. Na kontinuálních linkách probíhá na průběžných pasech umístěných v nadhlaví, kde je vyšší teplota (Drdák a kol., 1996).

Po vyzrání je těsto děleno na klonky o takovém objemu, který dá po upečení požadovanou hmotnost výrobku. Dělení je objemové, při přetržité výrobě tak, že se silný plát těsta rovnoměrně rozprostře na plotnu kruhové formy a raznicí s noži rozřeže na jednotlivé klonky. Na kontinuálních linkách jsou průběžné děličky. Moderní pracují na principu pístu ve válci, do kterého je těsto současně nasáváno a natlačeno protiválcem nebo pístem (Kadlec a kol., 2009).

2.6.3 Pečení, chlazení a expedice

V malovýrobních podnicích se obvykle peče na plechách na vozících, které se převezou z kynárny do pece. Ve velkých průmyslových pekárnách jsou obvykle průběžné pásové pece, kde jsou na jedné straně sázeny těstové kusy, na druhém konci vypadávají upečené výrobky. V posledních letech se značně rozšiřují etážové pece s několika patry nad sebou. Pečení je z mnoha stránek jedním z nejvýznamnějších procesů v pekárně. Je také energeticky nejnáročnějším procesem, proto ekonomika provozu na něm do značné míry závisí (Čepička, 1995).

K vytvoření kůrky jsou dány předpoklady hned na začátku pečení tím, že se povrch těsta zavlažuje vodním sprejem. Kromě toho se na začátku pečení prostor zapařuje přímým prouděním páry (Szemes a Karovič, 1991).

Pečení má několik fází. Na počátku probíhá tzv. zapékání při nejvyšší teplotě (chléb 230-280 °C). Po určité době se teplota postupně snižuje a závěrečná část, tzv. vypékání, probíhá obvykle při teplotách kolem 200 °C. Tento průběh se nazývá pečnou křivkou. Některé pekárny používají pro drobné pečivo opačné křivky s nejnižší teplotou na začátku. Teplota uprostřed střídy nedosáhne ani na konci pečení plných 100 °C a obvykle se pohybuje nad 95 °C (Kadlec a kol., 2009).

Podle Kadlece a kol. (2009) může být struktura a i chuť výrobku poškozena nesprávnou manipulací při chladnutí výrobku. V našich podmínkách se obvykle nechávají volně chladnout na vozících. Z kontinuálních pecí jsou většinou ručně překládány na policové vozíky k vychladnutí. Dosud nejlepším řešením chlazení je umístění výrobků na spirálový dopravník v odděleném prostoru.

Po zchladnutí je chleba expedován konzumentovi (Drdák, 1996).

3 MATERIÁL A METODIKA

3.1 Výběr stravovacích zařízení

Stravovací zařízení byla do práce zahrnuta v rámci metodiky projektu SUKI. V souladu s programem evropské územní spolupráce byly do projektu zapojeny jídelny všech partnerských příhraničních regionů. Na rakouské straně to byly regiony Dolní Rakousko, Horní Rakousko a Vídeň a na české straně kraj Vysočina, Jihočeský kraj a kraj Jihomoravský.

V České republice bylo vybráno 5 stravovacích zařízení.

Jihočeský kraj

- Menza JCU v Českých Budějovicích
- Základní a mateřská škola Sezimovo Ústí 1

kraj Vysočina

- Stravovací zařízení Střední odborné školy obchodu a služeb v Jihlavě, Karolíny Světlé 2
- Stravovací zařízení Střední odborné školy obchodu a služeb v Jihlavě, Na Stoupách

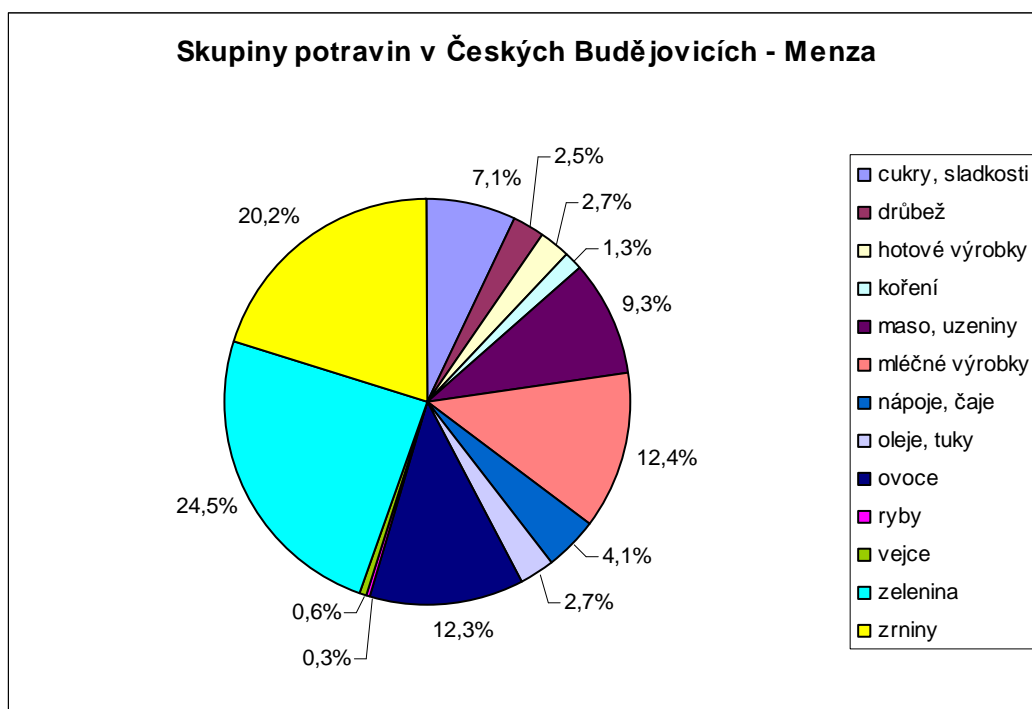
Jihomoravský kraj

- Základní škola, Herčíkova 19, Brno

3.2 Výběr potravin

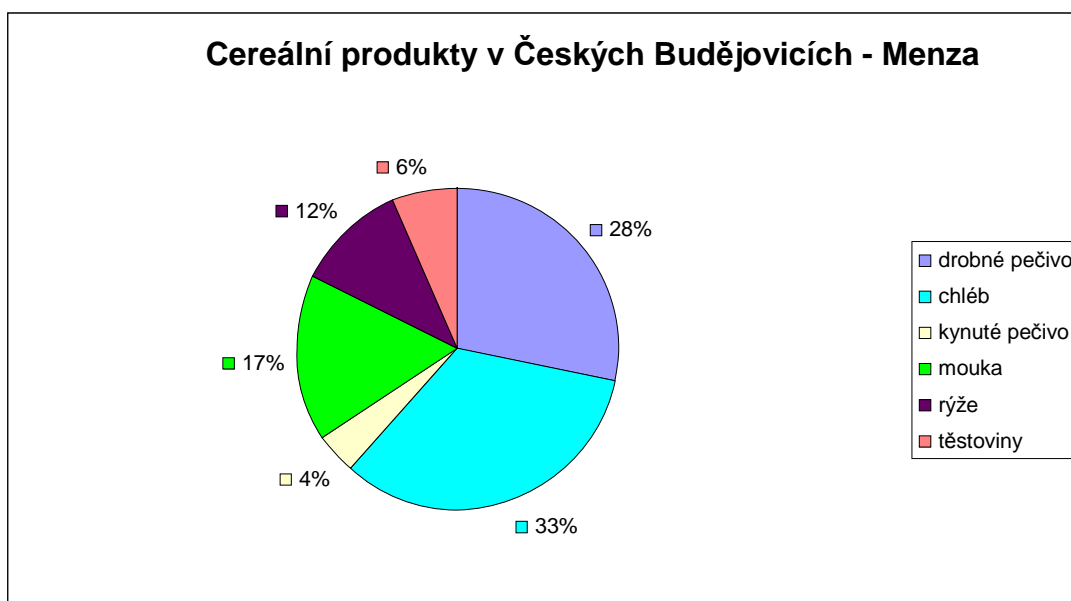
Stravovací zařízení poskytla informace o veškeré spotřebě surovin v podniku. Suroviny byly rozděleny dle množství zastoupení (spotřeba minimálně 85 % celkové spotřeby potravinových surovin) do 13 skupin, mezi kterými se vyskytovala i zvolená kategorie „zrniny“. Zastoupení jednotlivých skupin v největším stravovacím zařízení je vidět na grafu č. 1.

Graf č. 1: Poměr skupin v Menze České Budějovice



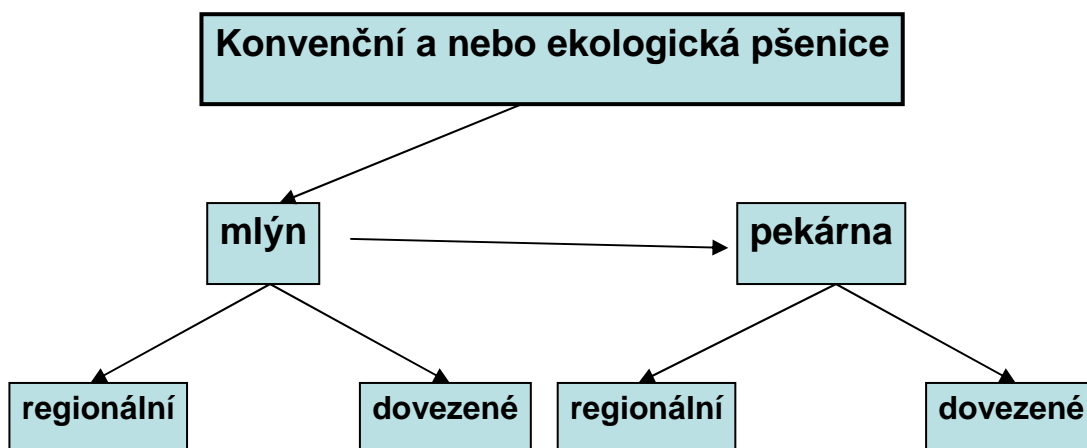
Největší zastoupení mezi zrninami má 6 cereálních produktů, které jsou vidět na grafu č. 2. Tato práce byla zaměřena na chléb a mouku, které budou dále podrobně rozebrány a bude zjištěn jejich dopad na životní prostředí.

Graf č. 2: Cereální produkty v Českých Budějovicích



Primární zemědělské produkty a výrobky z nich dělíme podle produkčního systému ve kterém byly vyprodukovány na ekologické a konvenční a dle místa původu a užití na regionální a dovezené. Dělení výrobků je graficky znázorněno na obrázku č. 5.

Obrázek č. 5: Grafické znázornění dělení výrobků



3.3 Studie LCA – zrniny

Tato práce není komplexní studií LCA, zabývá se pouze jednou kategorií – změnou klimatu, vlivem skleníkových plynů, které se přepočítávají na kilogram ekvivalentu oxidu uhličitého. Autor si je vědom jistého zjednodušení.

3.3.1 První fáze LCA - stanovení cílů a rozsahu

Účel a cíl studie

Tato studie je zpracována pro posuzování, zda se z environmentálního hlediska vyplatí používat ve stravovacích zařízeních konvenčně a nebo ekologicky vypěstované zrniny, které mohou být regionální a nebo importované.

Cílová skupina byla rozdělena na primární a sekundární. Do primární skupiny byli zařazeni vedoucí kuchyní zúčastněných a ostatních stravovacích zařízení, k sekundární skupině se řadí zemědělci, obchodníci a konzumenti ve stravovacích zařízeních a veřejnost.

Účelem studie je zpřístupnění informací o možnosti volby potravin a jeho vlivu na životní prostředí, co největšímu počtu lidí takovým způsobem, aby pak sami mohli kvalifikovaně rozhodnout, které potraviny chtějí konzumovat.

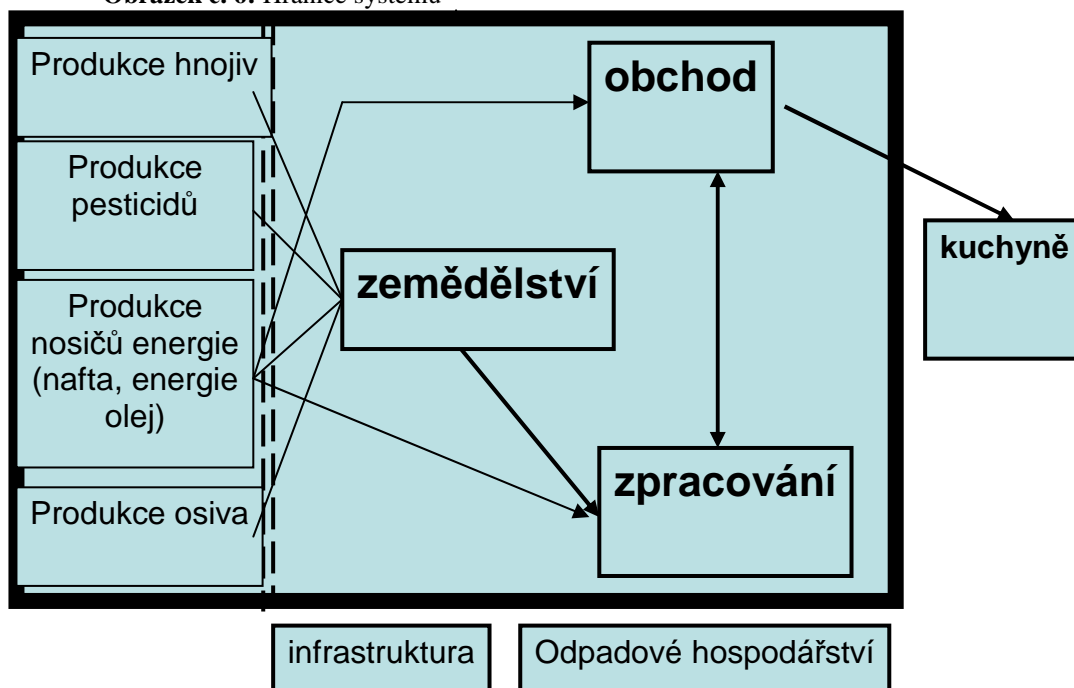
Funkční jednotka

Za funkční jednotku byl zvolen 1 kg produktu tedy mouky, chleba nebo pšenice.

Hranice systému

Ve studii byly uvažovány tři systémové procesy (zemědělství, zpracování, transport), pro které byla dotazníkovým šetřením získána primární data. V případě, že nebyly údaje poskytnuty respondenty, byla využita data z odborné literatury. Celý systém je zobrazen na obrázku č. 6. Produkce osiva, pesticidů, minerálních hnojiv a nosičů energie je zahrnuta mezi předřazené procesy. Hodnoty o předřazených procesech byly získány z dostupných databází. Procesy infrastruktury a odpadového hospodářství byly z této studie vyloučeny.

Obrázek č. 6: Hranice systému



Kvalita dat

Geografický rozsah: Primární údaje se týkají České republiky, sekundární data byla získána z evropských databází.

Časový horizont: Primární údaje byly zjištěny v letech 2009 – 2011 a sekundární data v letech 2001 - 2011.

Technologický rozsah: Byly vybírány takové údaje, které svým charakterem odpovídají průměru.

3.3.2 Druhá fáze LCA – inventarizační analýza

Sběr dat

V této práci byla použita data týkající se všech vstupů a výstupů z životního cyklu produktu.

Primární data

Pro sběr primárních dat bylo využito dotazníkové šetření. Vznikly tři typy dotazníků, které byly odeslány zemědělcům, zpracovatelům a obchodníkům vybraných stravovacích zařízení. Většina respondentů odmítla spolupracovat, proto byly dotazníky poslány i respondentům, kteří produkují, zpracovávají nebo dodávají zrniny do jiných stravovacích zařízení.

K získání dat pomohl i spolek poradců pro ekologické zemědělství (EPOS) sídlící v Brně.

Sekundární data

Vzhledem k získání malého počtu dotazníků, byly dotazníky porovnávány s daty v odborné literatuře. Zdrojem sekundárních dat byly normativy zemědělských výrobních technologií, metodiky pěstitelských a zpracovatelských technologií, odborná literatura, konzultace s odborníky a systémové databáze.

Popis vstupů a výstupů

Do výpočtu byla zahrnuta data z předřazených procesů, mezi které patří produkce osiva, minerálních hnojiv, pesticidů a nosičů energie. Tyto informace nebyly získávány sběrem primárních dat, ale byla využita databáze Ecoinvent.

Data týkající se systémových procesů (zemědělství, zpracování, obchod) byla získávána pomocí dotazníkového šetření, interview, případně byla doplněna z odborné literatury. Dotazníky, které byly odlišné pro ekologické a konvenční systémy, byly vytvořeny ve spolupráci s rakouskými kolegy, kteří se také podílejí na mezinárodním projektu SUKI.

Zemědělství

Otázky byly zaměřeny na tři části (operace na poli, zemědělské vstupy a emise vzniklé z aplikace hnojiv). Mezi polní operace jsou řazeny všechny operace, které jsou spojené s pojezdem po poli. Z normativů zemědělské výroby, dle Kavky (2006), byla zjištěna spotřeba paliv pro danou operaci na hektar. Dotazníky a rozhovory podaly informaci, kolikrát se daná operace provádí za jeden vegetační cyklus. Pomocí těchto informací a hodnot získaných z databáze Ecoinvent, byl v programu MS Excel vypočten dle výpočtu 1 a 2 počet kg ekvivalentu oxidu uhličitého na kilogram pšenice (kg eq. CO₂ na 1 kg pšenice). Výpočty jsou uvedeny níže.

Zemědělské vstupy tvoří jak organická tak minerální hnojiva, prostředky na ochranu rostlin a osivo. Z odborné literatury byla zjištěna spotřeba těchto přípravků na hektar a společně s hodnotami z databáze Ecoinvent, bylo vypočteno z výpočtů 3, 4 a 5 množství kg eq. CO₂ na 1 kg pšenice.

Při aplikaci minerálních a dusíkatých hnojiv se uvolňují přímé a nepřímé emise N₂O. Tyto emise byly spočítány výpočtem č. 6 dle metodiky IPPC (De Klein, 2006), doplněné o český národní report k inventarizaci skleníkových plynů, sekce zemědělství (Anonym 2, 2009). Tato metodika je popsána v tabulce č. 7, parametry nutné k výpočtu jsou uvedeny v tabulce č. 6. Emise vzniklé z aplikace pesticidů na pole jsou zanedbatelné a nebylo s nimi v procesu počítáno.

Bylo využito těchto výpočtů:

- 1. CO₂ eq. (agrotechnické operace) = $(DI * (ev(DI) + es(DI)) / V$,**
kde DI je spotřeba pohonných hmot v kg na ha, $ev(DI)$ emise eq. CO₂ z výroby 1 kg pohonných hmot, $es(DI)$ emise eq. CO₂ ze spálení 1 kg pohonných hmot a V je hektarový výnos
- 2. CO₂ eq. (agrotechnické operace) = $(E * ev(E)) / V$,**
kde E je množství el. energie na ha, $ev(E)$ emise eq. CO₂ z výroby 1 kWh a V je hektarový výnos
- 3. CO₂ eq. (hnojiva) = $(H * ev(H)) / V$,**
kde H je množství daného hnojiva na ha, $ev(H)$ emise eq. CO₂ z výroby 1 kg daného hnojiva a V je hektarový výnos
- 4. CO₂ eq. (pesticidy) = $(P * ev(P)) / V$,**
kde P je množství daných pesticidů na ha, $ev(P)$ emise eq. CO₂ z výroby 1 kg daného pesticidu a V je hektarový výnos
- 5. CO₂ eq. (osivo) = $(O * ev(O)) / V$,**
kde O je množství osiva na ha, $ev(O)$ emise eq. CO₂ z výroby 1 kg osiva a V je hektarový výnos
- 6. CO₂ eq. (polní emise) = $(N_2O * GWP(N_2O)) / V$,**
kde N_2O je množství oxidu dusného z ha (vypočítané dle metodiky IPPC) na ha, $GWP(N_2O)$ global warming potential pro N₂O a V je hektarový výnos

Tabulka č. 6: Parametry použité při výpočtu (zdroj: Exnerová, 2009)

parametr	použitá hodnota	zdroj
EF1	0,0125	český národní report
EF4	0,01	český národní report
EF5	0,025	český národní report
FracGASF	0,1	český národní report
FracGASM	0,2	český národní report
FracLEACH	0,3	český národní report

Tabulka č. 7: Emise oxidu dusného (zdroj: De Klein, 2006)

3.3.2.1.1.1.1 celkové emise oxidu dusného	
$N_2O = N_2O_{DIRECT} + N_2O_{INDIRECT}$	
$N_2O_{PŘÍMÉ}$ roční přímé emise z obdělávané půdy (kg N/ha) $N_2O_{NEPŘÍMÉ}$ roční nepřímé emise z obdělávané půdy (kg N/ha)	
přímé emise oxidu dusného	
$N_2O - N_{DIRECT} = (F_{SN} + F_{ON}) * EF_1$ $N_2O_{DIRECT} = N_2O - N_{DIRECT} * (44/28)$	
F_{SN} roční dávka syntetických hnojiv (kg N/ha) F_{ON} roční dávka organických hnojiv (kg N/ha) EF_1 emisní faktor pro emise oxidu dusného (kg $N_2O - N$)	
syntetická hnojiva	organická hnojiva
$F_{SN} = N_{FERT} * (1 - Frac_{GASF})$	$F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA}$
N_{FERT} : roční množství aplikovaného hnojiva (kg N/ha) $Frac_{GASF}$: frakce dusíkatých ztrát přes NH_3 a NO_x	F_{AM} : roční množství aplikovaného (kg N/ ha) F_{SEW} : roční množství aplikovaného živočišného odpadu (kg N/ ha) F_{COMP} : roční množství aplikovaného kompostu(kg N/ ha) F_{OOA} : roční množství jiného aplikovaného organického hnojiva(kg N/ ha)
nepřímé emise oxidu dusného	
$N_2O - N_{INDIRECT} = N_2O_{(G)} + N_2O_{(L)}$ $N_2O_{INDIRECT} = N_2O - N_{INDIRECT} * (44/28)$	
$N_2O_{(G)}$ emise z atmosférické depozice NH_3 a NO_x (kg N/rok) $N_2O_{(L)}$ emise způsobené průsakem a splachem N (kg N/rok)	
atmosférická depozice	průsak a splach
$N_2O_{(G)} = [(F_{SN} * Frac_{GASF}) + (F_{ON}) * Frac_{GASM}] * EF_4$	$N_2O_{(L)} = (F_{SN} + F_{ON}) * Frac_{LEACH} * EF_5$
$Frac_{GASF}$: Frakce syntetického N, který volatilizuje jako NH_3 and NO_x , kg $NH_3 - N$ a NO_x $Frac_{GASM}$: frakce organického N, který volatilizuje jako NH_3 a NO_x , EF_4 : emisní faktor pro N-volatilizaci	$Frac_{LEACH}$: Frakce dusíkových ztrát skrz průsak a splach EF_5 : emisní faktor pro průsak a splach

Zpracování

Ze zpracovatelského dotazníku bylo vyčteno, jaká je spotřeba elektrické energie v dílčích procesech. Tyto údaje byly přepočteny na spotřebu energie na kg výrobku a společně s daty z databáze byly v MS Excel vzorečkem č. 7 vypočteny emise CO₂ při jednotlivých zpracovatelských procesech.

Bylo využito těchto výpočtů:

7. CO₂ eq. (zpracování) = $E * ev(E)$

kde E je množství el. energie na kg produktu, $ev(E)$ emise CO₂ eqv. z výroby 1 kWh

Obchod

Typ auta, množství přepravovaného nákladu, spotřeba pohonných hmot a vzdálenost přepravy byla zjištěna z dotazníků. V MS Excel s pomocí údajů z databáze bylo spočítáno dle výpočtu č. 8 množství kg eq. CO₂ na kg produktu.

Bylo využito těchto výpočtů:

8. CO₂ eqv. (transport) = $(DI * T/100 * (ev(DI) + es(DI)) / N$,

kde DI je spotřeba pohonných hmot v kg na 100 km, T je počet transportovaných km, $ev(DI)$ emise CO₂ eqv. z výroby 1 kg pohonných hmot, $es(DI)$ emise CO₂ eqv. ze spalení 1 kg pohonných hmot a N je náklad

3.3.3 Třetí fáze LCA – hodnocení dopadu životního cyklu

Posuzování dopadu bylo provedeno metodou ReCiPe 2008 v programu SimaPro. Metoda ReCiPe byla naposledy aktualizována v lednu 2010 a momentálně disponuje nejnovějšími zveřejněnými údaji o potenciálech skleníkových plynů. Cílem metody je transformovat dlouhý seznam výsledků inventarizace životního cyklu do omezeného počtu ukazatelů. Tyto ukazatele vyjadřují relativní závažnost vlivu kategorie na životní prostředí.

Za ekvivalentní jednotku, ze které se přepočítávají výsledky inventarizační analýzy byl zvolen ekvivalent kilogramu oxidu uhličitého (kg CO₂ – eq.).

Midpoints jsou indikátory účinnosti, které rozlišují mezi emisemi škodlivin a vlastním poškozením, např. potenciál skleníkových plynů, okyselení a tvorba ozónu. Endpoints nebo také „kategorie škod“ se vztahují přímo na škody, např. poškození

lidského zdraví, ekologických systémů nebo zdrojů. Spojení obou rovin do jedné metody pak vytváří solidní základ pro provedení ekologické bilance.

3.3.4 Čtvrtá fáze LCA – interpretace životního cyklu produktu

Prezentace výsledků studie LCA je popsána v kapitole výsledky.

3.4 Přepočet

Na výrobu 1 kg mouky je potřeba 1,1 kg pšenice, je tedy nutné tento údaj zahrnout do výpočtu. K upečení 1 kg chleba, je potřeba 460 g pšeničné mouky a 230 g žitné mouky. Předpokládalo se, že emise z žitné mouky jsou totožné jako emise z mouky pšeničné, proto se obě mouky sečetly a dále se počítalo jen s 690 g pšeničné mouky.

4 VÝSLEDKY

4.1 Vstupní data

Vstupní data byla zjištěna na základě dotazníkového šetření, literatury a konzultací s odborníky. Veškerá vstupní data odpovídají průměru pro Českou republiku a jsou uvedena v příloze č. 1 pro konvenční systém a v příloze č. 2 pro systém ekologický.

Pro výpočty, byl použit průměrný konvenční výnos, který dle dotazníkového šetření stejně jako expertní odhad (ústní sdělení) dle Moudrého (2010) činil 4 600 kg/ha a v ekologickém zemědělství byl stanoven výnos na základě odborné literatury dle Konvaliny (2008a) a expertního odhadu na 3 000 kg/ha (ústní sdělení) (Moudrý, 2010).

Zemědělské vstupy v kg/ha, počet agrotechnických operací a spotřeba paliva v l/ha byly zjištěny z odborné literatury.

Při zpracování mouky a chleba bylo zjištěno z dotazníkového šetření množství zpracovaného produktu v kg a spotřeba elektrické energie v kWh.

Transport byl rozdělen na 4 podkategorie: transport z farmy do mlýna, transport z mlýna do jídelny, transport z mlýna do pekárny a transport z pekárny do jídelny. Průměrná transportní vzdálenost pšenice z farmy do mlýna a mouky z mlýna do pekárny činí v českých podmínkách 50 km. Pšenice a mouka se vozí nákladními auty, kde průměrný náklad je 10 t a spotřeba paliva činí dle Kloidy (2010) 22 l/100km. Transport z mlýna a pekárny do jídelny byl rozdělen na transport regionální a transport importovaný. Mezi regionální transport byla zařazena vzdálenost 50 a 100 km od mlýna nebo pekárny a mezi importovaný transport byla zařazena vzdálenost 200 a 400 km od mlýna nebo pekárny. Množství nákladu v kg a spotřeba paliva v l/100 km byla vyčteny z dotazníkového šetření.

4.2 Výstupní data

Z výpočtů, které jsou uvedené v metodice, byly vypočteny výsledky, které jsou zpracovány v následujících tabulkách a grafech.

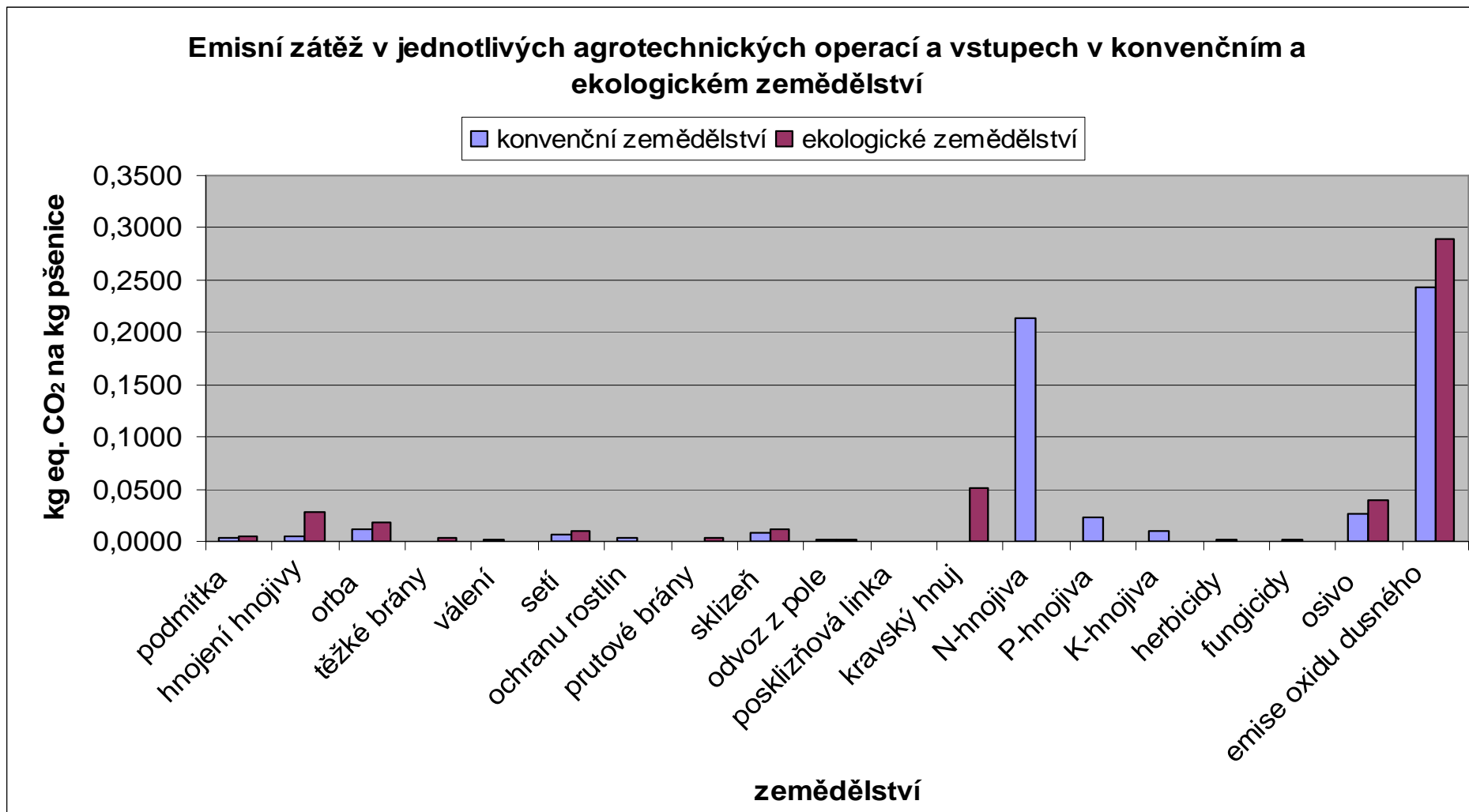
ZEMĚDĚLSTVÍ:

Tabulka č. 8: Emisní zátěž v jednotlivých agrotechnických operacích a vstupech na 1 kg pšenice v konvenčním a ekologickém zemědělství

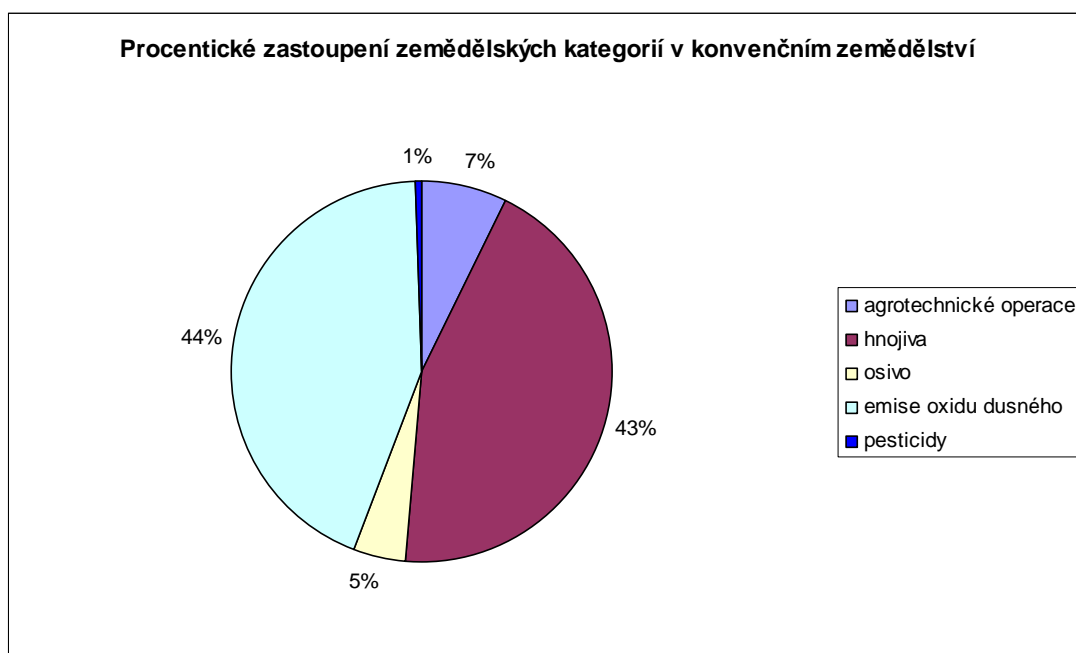
ZEMĚDĚLSTVÍ	kg eq. CO ₂ na 1 kg pšenice	
	konvenční zemědělství	ekologické zemědělství
podmítka	0,0037	0,0057
hnojení hnojivy	0,0047	0,0281
orba	0,0115	0,0176
těžké brány	0	0,0035
válení	0,0023	0
setí	0,0066	0,0100
ochrana rostlin	0,0026	0
prutové brány	0	0,0040
sklizeň	0,0079	0,0121
odvoz z pole	0,0016	0,0024
posklizňová linka	0,0003	0,0003
kravský hnůj	0	0,0511
N-hnojiva	0,2129	0
P-hnojiva	0,0227	0
K-hnojiva	0,0095	0
herbicidy	0,0012	0
fungicidy	0,0022	0
osivo	0,0255	0,0391
emise N ₂ O	0,2431	0,2885
celkem	0,5581	0,4624

Celková emisní zátěž ze zemědělství v konvenčním i ekologickém hospodaření je vidět v tabulce č. 8. V konvenčním hospodaření je větší emisní zátěž než v ekologickém zemědělství. Emise v jednotlivých agrotechnických operacích a zemědělských vstupech jsou popsány v tabulce č. 8 a rozdíly mezi jednotlivými operacemi a vstupy znázorňuje graf č. 3. Největší emisní zátěž je z emisí N₂O, hnojiv a osiva. Proces zemědělství byl rozdělen do 5 kategorií: hnojiva, osivo, agrotechnické operace, pesticidy a emise N₂O. Procentické zastoupení těchto kategorií je vidět na grafu č. 4 pro konvenční zemědělství a na grafu č. 5 pro ekologické zemědělství.

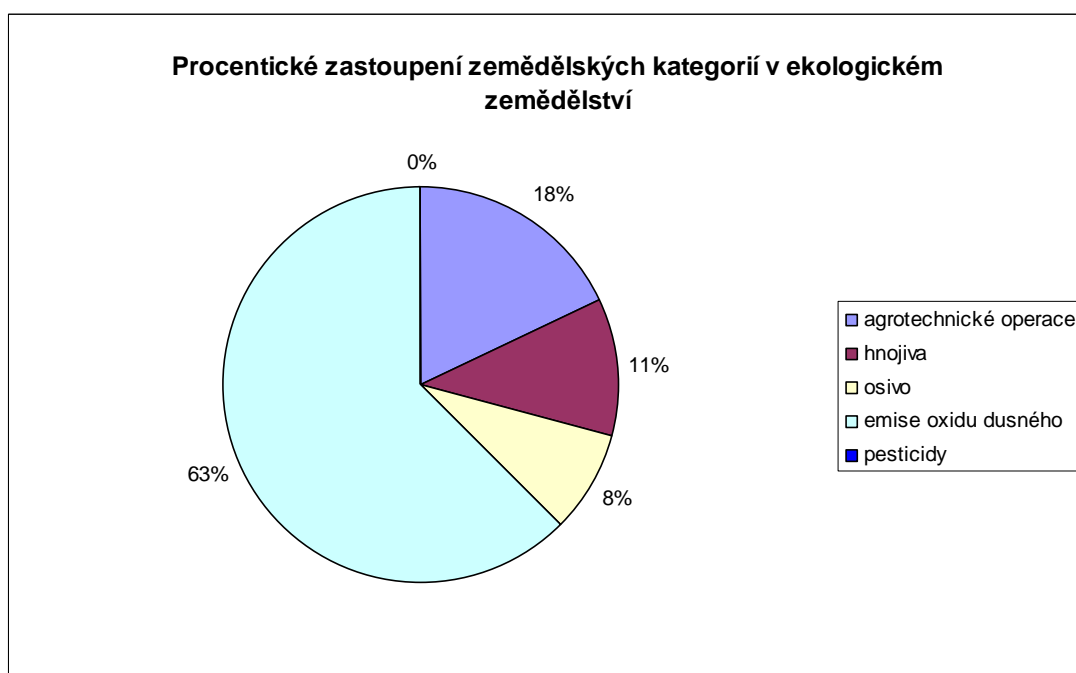
Graf č. 3: Emisní zátěž v jednotlivých agrotechnických operacích a zemědělských vstupech na 1 kg pšenice v konvenčním a ekologickém zemědělství



Graf č. 4: Procentické zastoupení zemědělských kategorií v konvenčním hospodaření



Graf č. 5: Procentické zastoupení zemědělských kategorií v ekologickém hospodaření



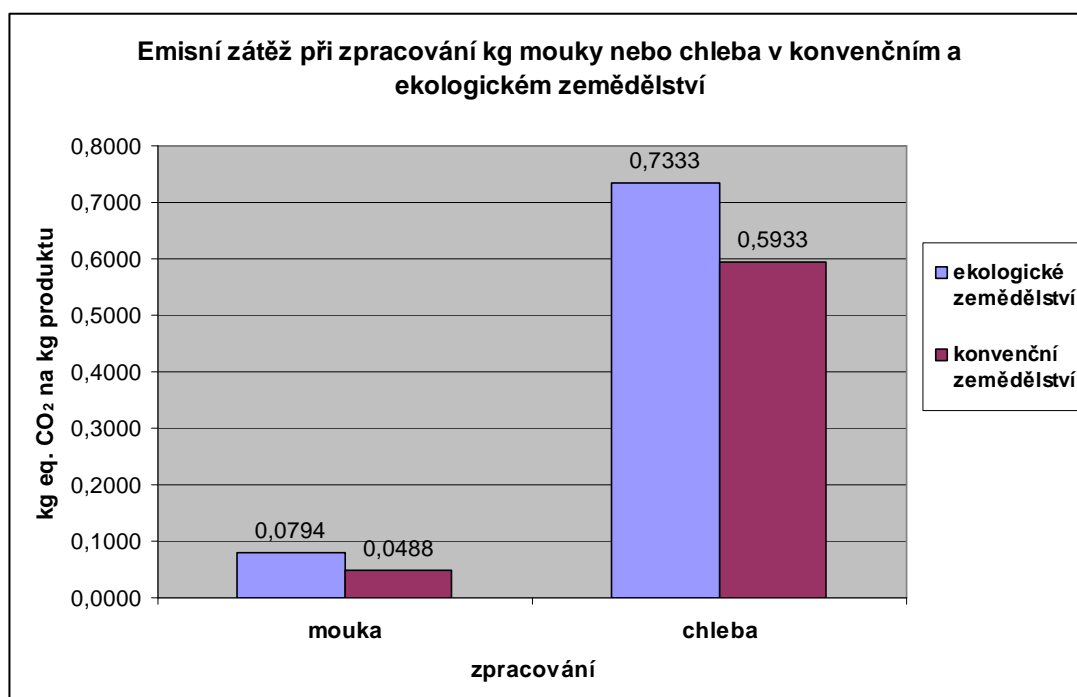
ZPRACOVÁNÍ:

Z tabulky č. 9 a grafu č. 6 vyplývá, že v ekologickém mlýně a v ekologické pekárně se spotřebuje více elektrického proudu než v konvenčním mlýně a pekárně.

Tabulka č. 9: Spotřeba kg eq. CO₂ při zpracování kg mouky nebo chleba v konvenčním a ekologickém zemědělství

ZPRACOVÁNÍ	kg eq. CO ₂ na 1 kg produktu
zpracování konvenční mouky	0,0488
zpracování ekologické mouky	0,0794
zpracování konvenčního chleba	0,5933
zpracování ekologického chleba	0,7333

Graf č. 6: Emisní zátěž při zpracování kg mouky nebo chleba v konvenčním a ekologickém zemědělství



TRANSPORT:

Transport mouky a chleba do jídelny rozdělujeme na regionální a importovaný. Do regionálního transportu zařazujeme vzdálenost jídelny 50 km a 100 km a do importovaného transportu řadíme jídelny vzdálené 200 a 400 km. V tabulce č. 10 je patrné, že čím větší je přepravovaná vzdálenost mezi mlýnem nebo pekárnou a jídelnou, tím větší je emisní zátěž.

Tabulka č. 10: Emise CO₂ při transportu kg produktu

TRANSPORT	kg eq. CO₂ na 1 kg produktu
transport z farmy do mlýna 50 km	0,0034
transport z mlýna do jídelny 50 km	0,0137
transport z mlýna do jídelny 100 km	0,0274
transport z mlýna do jídelny 200 km	0,0547
transport z mlýna do jídelny 400 km	0,1094
transport z mlýna do pekárny 50 km	0,0034
transport z pekárny do jídelny 50 km	0,0137
transport z pekárny do jídelny 100 km	0,0274
transport z pekárny do jídelny 200 km	0,0547
transport z pekárny do jídelny 400 km	0,1094

4.2.1 Mouka

Výsledky zemědělství, transportu a zpracování byly přepočteny dle přepočtu uvedeného v metodice. Emise eq. CO₂ na výrobu 1 kg konvenční a ekologické mouky jsou uvedeny v tabulce č. 11. Emisní zátěž je větší při výrobě konvenční mouky.

V tabulce č. 12 a na grafu č. 7 je uveden vliv transportu na celkovém zvýšení emisní zátěže. Největší vliv na zvýšení emisní zátěže je patrný na nadregionálním transportu (importované suroviny), především na transportu, který je od mlýna do jídelny vzdálen 400 km.

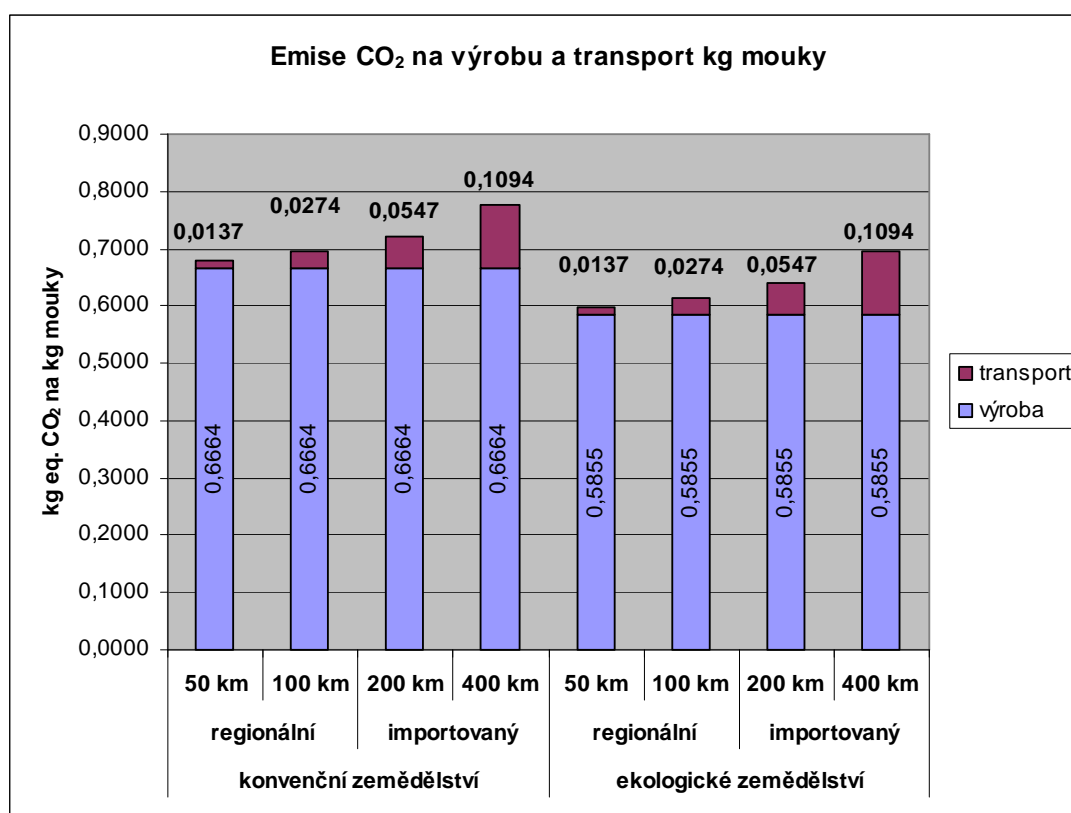
Tabulka č. 11: Výpočet emisí CO₂ na výrobu kg konvenční a ekologické mouky

části výpočtu	konvenční zemědělství	ekologické zemědělství
	kg eq. CO₂ na 1 kg mouky	kg eq. CO₂ na 1 kg mouky
zemědělství (přepočet na 1,1 kg)	0,6139	0,5023
transport z farmy do mlýna 50 km (přepočet na 1,1 kg)	0,0037	0,0037
zpracování 1 kg mouky	0,0488	0,0794
emise CO₂ na výrobu kg mouky	0,6664	0,5855

Tabulka č. 12: Emise CO₂ na výrobu a transport kg konvenční a ekologické mouky

transport	konvenční zemědělství				ekologické zemědělství			
	regionální		importovaný		regionální		importovaný	
vzdálenost v km	50	100	200	400	50	100	200	400
emise CO ₂ na výrobu kg mouky	0,6664	0,6664	0,6664	0,6664	0,5855	0,5855	0,5855	0,5855
transport	0,0137	0,0274	0,0547	0,1094	0,0137	0,0274	0,0547	0,1094
celkem	0,6801	0,6938	0,7211	0,7758	0,5991	0,6128	0,6402	0,6949

Graf č. 7: Emise CO₂ na výrobu a transport kg konvenční a ekologické mouky

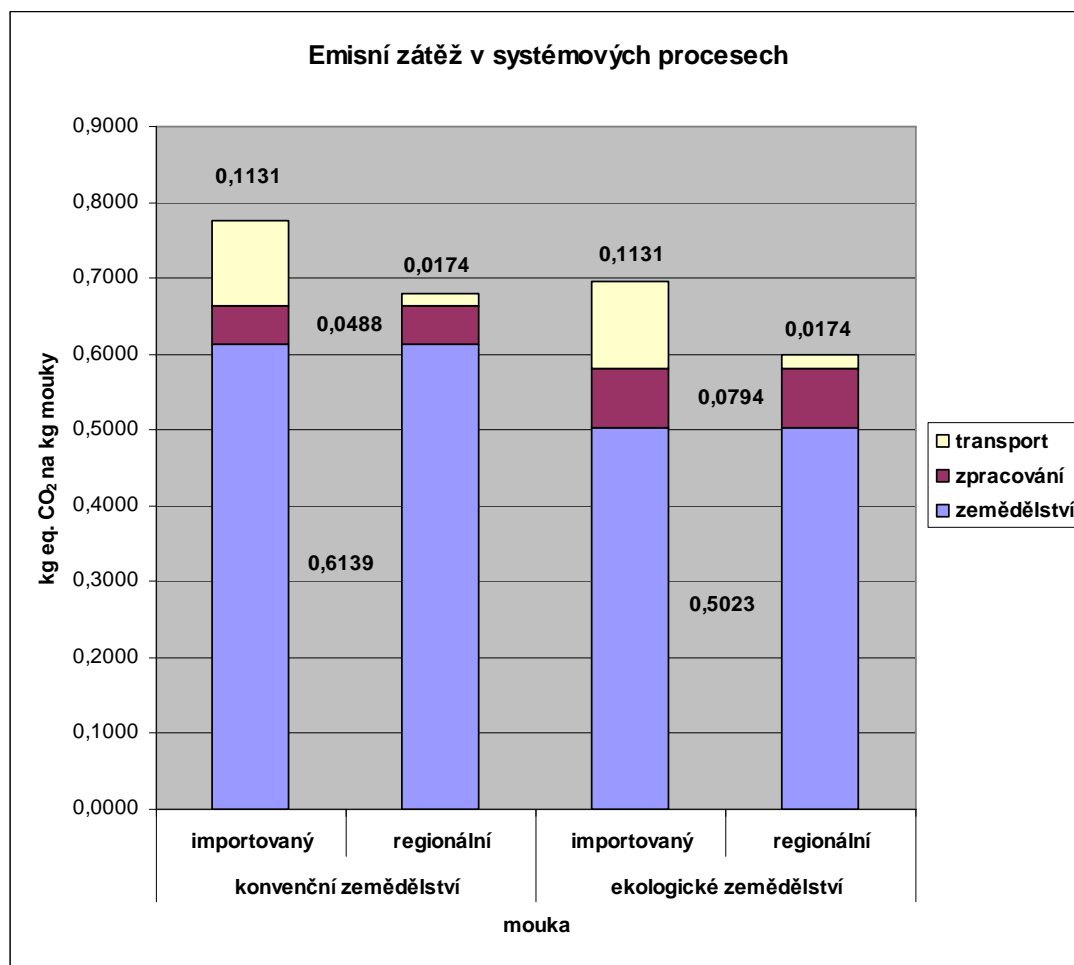


Tabulka č. 13: Emisní zátěž v systémových procesech při výrobě kg regionální nebo importované mouky v ekologickém a konvenčním zemědělství

SYSTÉMOVÉ PROCESY	konvenční zemědělství		ekologické zemědělství	
	importovaný	regionální	importovaný	regionální
zemědělství	0,6139	0,6139	0,5023	0,5023
zpracování	0,0488	0,0488	0,0794	0,0794
transport	0,1131	0,0174	0,1131	0,0174
celkem kg eq. CO₂	0,7758	0,6801	0,6948	0,5991

V tabulce č. 13 je znázorněna emisní zátěž v konvenčním a ekologickém zemědělství pro nadregionální transport od mlýna do jídelny vzdálený 400 km a regionální transport vzdálený od mlýna do jídelny 50 km. Emisní zátěž systémových procesů je vidět na grafu č. 8.

Graf č. 8: Celková emisní zátěž v systémových procesech při výrobě regionální a importované mouky v ekologickém a konvenčním zemědělství



4.2.2 Chleba

Výsledky zemědělství, transportu a zpracování byly přepočteny dle přepočtu uvedeném v metodice. Emise eq. CO₂ na výrobu 1 kg konvenčního a ekologického chleba jsou uvedena v tabulce č. 14. Emisní zátěž je větší při výrobě ekologického chleba.

V tabulce č. 15 a na grafu č. 9 je uveden vliv transportu na celkovém zvýšení emisní zátěže. Největší vliv na zvýšení emisní zátěže je patrný na nadregionálním transportu, především na transportu, který je od pekárny do jídelny vzdálen 400 km.

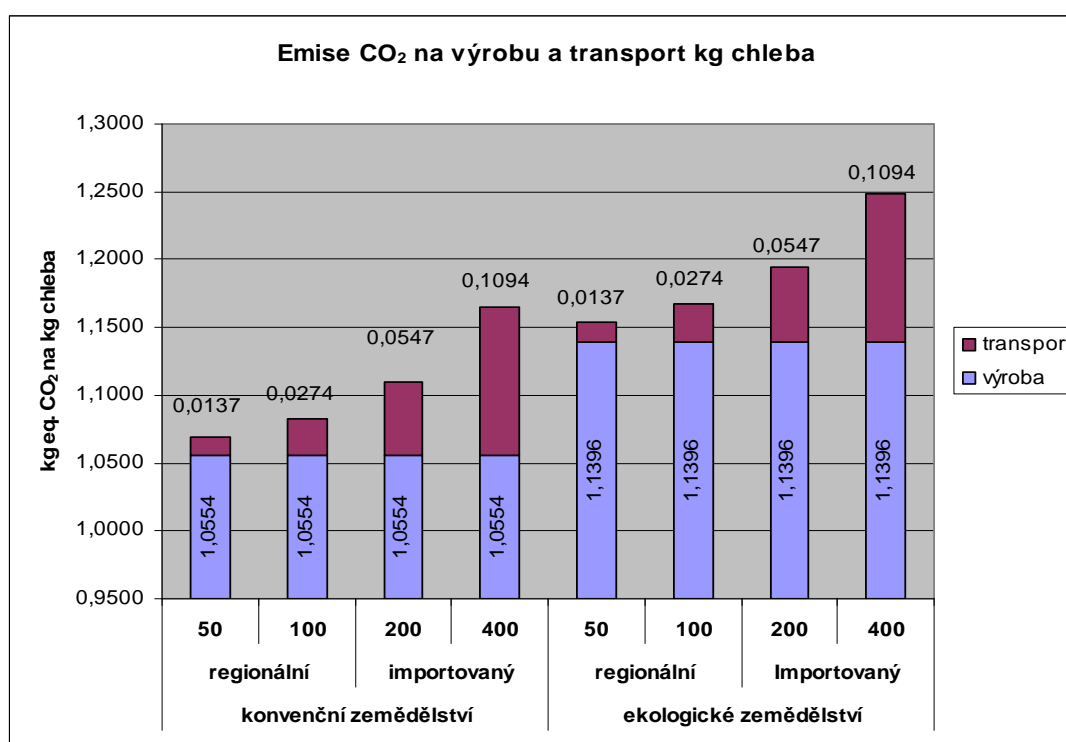
Tabulka č. 14: Výpočet emisí CO₂ na výrobu kg konvenčního a ekologického chleba

části výpočtu	konvenční zemědělství	ekologické zemědělství
	kg eq. CO ₂ na 1 kg chleba	kg eq. CO ₂ na 1 kg chleba
zpracování mouky (přepočet na 0,69 kg mouky)	0,4598	0,4040
transport z mlýna do pekárny 50 km (přepočet na 0,69 kg mouky)	0,0023	0,0023
zpracování chleba	0,5933	0,7333
emise CO₂ na výrobu 1 kg chleba	1,0554	1,1396

Tabulka č. 15: Emise CO₂ na výrobu a transport kg konvenčního a ekologického chleba

transport	konvenční zemědělství				ekologické zemědělství			
	regionální		importovaný		regionální		importovaný	
vzdálenost v km	50	100	200	400	50	100	200	400
emise CO ₂ na výrobu 1 kg chleba	1,0554	1,0554	1,0554	1,0554	1,1396	1,1396	1,1396	1,1396
transport	0,0137	0,0274	0,0547	0,1094	0,0137	0,0274	0,0547	0,1094
celkem	1,0691	1,0828	1,1101	1,1648	1,1533	1,1670	1,1943	1,2490

Graf č. 9: Emisní zátěž na výrobu a transport kg konvenčního chleba

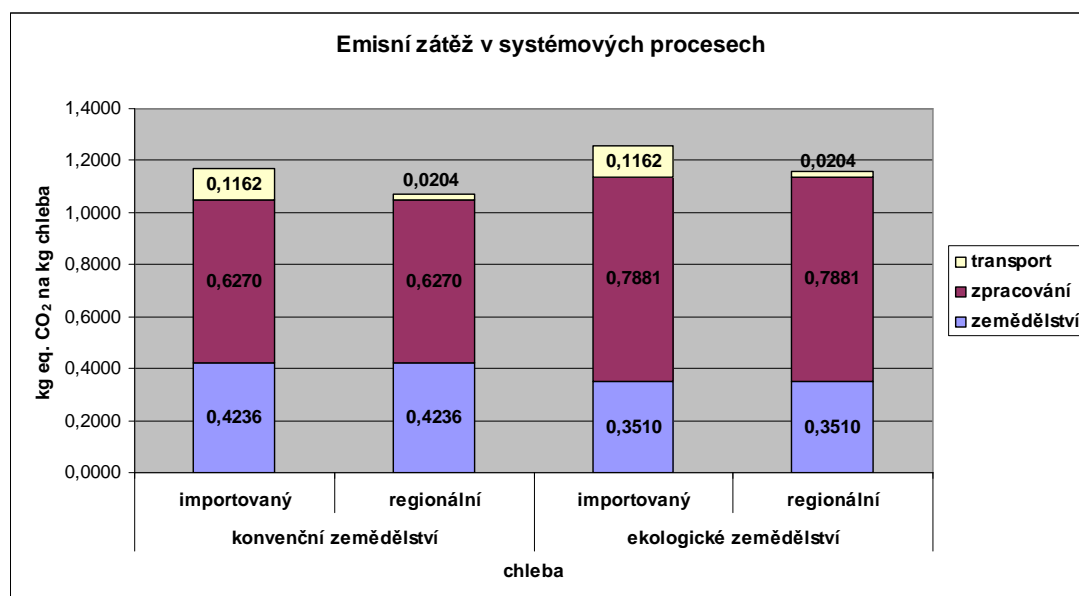


Tabulka č. 16: Emisní zátěž v systémových procesech při výrobě kg regionálního nebo importovaného chleba v ekologickém a konvenčním zemědělství

SYSTÉMOVÉ PROCESY	konvenční zemědělství		ekologické zemědělství	
	importovaný	regionální	importovaný	regionální
zemědělství	0,4236	0,4236	0,3510	0,3510
zpracování	0,6270	0,6270	0,7881	0,7881
transport	0,1162	0,0204	0,1162	0,0204
celkem kg eq. CO₂	1,1668	1,0710	1,2553	1,1595

V tabulce č. 16 je znázorněna emisní zátěž v konvenčním a ekologickém zemědělství pro nadregionální transport, který je od pekárny do jídelny vzdálený 400 km a regionální transport, který je vzdálený 50 km od pekárny. Emisní zátěž systémových procesů je vidět na grafu č. 10.

Graf č. 10: Emisní zátěž v systémových procesech při výrobě regionálního a importovaného chleba v ekologickém a konvenčním zemědělství



5 DISKUSE

Hodnocení environmentálních dopadů produktů se podle Kočího (2009) provádí s ohledem na celý jejich životní cyklus. V této práci se tedy zkoumalo pěstování pšenice v konvenčním a ekologickém systému hospodaření, zpracování mouky a chleba a distribuce těchto produktů do jídelen. Tyto údaje udávají ucelený přehled o environmentální zátěži daných produktů.

V České republice se na celkových emisích skleníkových plynů v roce 2008 podílelo zemědělství 6 % (Anonym1, 2010). Toto číslo ukazuje, jak velký je vliv zemědělství na uvolňování skleníkových plynů a kolik oxidu uhličitého bychom mohli ušetřit v lepším systému hospodaření.

Emise ze zemědělství jsou dle Fotta a kol. (2003) nejvíce uvolňovány z aplikace hnojiv a pesticidů. Z toho lze předpokládat, že emisní zátěž z konvenčního zemědělství je větší než emisní zátěž z ekologického zemědělství, kde se nesmí používat rychle se rozpouštějící minerální hnojiva a pesticidy (Daxbeck a kol., 2008). Tato studie tento předpoklad podporuje, protože dle tabulky č. 8 je patrná větší emisní zátěž z konvenčního zemědělství než ze zemědělství ekologického.

Užívání minerálních a dusíkatých hnojiv způsobuje uvolnění oxidu dusného do atmosféry (Barros, 2006). Nátr (2006) tvrdí, že stejná koncentrace různých skleníkových plynů, má velmi rozdílné důsledky pro zvýšení absorpce dlouhovlnného záření, a tedy že jsou určité skleníkové plyny účinnější než jiné. Kalvová a Moldan (1996) upozorňují nato, že oxid dusný je 298 krát silnější skleníkový plyn než oxid uhličitý. Proto i malá koncentrace tohoto plynu je velmi významná z hlediska skleníkového efektu.

Předpoklad, že se nejvíce emisí v zemědělství uvolní z aplikace hnojiv, se potvrdil. Největší procentické zastoupení emisní zátěže v zemědělství zaujímají hnojiva a emise oxidu dusného. Emise oxidu dusného se uvolňují právě při aplikaci hnojiv a výrazně tak ovlivňují celkové emise CO₂ ze zemědělství. Emise z hnojiv a oxidu dusného v konvenčním zemědělství tvoří 87 % a v ekologickém zemědělství zaujímají 74 %.

Největší rozdíly emisní zátěže mezi jednotlivými systémy hospodaření jsou v zemědělských vstupech – zejména v druzích použitých hnojiv v daném hospodářském systému (viz graf č. 3). V ekologickém zemědělství se používá velké

množství kravského hnoje (Konvalina a Moudrý, 2008). I přesto je ale emisní zátěž kravského hnoje vlivem postupného uvolňování dusíku čtyřikrát menší než u rychle se uvolňujících konvenčních dusíkatých hnojiv.

Kromě emisí z použitých hnojiv vzniká v zemědělství velká emisní zátěž také z aplikovaných pesticidů (Fott a kol., 2003). V případě pesticidů se vysoká emisní zátěž nepotvrdila. Na grafu č. 4 je uvedeno procentické zastoupení zemědělských kategorií. Na pesticidy v konvenčním zemědělství zde připadá 1 % z celkové emisní zátěže, což je zanedbatelné množství.

Produkcí emisí skleníkových plynů při pěstování plodin se zabývala také jedna Japonská studie. Výzkum provedený v severním Japonsku udává, že při pěstování ozimé pšenice se uvolní 0,448 kg eq. CO₂ (Koga a kol., 2006). Japonská studie započítávala emise z agrotechnických operací, hnojiv, pesticidů a emisí N₂O. Stejných výchozích údajů, využila i tato práce. Z této práce vyplývá, že na vypěstování 1 kg pšenice v konvenčním zemědělství se uvolnilo 0,5581 kg eq. CO₂ a v ekologickém zemědělství se uvolnilo 0,4624 kg eq. CO₂. Rozdílnost výsledných hodnot, která není příliš významná, je z největší pravděpodobností způsobena používáním rozdílných agrotechnických postupů v České republice a Japonsku.

Množství a složení potravin ovlivňuje množství skleníkových plynů (Nátr, 2006). Při srovnání emisí CO₂ na výrobu kilogramu konvenční a ekologické mouky, které jsou znázorněny v tabulce č. 11, je patrné, že emisní zátěž při výrobě konvenční mouky je o 12 % větší, než emisní zátěž na výrobu ekologické mouky. V roce 2009 v České republice spotřebovalo 90 kg pšeničné mouky na osobu a rok (Kůst, a kol., 2009). Vzhledem k tomuto faktu lze předpokládat, že emisní zátěž vznikající při výrobě mouky nebude zanedbatelná.

Biomlýny i biopekárny jsou v České republice ve srovnání s konvenčními mlýny a pekárnami zastoupeny v malé míře. Jejich produkce bio mouky a bio pečiva je malá, proto i emisní zátěž z ekologického mlýna a pekárny byla větší než emise vzniklé při zpracování v konvenčním mlýně a pekárně, kde se zpracovává velké množství surovin a produktů.

Při výrobě mouky vzniká v ekologickém zemědělství méně emisí CO₂. Vzhledem k tomuto faktu je z environmentálního hlediska šetrnější spotřebovat ekologickou mouku.

Předpokládalo se, že emisní zátěž při výrobě biochleba bude jako u mouky menší, než u konvenčního chleba. Tento předpoklad se ale nepotvrdil. I přesto, že

emisní zátěž na výrobu kilogramu chleba byla vyrovnanější než u mouky a rozdíl činil pouze 7 %, tak při výrobě ekologického chleba se uvolnilo více emisí CO₂ než při výrobě konvenčního chleba.

Pěstování ekologických obilnin pro výrobu chleba je však pro životní prostředí výrazně méně zatěžující než konvenční systémy. Ze systémových procesů má největší emisní zátěž zpracování. Kdyby se zvýšila kapacita biopekáren, celkové emise CO₂ na výrobu bio chleba by poklesly pod hodnotu konvenčního systému.

Množstvím emisí, které vznikají při výrobě potravin, se zabývali výzkumníci ve Švédsku. Ze švédské studie vyplývá, že na výrobu 1 kg mouky se uvolní více emisí CO₂ (0,99 kg eq. CO₂) než při výrobě 1 kg chleba (0,76 kg eq. CO₂) (Wallén, a kol., 2004). Emisní zátěž z kg konvenční mouky vypočtený v této práci je 0,6664 kg eq. CO₂ a emisní zátěž z kg bio mouky je 0,5855 kg eq. CO₂. V porovnání s výrobou chleba, kde se uvolnilo v konvenčním zemědělství 1,0554 kg eq. CO₂ a v ekologickém zemědělství 1, 1396 kg eq. CO₂, je emisní zátěž při výrobě chleba větší než při výrobě mouky. Švédské výsledky jsou tedy opačné, než výsledky v této práci. Odlišné hodnoty mohou být zapříčiněny rozdílnými zpracovatelskými postupy.

Spalováním ropných produktů se uvolňuje nemalé množství skleníkových plynů (Žalud, 2009). V dnešní době, kdy je lidstvo závislé na automobilové dopravě se každý den do ovzduší uvolní velké množství skleníkových plynů. Není tomu jinak ani při transportu surovin a produktů do jídelen a obchodů. Například, aby mohl být zkonsumován chleba v jídelně, musí se transportovat pšenice do mlýna, mouka z mlýna do pekárny a z pekárny chléb do jídelny. Tyto transporty tak uvolní značné množství emisí CO₂. Emisní zátěž roste při transportu lineárním řadou se vzdáleností přepravy, tzn. čím větší je přepravovaná vzdálenost, tím více skleníkových plynů se uvolní do ovzduší. Záleží na vzdálenosti přepravy – jestli je transport regionální (50 km) a nebo nadregionální (400 km). Rozdíl v transportu mezi regionální a importovanou moukou je téměř sedminásobný a mezi regionálním a dovezeným chlebem je skoro šesti násobný.

Transport závisí také na množství přepravovaného produktu. Pokud bude v modelové situaci dováženo 1 000 kg pšenice na vzdálenost 100 km, vyprodukuje se 0,068 kg eq. CO₂, při transportu 10 000 kg pšenice na vzdálenost 100 km se vyprodukuje 0, 0068 kg eq. CO₂. Z toho vyplývá, že menší emise vzniknou pokud při stejné vzdálenosti povežeme větší náklad.

6 ZÁVĚR

V práci se zkoumalo kolik eq. CO₂ se uvolní při pěstování, zpracování a transportu vybraných produktů.

Konvenčně vypěstovaná pšenice uvolnila do ovzduší 0, 5581 kg eq. CO₂ a ekologicky vypěstovaná pšenice pouze 0, 4624 kg eq. CO₂. Emisní zátěž je tedy u ekologické pšenice nižší než u konvenční, což bylo způsobeno hlavně velkým uvolněním emisí CO₂ z rychle se rozpouštějících, konvenčních dusíkatých hnojiv.

Vlivem menšího množství zpracovávaných výrobků v ekologickém mlýně a v ekologické pekárně je emisní zátěž zpracovávané konvenční mouky a konvenčního chleba menší než při zpracování mouky a chleba v bio kvalitě.

Emisní zátěž na výrobu ekologické mouky je o 12 % (0,5855 kg eq. CO₂) menší než na výrobu konvenční mouky (0,6664 kg eq. CO₂). Vzhledem k tomuto faktu je k životnímu prostředí šetrnější spotřebovat ekologickou mouku.

Při výrobě chleba se v ekologickém systému uvolnilo o 7 % (0,0845 kg eq. CO₂) více emisí CO₂ než v konvenčním systému. Rozdíl způsobený menší kapacitou ekologických pekáren však není tak výrazný.

Ekologické pekárny mají menší kapacitu a tudíž se spotřebuje více energie na jednotku produktu. Pěstování ekologických obilnin pro výrobu chleba je však pro životní prostředí výrazně méně zatěžující než konvenční systémy. V případě, že by se konzumenti zaměřili více na spotřebu biopečiva, mohla by se zvýšit kapacita biopekáren a celkové emise z ekologické produkce chleba by poklesly pod hodnotu konvenčního systému. Přínos pro životní prostředí by byl tedy ještě výraznější.

Nezanedbatelnou roli v produkci emisí hraje transport. Ukázalo se, že při regionálním transportu (vzdálenost 50 km) se uvolnilo 0,0137 kg eq CO₂ na rozdíl od nadregionálního transportu (vzdálenost 400 km), kde se uvolnilo 0,1094 kg eq. CO₂.

Tato práce tedy doporučuje konzumovat regionální produkty, které byly vypěstované v ekologickém zemědělství.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Acot, P. (2005): Historie a změna klimatu. Karolinum Praha, 233 s.

Anonym 1., (2010): Národní inventarizační systém [online]. c2010 [citováno 6.8. 2010]. Dostupný z WWW: <http://old.chmi.cz/cc/nis/nis_uv_cz.html>

Anonym 2 (2009): National Inventory Submissions 2009 [online]. c2011 [citováno 15. 3. 2011]. Dostupný z WWW: <http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4771.php>

Bange, H. W. (2002): Global change – It's not a gas. Nature 408, 301 – 302 s.

Barros, V. (2006): Globální změna klimatu. Mladá fronta, 165 s.

Carlsson-Kanyama, A. (1998): Climate change and dietary choices – how can emissions of greenhouse gases from food consumption be reduced? Food Policy, 277 - 293 s.

Consoli, (1993): Guidelines for life-cycle assessment: 'A Code of Practise', SETAC, Brusel.

Čepička, J., a kol. (1995): Obecná potravinářská technologie, VŠCHT, Praha, 146 s.

ČNI, (2006a). ČSN EN ISO 14 040: Environmentální management – Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova, Český normalizační institut, Praha.

ČNI, (2006b). ČSN EN ISO 14 044: Environmentální management – Posuzování životního cyklu - Požadavky a směrnice, Český normalizační institut, Praha.

Daxbeck, H., a kol. (2008): Čtyři dimenze zdravé výživy (zdraví, ekonomika, ekologie, společnost). Jihočeská univerzita v ČB Zemědělská fakulta, 51 s.

De Klein, C., a kol. (2006): N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions managed from lime and urea applications [online]. c2011 [citováno 15. 3. 2011]. Dostupný z WWW:

<http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf>

Diviš, J., a kol. (2000): Pěstování rostlin. Jihočeská univerzita v ČB Zemědělská fakulta, 258 s.

Dolejší, V. (2010): Posuzování environmentálních dopadů mytí nádobí v automatické myčce a konvenčním způsobem pomocí metody LCA. Diplomová práce. Praha, VŠCHT, fakulta technologie ochrany prostředí, 94 s.

Drdák, M., Studnický, E., a kol. (1996): Základy potravinářských technologií. Malé centrum, Bratislava, 512 s.

Ericsson, L. (2006): Nutrient use efficiency. In: Nandbook cereal variety testing for organic low input agriculture. COST860-SUSVAR, Riso National Laboratory, Denmark, pp. N1 – N8.

Fava, J., Pomper, S. (1997): Life-Cycle Critical Review! Does It Work?, Int. J. LCA, 145-153.

Feldman, M. et al. (1995): Wheats. In: SMART, J., SIMMONDS, N.W. (Eds.), Evolution of Crop Plants, Longman Group Ltd., London, pp. 184 – 192.

Fott, P., Pretel, J., a kol. (2003): Národní zpráva České republiky o inventarizaci emisí skleníkových plynů. ČHMÚ, 97 s.

Fuglestad, J. S., Berntsen, T. K., Godal, O., Sausen, R., Shine, K. P., Skodvin, T. (2003): Metrics of climate change: assessing radiative forcing and emission indices. *Climat. Change* 58, 267 – 331 s.

Häni, F., a kol. (1993): *Obrazový atlas chorob a škůdců polních plodin*. Scientia, Praha, 336 s.

Houghton, J. T., Jenkins, G. J., Ephraums, J. J. (1990): *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, 365 s.

Hrabalová, A., a kol. (2009): *Ročenka ekologické zemědělství v České republice*. Ministerstvo zemědělství, Praha, 44 s.

Judl, J. (2010): *životního cyklu systémů osobní dopravy*. Diplomová práce. Praha, VŠCHT, fakulta technologie ochrany prostředí, 83 s.

Jůzlová, J., a kol. (2004): *Země*. Euromedia Group. Praha, 520 s.

Kadlec, P., Melzoch, K. a kol. (2009): *Co byste měli vědět o výrobě potravin? Technologie potravin*. KEY Publishing s. r. o., Ostrava, 536 s.

Kalvová, J., Moldan, B. (1996): *Klima a jeho změna v důsledku emisí skleníkových plynů*. Karolinum Praha, 161 s.

Kavka, M. (2006): *Normativy zemědělských výrobních technologií: pěstební a chovatelská technologie a normativní kalkulace (práce, materiál, energie, náklady, tržby, příspěvek na úhradu fixních nákladů)*. ÚZPI, Praha, 376 s.

Kočí, V. (2009): *Posuzování životního cyklu – Life cycle assessment LCA*. Ekomonitor spol. s r.o., Chrudim, 263 s.

Kočí, V. (2010): *Příručka základních informací o posuzování životního cyklu LCA*. VŠCHT Praha, 27 s.

Konvalina, P., a kol. (2007): Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství. JCU ZF v Českých Budějovicích, 118 s.

Konvalina, P., Moudrý, J., a kol. (2008a): Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. JCU ZF v Českých Budějovicích, 65 s.

Konvalina, P., Moudrý, J. (2008b): Pěstování pšenice seté v ekologickém zemědělství. JCU ZF v Českých Budějovicích, 28 s.

Krejčířová, L., Capouchová, I., a kol. (2008): Storage protein composition of winter wheat from organic farming. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 39 s.

Kůst, F., Potměšilová, J., a kol. (2009): Situační a výhledová zpráva obiloviny. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 103 s.

Křen, J., a kol. (1998): Metodika pěstování obilnin. ZVÚ Kroměříž, 143 s.

Leggett, J. (1992): Nebezpečí oteplování. Academia Praha, 360 s.

Molnár, I. (1999): Plodoredi u ratarstvu. Novi Sad, 455 s.

Moudrý, J., Konvalina, P., a kol. (2007a): Poradenský list pro ekologické zemědělce – Pšenice setá. JCU ZF v Českých Budějovicích, 8 s.

Moudrý, J., Konvalina, P., a kol. (2007b): Pěstování obilnin v ekologickém zemědělství. JCU ZF v Českých Budějovicích, 117 s.

Moudrý, J., Konvalina, P., a kol. (2007c): Ekologické zemědělství. JCU ZF v Českých Budějovicích, 219 s.

Nátr, L. (2005): Rozvoj trvale neudržitelný. Karolinum Praha, 102 s.

Nátr, L. (2006): Země jako skleník - Proč se bát CO₂. Academia Praha, 143 s.

Nemešová, I., Pretel, J. (1998): Skleníkový efekt a životní prostředí. MZe ve spolupráci s ČHMÚ a ústavem fyziky atmosféry AV ČR, 76 s.

Petr, J., a kol. (1980): Tvorba výnosů hlavních polních plodin. SZN, Praha, 448 s.

Příhoda, J., Humpolíková, P., Novotná, D. (2003): Základy pekárenské technologie. Pekař a cukrář s. r. o., Praha, 363 s.

Příhoda, J., Skřivan, P., Hrušková, M. (2006): Cereální chemie a technologie 1, Cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. VŠCHT v Praze, Praha, 202 s.

Reichholf, J. (1999): Pole a louky. Ikar Praha, 223 s.

Remtová, K. (1996): Trvale udržitelný rozvoj a strategie ochrany životního prostředí. Ministerstvo ŽP ČR Praha, 95 s.

Szemes, V., Katovic, V. (1991): Chlieb náš každodenný. Alfa Bratislava, 199 s.

Tillman, M. A. (1999): Signifikance of decision-making for LCA methodology. Environmental Impact Assessment Review, 113-123 s.

Weinzettel, J. (2008): Posuzování životního cyklu (LCA) a analýza vstupů a výstupů (IOA): vzájemné propojení při získávání nedostupných dat. Disertační práce. Praha, ČVUT, fakulta elektrotechnická, 151 s.

Zídek, T., a kol. (1992): Nechemická ochrana rostlin. Brázda, Praha, 112 s.

Zimolka, J., a kol. (2005): Pšenice pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press, Praha, 180 s.

Žalud, Z. (2009): Změna klimatu a české zemědělství – dopady a adaptace.
Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 270 s.

8 SEZNAM PŘÍLOH

- 1) Tabulka č. 17 vstupní a výstupní data v konvenčním systému hospodaření.
- 2) Tabulka č. 18 vstupní a výstupní data v ekologickém systému hospodaření.

Příloha č. 1: Tabulka č. 17 vstupní a výstupní data v konvenčním systému hospodaření

agrotechnické operace	spotřeba l/ha nafty spotřeba kWh/ha	počet operaci na ha	zdroj	kg eq. CO ₂ na ha	kg eq. CO ₂ na 1 kg pšenice
podmítka	5,7	1	Kavka, 2006	17,2	0,0037
hnojení minerálními hnojivy	2,4	3	Kavka, 2006	21,7	0,0047
orba	17,5	1	Kavka, 2006	52,7	0,0115
válení	3,5	1	Kavka, 2006	10,5	0,0023
setí	10	1	Kavka, 2006	30,1	0,0066
aplikace prostředků na ochranu rostlin	2	2	Kavka, 2006	12,1	0,0026
sklizeň	12	1	Kavka, 2006	36,2	0,0079
odvoz z pole	2,4	1	Kavka, 2006	7,2	0,0016
posklizňová linka	1,38	1	Urban, 2010	1,2	0,0003
zemědělské vstupy	kg/ha	zdroj		kg eq. CO ₂ na ha	kg eq. CO ₂ na 1 kg pšenice
N-hnojiva	120	Moudrý, 2010		979,2	0,2129
P-hnojiva	60	Moudrý, 2010		104,4	0,0227
K-hnojiva	120	Moudrý, 2010		43,7	0,0095
herbicidy	0,6	Diviš, 2010		5,7	0,0012
fungicidy	1	Moudrý, 2010		9,9	0,0022
osivo	220	Moudrý, 2010		117,3	0,0255
emise N ₂ O	3,752383	výpočet dle IPCC,2000 (viz polní emise)		1118,2	0,2431
výroba mouky	množství produktu v kg	spotřeba v kWh	zdroj	kg eq. CO ₂ na množství	kg eq. CO ₂ na 1 kg mouky
zpracování mouky	10 000 000	600 000	Křemýž, 2010	523800,0	0,0524
zpracování mouky	1 000	51,75	mlýn, 2010	45,2	0,0452
průměr zpracování mouky					0,0488
výroba chleba	množství produktu v kg	spotřeba v kWh	zdroj	kg eq. CO ₂ na množství	kg eq. CO ₂ na 1 kg chleba
zpracování chleba	1 828 800	840 000	Penam, 2010	733320,0	0,4010
zpracování chleba	1	0,9	pekárna, 2010	0,8	0,7857
průměr zpracování chleba					0,5933
transport - množství nákladu v kg	vzdálenost v km	spotřeba paliva l/100 km	zdroj	kg eq. CO ₂ na transport	kg eq. CO ₂ na 1 kg produktu
10 000	50	22	Kloida, 2010	33,8	0,0034
1 500	50	13,5	Penam, 2010	20,5	0,0137
1 500	100	13,5	Penam, 2010	41	0,0274
1 500	200	13,5	Penam, 2010	82,1	0,0547
1 500	400	13,5	Penam, 2010	164,1	0,1094

Příloha č. 2: Tabulka č. 18 vstupní a výstupní data v ekologickém systému hospodaření

agrotechnické operace	spotřeba l/ha nafty spotřeba kWh/ha	počet operaci na ha	zdroj	kg eq. CO ₂ na ha	kg eq. CO ₂ na 1 kg pšenice
podmítka	5,7	1	Kavka, 2006	17,2	0,0057
hnojení organickými hnojivy	28	1	Kavka, 2006	84,4	0,0281
orba	17,5	1	Kavka, 2006	52,7	0,0176
těžké brány	3,5	1	Kavka, 2006	10,5	0,0035
setí	10	1	Kavka, 2006	30,1	0,0100
prutové brány	2	2	Kavka, 2006	12,1	0,0040
sklizeň	12	1	Kavka, 2006	36,2	0,0121
odvoz z pole	2,4	1	Kavka, 2006	7,2	0,0024
posklizňová linka	0,9	1	Urban, 2010	0,8	0,0003
zemědělské vstupy	kg/ha	zdroj		kg eq. CO ₂ na ha	kg eq. CO ₂ na 1 kg pšenice
kravský hnůj	20 000	Moudrý, 2010		153,2	0,0511
osivo	220	Moudrý, 2010		117,3	0,0391
emise N ₂ O	2,904	výpočet dle IPPC,2000 (viz polní emise)		865,4	0,2885
výroba mouky	množství produktu v kg	spotřeba v kWh	zdroj	kg eq. CO ₂ na množství	kg eq. CO ₂ na 1 kg mouky
zpracování mouky	1	0,091	PRO - BIO, 2010	0,07944	0,0794
výroba chleba	množství produktu v kg	spotřeba v kWh	zdroj	kg eq. CO ₂ na množství	kg eq. CO ₂ na 1 kg chleba
zpracování chleba	1	0,84	PRO - BIO, 2010	0,73332	0,7333
transport - množství nákladu v kg	vzdálenost v km	spotřeba paliva l/100 km	zdroj	kg eq. CO ₂ na transport	kg eq. CO ₂ na 1 kg produktu
10 000	50	22	Kloida, 2010	33,8	0,0034
1 500	50	13,5	Penam, 2010	20,5	0,0137
1 500	100	13,5	Penam, 2010	41	0,0274
1 500	200	13,5	Penam, 2010	82,1	0,0547
1 500	400	13,5	Penam, 2010	164,1	0,1094