

Porovnání environmentálních dopadů skladování a dopravy jablek do ČR

Comparison of environmental impacts of importing and storing apples in the Czech Republic

Vladimír Kočí¹ | Eva Benešová¹ | Aleš Rajchl²

INFORMACE O ČLÁNKU

DOI

10.35933/ENTECHO.2019.06.002

HISTORIE

Datum doručení: 17. 4. 2019

Datum revize: 5. 6. 2019

Datum akceptace: 6. 6. 2019

AFILACE

VŠCHT Praha, Technická 5
CZ-166 28 Praha 6

¹ Ústav chemie ochrany prostředí

² Ústav konzervace potravin

KLÍČOVÁ SLOVA

posuzování životního cyklu;
environmentální hodnocení;
ovoce; skladování

KEYWORDS

Life Cycle Assessment;
Environmental Assessment;
Fruit; Storage;

ABSTRAKT

Cílem práce je s použitím metody posuzování životního cyklu porovnat potenciální environmentální dopady dovozu a skladování jablek v podmínkách České republiky a odpovědět na otázku, zda se z environmentálního pohledu vyplatí podporovat místní produkci a delší skladování či naopak dovoz zahraniční produkce, která sice má horší environmentální aspekty dopravy, ale zase kratší dobu skladování. Ve studii byly uvažovány čtyři scénáře: 1) místní produkce jablek v ČR; 2) produkce v evropských zemích; 3) produkce v Chile a 4) produkce na Novém Zélandu. Současně s různými místy produkce byly uvažovány i různé doby vyskladnění. Výsledky studie hodnotí dovoz jablek z Chile a Nového Zélandu jako méně šetrný k životnímu prostředí než skladování místní produkce. Dovoz jablek ze zámoří se z environmentálního úhlu pohledu vyplácí až ve srovnání se skladováním po dobu sedmi a více měsíců (září–duben), a to pouze pro následující kategorie environmentálních dopadů: spotřebu sladké vody, sladkovodní a mořskou eutrofizaci, ionizační záření a humánní toxicitu (nekancerogenní). Z pohledu většiny kategorií dopadu, včetně uhlíkové stopy, je výrazně environmentálně šetrnější podporovat místní produkci než dovážet jablka z větší vzdálenosti.

ABSTRACT

The aim of the work is to compare the potential environmental impacts of importing and storing apples in the Czech Republic using the life cycle assessment method and to answer the question of whether it is worthwhile to support local production and longer period of storage or, on the contrary, to support imports of production from distant areas resulting in higher adverse effects of transport, but short time of storage. Four scenarios were considered in the study 1) local apple production in the Czech Republic; 2) production in European countries; 3) production in Chile and 4) production in New Zealand. Different removal times were considered at the same time as the different production sites. The results of the study evaluate the import of apples from Chile and New Zealand as less environmentally friendly than the longer time storage of the local production. Importing apples from overseas is paying off from an environmental perspective only when compared to storage for 7 months or more (September - April) and only for the following categories of environmental impacts: freshwater consumption, freshwater and maritime eutrophication, ionizing radiation and human toxicity (non-cancerogenic). From the point of view of most of the impact categories, including the carbon footprint, it is considerably more environmentally friendly to promote local production than to import apples from a greater distance.

1 Úvod

Potraviny a jejich spotřeba plní v životě člověka důležitou roli. Nedílnou součástí stravy je dnes rovněž ovoce. Ovoce je sezónní potravinou, kterou je třeba uchovávat po určitou část roku do chvíle, kdy je bude spotřebitel konzumovat. Vzhledem k narůstajícímu počtu lidí žijících ve městech klesá možnost skladování ovoce v soukromých skladech či sklepích jednotlivých konzumentů. I s ohledem na demografický vývoj lze očekávat, že v budoucnu bude stále větší část obyvatelstva konzumovat ovoce bez vlastního skladování a tedy bezprostředně po jeho zakoupení. Zvýšená poptávka spotřebitelů po dostupnosti ovoce během celého roku vede již v současné době k potřebě skladování ovoce průmyslově ve velkoskladech od doby jeho sklizně do doby jeho vyskladnění, prodeje a následné konzumace. Alternativně je spotřebiteli

nabízeno ke koupi a konzumaci ovoce, které bylo sklizeno v jiné části světa, kde je rozdílné vegetační období. To umožňuje ovoce distribuovat ihned po jeho sklizni a odpadá tak fáze skladování, narůstá však dopravní vzdálenost.

Je vcelku logické, že nejnižší environmentální dopady má právě ze stromu sklizené jablko, které v tom samém místě bude zkonsumováno. Ve skutečnosti je však většina sklizených jablek po delší či kratší dobu skladována a rovněž dopravována na kratší či větší vzdálenost. Zájem spotřebitelů o životní prostředí roste a rovněž se stále větší část obyvatel zajímá o to, zda jsou jimi nakupované produkty z místní produkce, nebo zda byly dovezeny. Je tedy v tomto kontextu logické se ptát, jak se liší, co se environmentálních dopadů týče, skladování a doprava jablek, tedy ovoce, které se v České republice běžně pěstuje

je a které, co se týče jeho dostupnosti, není nezbytné dovážet. Cílem této práce je pomocí metody LCA porovnat, zda je z environmentálního hlediska výhodnější sklizené ovoce skladovat či dovážet na větší vzdálenost. Za vhodné ovoce bylo zvoleno jablko, které představuje na českém trhu typický plod.

Pro posouzení zda je z environmentálního hlediska vhodnější sklizená jablka před konzumací skladovat či jablka dovážet k přímé konzumaci (i z větší vzdálenosti, ze zámoří) bylo třeba zvolit srovnatelné systémy. Prvním systémem bylo skladování jablek po určitou dobu od okamžiku sklizení v průmyslovém skladu za reálných provozních podmínek až do doby vyskladnění. Druhým systémem je doprava jablek na různé vzdálenosti s různými dopravními prostředky.

2 Systémy skladování a dopravy jablek

Podle doby zrání a využití se odrůdy jablek dělí na letní (sklízí se do poloviny srpna), podzimní (sklízí se od poloviny srpna do poloviny září) a zimní (sklízí se od 20. září). V zastoupení odrůd v produkčních sadech České republiky dominují zimní odrůdy v celkové výměře přes 6 000 ha. Letní i podzimní odrůdy se pěstují na plochách okolo 150 ha. Na trhu lze nalézt nespočet odrůd jablek, jejichž složení se na prodejních pultech ovšem mění s dobou i s prodejním řetězcem. Přesto však lze pro naši studii přijmout předpoklad, že skladování jablek probíhá od září po dobu až 12 měsíců.

Za účelem uchování jablek v požadované kvalitě je třeba během skladování jablek dodržet řadu podmínek. Jablka patří mezi tzv. klimakterické plody, které zvyšují intenzitu dýchání v období zrání na stromě a zrání po sklizni. Vzestup dýchání je spojený se zvýšenou produkcí CO₂ a ethylenu, která se u různých odrůd liší. Časně odrůdy mají vysokou produkci ethylenu a zrají rychleji, naopak pozdní odrůdy mají produkci ethylenu nižší a zrají pomalu. Řízená prevence tvorby či zastavení produkce ethylenu je strategií k prodloužení skladovatelnosti jablek (Goliáš, 2011, 2014).

Správně nastavené podmínky skladování jablek umožní udržet ovoce čerstvé po delší dobu a nabízet ho v době vysoké poptávky. Tradičním způsobem skladování jablek jsou chladírenské sklady, ve kterých se automaticky udržuje teplota pomocí řídicích a regulačních systémů v rozmezí 1–4 °C. Vzdušná vlhkost skladů by se měla pohybovat v rozmezí 90–95 % a bývá upravována pomocí zvlhčovače.

Klasické chladírenské sklady však již v posledních letech nejsou schopné zajistit dostatečnou kvalitu jablek i po delší době skladování a jsou proto přestavovány na moderní sklady s Ultra Low Oxygen (ULO) technologií. Pokusy s použitím fyziologicky aktivních plynů ve skladové atmosféře se začaly provádět od 20. let 20. století v Anglii. V ČR se tato technologie začala používat od konce šedesátých let. Skladování s obsahem kyslíku do 4 % a obsahem oxidu uhličitého 4 až 5 % bylo označováno jako skladování v řízené či kontrolované atmosféře. Postupně se ale zjistilo, že plody dokáží tolerovat ještě nižší hodnoty kyslíku, než jaké se používaly v metodách řízené atmosféry. To vyústilo v rozvoj ULO technologií s atmosférou s 1 až 2 % O₂ a 0,5–3 % CO₂ (Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský, 2018). Sklady s ULO v současné době představují více než 65 % skladovacích kapacit ČR.

Komory ULO skladů se navrhují jako plynotěsné kvůli udržení požadované atmosféry. Atmosféra s velmi nízkým podílem kyslíku se vytváří pomocí spalování uhlovodíkových plynů (směs propanu a butanu). Složení atmosféry ve skladu se ale v průběhu skladování vlivem dý-

chání ovoce mění – množství kyslíku se snižuje, a naopak roste množství CO₂. Každá skladová komora je dále vybavena generátorem N₂, který vyrábí dusík v koncentrované formě pomocí molekulárního síta a jeho vypouštěním do komory se snižuje obsah kyslíku na požadovanou hodnotu. Odstranění oxidu uhličitého se provádí pomocí několika technik. Membránové difúzery jsou založeny na principu selektivní propustnosti plynů membránami. Další možností je využití absorpce (chemické reakce) nebo adsorpce (fyzikální vazby), a to i s možností následné regenerace v dekarbonizátoru. Ideálně je využíváno adsorbéru s aktivním uhlím, přesněji kombinace tří adsorbérů, kdy na jednom probíhá fáze sorpce CO₂ a na zbylých se protiproudým vhněním venkovního vzduchu regeneruje již sorbovaný CO₂. Další velmi důležitou funkcí adsorbéru je možnost zabezpečení provzdušňování boxu vnějším vzduchem v případě poklesu O₂ pod požadovanou hranici (Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský, 2018).

Mezi nejnovější technologie v oblasti skladování ovoce lze řadit použití 1-ethylcyklopropenu (1-MCP), který byl v roce 1990 vyvinut na Univerzitě of North Carolina, USA. Aplikací 1-MCP dochází k blokování receptorů ethylenu v ovoci s následným zpomalením procesu dozrávání. Systém je založen na jednorázové aplikaci 1-MCP do skladové atmosféry. Vzhledem k obtížné manipulaci s těkavým plynem se používá práškový přípravek pod obchodním označením SmartFresh, ve kterém je 1-MCP je vázaný v komplexu na alfa-cyklohextrin. 1-MCP je po smíchání s vodou z komplexu s alfa-cyklohextrinem uvolněn v plynné podobě do prostoru. Aplikace probíhá rozptýlením v plynotěsně uzavřených prostorách po dobu 24 hodin, co nejdříve po sklizni (Toivonen a Lu, 2005; Hohn, 2007).

V roce 2017 činil prodej tuzemských jablek v ČR 41 %. To znamená, že více než polovina prodaných jablek byla z dovozu. Na základě dat Českého statistického úřadu (ČSÚ) se na dovozu jablek do ČR podílí největší měrou Polsko, Itálie, Slovensko a Německo (tab. 1). Zámořské země se na dovozu jablek podílejí ve výrazně nižší míře. Pro účely naší studie bylo zajímavé zjistit, ve kterých obdobích roku bylo ovoce ze zámoří dovezeno (tab. 2). Vzhledem ke skutečnosti, že nejdelší možná doba dopravy jablek je 35 dní, byly ztráty během dopravy z jiných zemí považovány za nulové. Během dopravy jablek bylo uvažováno i jejich chlazení.

Tabulka 1: Dovozy jablek do ČR v roce 2016 a 2017; zdroj: ČSÚ

Země	Množství, kg	
	2016	2017
Polsko	36 562 432	35 473 125
Itálie	14 986 057	19 955 236
Slovensko	8 299 949	10 501 994
Německo	6 837 543	10 205 714
Belgie	5 356 859	2 663 841
Nizozemí	2 873 684	3 637 020
Rakousko	1 920 965	812 575
Chile	144 147	317 228
Jižní Afrika	22 791	35 751
Nový Zéland	11 536	112 125

Tabulka 2: Významné měsíce dovozu jablek z NZ a Chile v roce 2017 (kg); zdroj ČSÚ

	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad
Nový Zéland	1 961	1 700	12 340	1 412	4 537	20 304	68 806
Chile	1 189	21 077	11 9645	53 548	5 220	60 573	5 922

3 Charakteristiky studie LCA

Posuzování životního cyklu – LCA je informační analytický nástroj, s jehož pomocí lze vyčíslit potenciální dopady na životní prostředí určitého produktového systému či služby. V rámci metody LCA se hodnotí všechny vstupy a výstupy z a do životního prostředí daného systému a to s ohledem na celý jeho životní cyklus. Do hodnocení jsou tedy zahrnuty procesy získávání surovin, výroba materiálů, energetika, stavba či výroba, provoz i odpadové hospodářství. Studie LCA se provádějí dle mezinárodních standardů ČSN EN ISO 14040 a ČSN EN ISO 14044 (ISO, 2006a; ISO, 2006b). Pro vytvoření LCA studie byl použit software GaBi, vyvinutý společností thinkstep. Jako databázový nástroj pro získání generických dat byla použita databáze GaBi Professional s aktuálním update 2019. Hodnocení environmentálních dopadů bylo provedeno s použitím charakterizačního modelu ReCiPe 2016 v1.1 pro hierarchistické hodnotové měřítko (H) (Huijbregts et al., 2017). ReCiPe 2016 je v současnosti nejpokročilejší a nekomplexnější varianta hodnocení environmentálních dopadů v rámci metody LCA. Hierarchistické hodnotové měřítko je referenční (základní) varianta modelu ReCiPe.

3.1 Funkční jednotka a hranice systému

Zvolenou funkční jednotkou (FU) studie je vyskladnění jedné tuny jablek v distribučním centru, což je okamžik bezprostředně předcházející uvedení jablek na trh.

Jelikož s delší dobou skladování dochází k nárůstu podílu ztrát jablek, bylo třeba ztráty zahrnout do posuzovaného systému. To bylo provedeno zvýšením hodnoty referenčního toku jablek v případě doby po delším skladování. První výraznější ztráty způsobené skladováním jsou patrné až po čtyřech měsících (Mila i Canals et al., 2007). Jelikož zvolená funkční jednotka je 1 t jablek, je třeba s narůstající dobou uskladnění, v závislosti na které narůstají i ztráty jablek, navýšit vstupní množství (referenční tok) jablek tak, aby po vyskladnění byla k dispozici požadovaná 1 t jablek. Vliv nárůstu ztrát v závislosti na čase uvádí tabulka 3.

Hranice systému zahrnují procesy podílející se na dopravě, chlazení a skladování jablek. Schémata procesů zahrnutých do produktového systému jsou uvedena na obrázku 1.

Tabulka 3: Uvažované ztráty jablek během skladování

Počet měsíců skladování	Ztráty [%]	Funkční jednotka [t]	Referenční tok [t]
1 – 4	0	1	1
4	5	1	1,05
6	11	1	1,12
8	18	1	1,22
10	25	1	1,33

3.2 Sběr dat a přijaté předpoklady pro dopravu jablek

V rámci dopravy byly uvažovány následující čtyři scénáře:

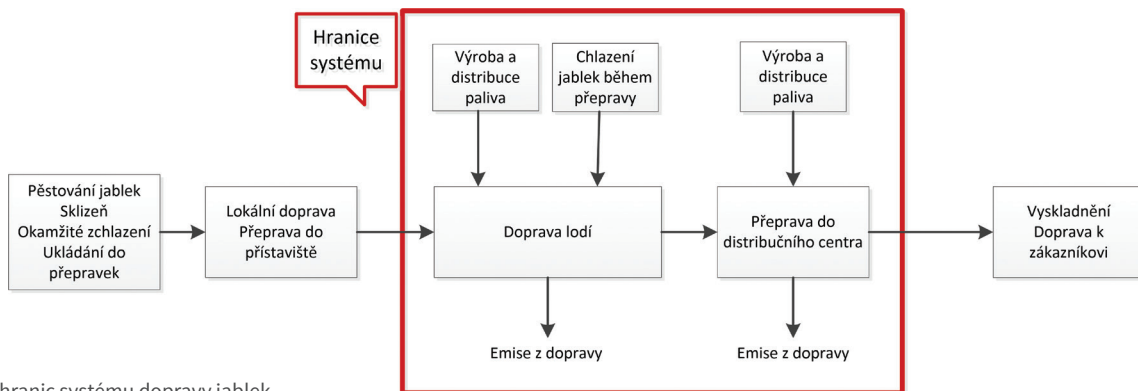
- 1) Jablka vypěstovaná na území ČR. Tato jablka byla prodávána buď ihned po sklizni, nebo byla sklížena za účelem skladování. Obě tyto varianty vedou k velmi malým hodnotám příspěvku dopravy, proto bude v této variantě doprava považována za nulovou.
- 2) Jablka vypěstovaná na území EU a spotřebována v ČR (Obr. 2). Vzdálenost z evropských zemí byla zvolena 1 000 km. Doprava byla realizována nákladními automobily s chlazením. Započtena je jen jedna cesta nákladního automobilu, neboť se předpokládá, že se automobil zpět nevrací prázdný, ale je naplněn jiným zbožím.
- 3) Jablka vypěstovaná na Novém Zélandu (NZ) a dopravena do ČR: Tato jablka se dopraví nejprve 21 279 km lodí přes Panamský průplav. Při rychlosti 14 uzlů, což často bývá maximální rychlost nákladních lodí, jsou na cestě 35 dní. V Hamburku proběhne překládka jablek na nákladní automobil, který absolvuje trasu dlouhou cca 630 km do Prahy. Během celé doby přepravy jsou jablka chlazená.
- 4) Jablka vypěstovaná v Chile a dopravená do České republiky: Scénář dopravy je obdobný dopravě z NZ. Jablka se dopraví lodí do Hamburku – 14 275 km a následně jsou převezena do Prahy. Celá cesta trvá obvykle 24 dní.

Do modelu produktového systému dopravy jablek je zahrnuta pouze přeprava na vzdálenost delší než 100 km. Přeprava jablek ze sadu do skladu (popř. do přístavu) a ze skladu do distribučního centra zahrnuta není, neboť se jedná zaprvé o krátké vzdálenosti (ve srovnání s celkovou trasou dopravy), a zadruhé jsou tyto trasy stejné pro všechny varianty (doprava jablek z Chile, z Evropy i jablek z Čech).

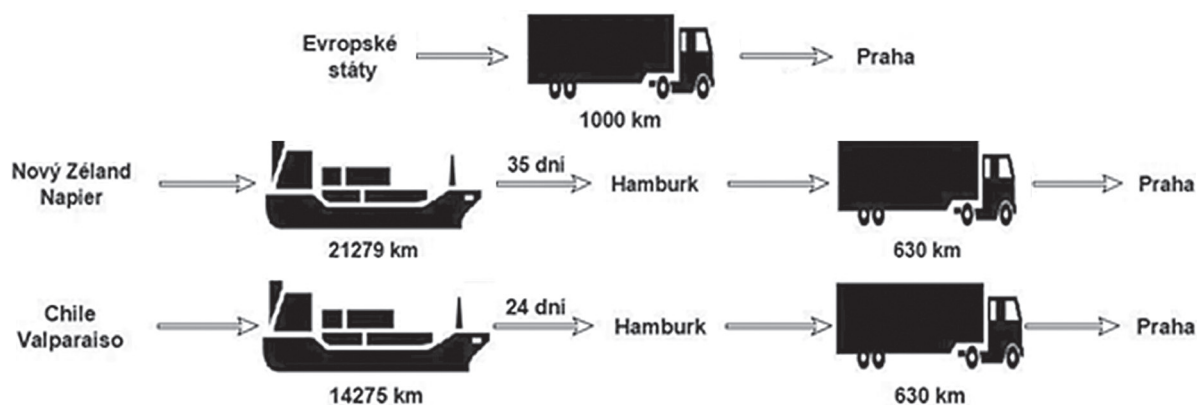
Chlazení během přepravy v nákladním automobilu bylo určeno z hodnoty 0,3 MJ/t/km (Blanke a Burdick, 2005). Z hodnoty výhřevnosti nafty, která je stanovena na 41,9 MJ/kg, se získá hodnota 7,16 g/kg/km, což je množství paliva potřebné na chlazení 1 kg zboží na 1 km.

Výpočet chlazení pro transportní loď byl určen na základě spotřeby paliva 160 g/kWh (Roibas et al., 2016) a z příkonu 4,1 kW na 1 TEU (Twenty-foot Equivalent Unit – jednotka používaná pro vyjádření objemu kontejnerové dopravy). Na základě provozních zkušeností je kapacita 1 TEU kontejneru 7 800 kg jablek, které jsou naskládány v 600 přepravkách po 13 kg. Po kombinaci s maximální rychlostí nákladní lodí, která je stanovena na 14 uzlů (25,93 km/h), je výsledkem 0,158 kWh/km/TEU. Za použití hodnoty spotřeby paliva 160 g/kWh se dosavadní výsledky převedou na 25,32 g paliva/km/TEU, což po přepočtu znamená 0,0032 g paliva/kg/km (Roibas et al., 2016).

Pro účely modelování skladování jablek budou uvažovány zimní odrůdy, které se na jižní polokouli sklízejí v říjnu a na severní polokouli v dubnu. Množství kondenzátu vznikajícího v chladiřenských skladech nebude zahrnuto pro účely modelování systému, neboť se jedná o zanedbatelné množství.



Obr. 1: Schéma uvažovaných hranic systému dopravy jablek



Obr. 2: Uvažovaná schémata dopravy z jednotlivých míst pěstování jablek ke konečnému spotřebiteli v ČR

Množství CO₂, které při skladování vzniká v důsledku dýchání plodů a které se zachycuje na adsorbér a následně je regenerací uvolněno do ovzduší, je stejné, jako množství, které by se do ovzduší uvolnilo v případě dozrávání plodů v sadech. Proto je pro účely modelování zanedbáno.

3.3 Sběr dat a přijaté předpoklady pro skladování jablek

Pro vytvoření objektivního obrazu konzumace jablek v ČR po celý rok se využije kombinace scénářů dopravy nastíněných v předchozí kapitole, a scénáře dle roční doby, kdy jsou jablka uváděna na trh. Pro účely studie byly vybrány čtyři měsíce v roce, které charakterizují situaci na trhu.

- 1) Říjen: Většina jablek severní polokoule (kam spadá Česká republika i další evropské státy) jsou momentálně v sezóně a často se na pulty supermarketů dostávají přímo ze sadů. Nevyžadují tedy skladování. Jablka jižní polokoule (Chile, Nový Zéland), která se nacházejí na prodejních pultech, jsou tři měsíce skladována.
- 2) Leden: Evropská jablka jsou skladována krátkou dobu (tři měsíce), zatímco jablka z jižní polokoule jsou skladována šest měsíců.
- 3) Duben: Tento měsíc začíná sezóna jablek z Chile a NZ, která trvá přibližně do června. Během těchto měsíců se ovoce dovezené do ČR prodává čerstvé, bez významnějších skladovacích požadavků. Evropská jablka jsou oproti tomu již šest měsíců skladována.
- 4) Červenec: V letních měsících nebyvají jablka z české produkce obvykle na trhu k dispozici. Veškerá česká i evropská produkce je již

více než devět měsíců skladována, a ačkoliv moderní technologie umožňují i takto dlouhé skladování, narůstá ztrátovost jablek. Oproti tomu jablka z jižní polokoule jsou skladována jeden měsíc.

Pro účely sestavení modelu LCA skladování jablek byl vybrán sklad, který pojme 15 t jablek, která jsou uchovávána v podmínkách pro ULO skladování při teplotě 1 °C. Energetické nároky na šestiměsíční provoz a vytvoření skladovacích podmínek ULO (1 °C, 1,5% O₂, 2% CO₂) činily pro větší sklad 20 580 kWh (20580 kWh/210 t/6 měsíců).

Uvedené hodnoty spotřeby energie jsou vztaženy k šestiměsíčnímu cyklu skladování. Pro výpočet spotřeby energie během prvního měsíce skladování byl přijat předpoklad dvojnásobné spotřeby energie ve srovnání s dalšími měsíci. Tento předpoklad vychází ze zkušeností obsluhy a je podložen skutečností, že čerstvě naskladněná jablka vyžadují vytvoření odpovídající složení atmosféry, což s sebou nese zvýšené energetické nároky. Následně udržování již vytvořené atmosféry ve skladu pak už vyžaduje konstantní energetickou spotřebu.

4 Výsledky

Vytvoření produktového systému probíhalo v softwaru GaBi s použitím Professional database thinkstep. Charakterizace byla provedena s použitím modelu ReCiPe 2016 v1.1 pro hierarchistické hodnotové měřítko (H) (Huijbregts et al., 2017).

V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky potenciálních environmentálních dopadů dopravy a skladování 1 t jablek při uvedení na trh v říjnu (Tab. 4), v lednu (Tab. 5), v dubnu (Tab. 6) a v červenci (Tab. 7).

Tabulka 4: Environmentální dopady skladování a dopravy 1 000 kg jablek při jejich uvedení na trh v říjnu. Charakterizační metodika ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint (H)

Název kategorie dopadu	ČR – říjen	EU – říjen	Chile – říjen	NZ – říjen
Climate change, default, excl biogenic carbon [kg CO ₂ eq.]	0	78	454	635
Climate change, incl biogenic carbon [kg CO ₂ eq.]	0	80	456	636
Fine Particulate Matter Formation [kg PM2.5 eq.]	0,000	0,119	2,879	4,244
Fossil depletion [kg oil eq.]	0,0	25,2	132,6	183,4
Freshwater Consumption [m ³]	0,000	0,041	0,236	0,251
Freshwater ecotoxicity [kg 1,4-DB eq.]	0,000	0,022	0,061	0,084
Freshwater Eutrophication [kg P eq.]	0,0000	0,0001	0,0002	0,0003
Human toxicity, cancer [kg 1,4-DB eq.]	0,000	0,039	0,095	0,126
Human toxicity, non-cancer [kg 1,4-DB eq.]	0	10	23	31
Ionizing Radiation [Bq C-60 eq. to air]	0,00	0,01	1,09	1,11
Marine ecotoxicity [kg 1,4-DB eq.]	0,000	0,050	0,194	0,270

Marine Eutrophication [kg N eq.]	0,0000	0,0005	0,0013	0,0014
Photochemical Ozone Formation, Ecosystems [kg NO _x eq.]	0,00	0,87	9,34	13,63
Photochemical Ozone Formation, Human Health [kg NO _x eq.]	0,00	0,87	9,31	13,58
Stratospheric Ozone Depletion [kg CFC-11 eq.]	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002
Terrestrial Acidification [kg SO ₂ eq.]	0,000	0,345	9,008	13,284
Terrestrial ecotoxicity [kg 1,4-DB eq.]	0,0	8,2	23,2	27,8

Tabulka 5: Environmentální dopady skladování a dopravy 1 000 kg jablek při jejich uvedení na trh v lednu. Charakterizační metodika ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint (H)

Název kategorie dopadu	ČR – leden	EU – leden	Chile – leden	NZ – leden
Climate change, default, excl biogenic carbon [kg CO ₂ eq.]	38	116	543	745
Climate change, incl biogenic carbon [kg CO ₂ eq.]	38	118	629	831
Fine Particulate Matter Formation [kg PM2.5 eq.]	0,023	0,142	3,237	4,765
Fossil depletion [kg oil eq.]	13,3	38,5	157,2	214,0
Freshwater Consumption [m ³]	0,180	0,221	0,429	0,446
Freshwater ecotoxicity [kg 1,4 DB eq.]	0,002	0,024	0,092	0,117
Freshwater Eutrophication [kg P eq.]	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004
Human toxicity, cancer [kg 1,4-DB eq.]	0,006	0,045	0,111	0,147
Human toxicity, non-cancer [kg 1,4-DB eq.]	0	10	216	225
Ionizing Radiation [Bq C-60 eq. to air]	1,05	1,06	2,04	2,06
Marine ecotoxicity [kg 1,4-DB eq.]	0,007	0,057	0,240	0,326
Marine Eutrophication [kg N eq.]	0,0008	0,0013	0,0021	0,0022
Photochemical Ozone Formation, Ecosystems [kg NO _x eq.]	0,06	0,92	10,51	15,31
Photochemical Ozone Formation, Human Health [kg NO _x eq.]	0,06	0,92	10,47	15,26
Stratospheric Ozone Depletion [kg CFC-11 eq.]	0,0000	0,0000	0,0004	0,0004
Terrestrial Acidification [kg SO ₂ eq.]	0,076	0,421	10,192	14,981
Terrestrial ecotoxicity [kg 1,4-DB eq.]	8,7	16,9	31,9	37,1

Tabulka 6: Environmentální dopady skladování a dopravy 1 000 kg jablek při jejich uvedení na trh v dubnu. Charakterizační metodika ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint (H)

Název kategorie dopadu	ČR – duben	EU – duben	Chile – duben	NZ – duben
Climate change, default, excl biogenic carbon [kg CO ₂ eq.]	77	164	416	597
Climate change, incl biogenic carbon [kg CO ₂ eq.]	162	251	418	598
Fine Particulate Matter Formation [kg PM2.5 eq.]	0,038	0,171	2,856	4,220
Fossil depletion [kg oil eq.]	23,5	51,8	119,4	170,1
Freshwater Consumption [m ³]	0,366	0,412	0,056	0,071
Freshwater ecotoxicity [kg 1,4 DB eq.]	0,026	0,051	0,059	0,081
Freshwater Eutrophication [kg P eq.]	0,0002	0,0003	0,0001	0,0002
Human toxicity, cancer [kg 1,4-DB eq.]	0,012	0,055	0,089	0,120
Human toxicity, non-cancer [kg 1,4-DB eq.]	191	202	23	31
Ionizing Radiation [Bq C-60 eq. to air]	1,99	2,00	0,05	0,06
Marine ecotoxicity [kg 1,4-DB eq.]	0,031	0,087	0,187	0,263
Marine Eutrophication [kg N eq.]	0,0015	0,0020	0,0005	0,0006
Photochemical Ozone Formation, Ecosystems [kg NO _x eq.]	0,11	1,09	9,29	13,57
Photochemical Ozone Formation, Human Health [kg NO _x eq.]	0,11	1,08	9,25	13,53
Stratospheric Ozone Depletion [kg CFC-11 eq.]	0,0003	0,0003	0,0001	0,0001
Terrestrial Acidification [kg SO ₂ eq.]	0,188	0,575	8,932	13,208
Terrestrial ecotoxicity [kg 1,4-DB eq.]	15,6	24,8	14,6	19,2

Tabulka 7: Environmentální dopady skladování a dopravy 1 000 kg jablek při jejich uvedení na trh v červenci. Charakterizační metodika ReCiPe 2016 v1.1 Midpoint (H)

Název kategorie dopadu	ČR – červenec	EU – červenec	Chile – červenec	NZ – červenec
Climate change, default, excl biogenic carbon [kg CO ₂ eq.]	127	227	435	616
Climate change, incl biogenic carbon [kg CO ₂ eq.]	321	423	437	617
Fine Particulate Matter Formation [kg PM _{2.5} eq.]	0,057	0,209	2,867	4,232
Fossil depletion [kg oil eq.]	36,6	68,8	126,0	176,8
Freshwater Consumption [m ³]	0,606	0,658	0,146	0,161
Freshwater ecotoxicity [kg 1,4-DB eq.]	0,057	0,085	0,060	0,082
Freshwater Eutrophication [kg P eq.]	0,0003	0,0004	0,0002	0,0002
Human toxicity, cancer [kg 1,4-DB eq.]	0,019	0,068	0,092	0,123
Human toxicity, non-cancer [kg 1,4-DB eq.]	437	450	23	31
Ionizing Radiation [Bq C-60 eq. to air]	3,20	3,21	0,57	0,59
Marine ecotoxicity [kg 1,4-DB eq.]	0,061	0,125	0,191	0,267
Marine Eutrophication [kg N eq.]	0,0023	0,0029	0,0009	0,0010
Photochemical Ozone Formation, Ecosystems [kg NO _x eq.]	0,19	1,29	9,31	13,60
Photochemical Ozone Formation, Human Health [kg NO _x eq.]	0,17	1,28	9,28	13,55
Stratospheric Ozone Depletion [kg CFC-11 eq.]	0,0006	0,0006	0,0001	0,0002
Terrestrial Acidification [kg SO ₂ eq.]	0,333	0,773	8,970	13,246
Terrestrial ecotoxicity [kg 1,4-DB eq.]	24,5	35,0	18,9	23,5

5 Zhodnocení výsledků

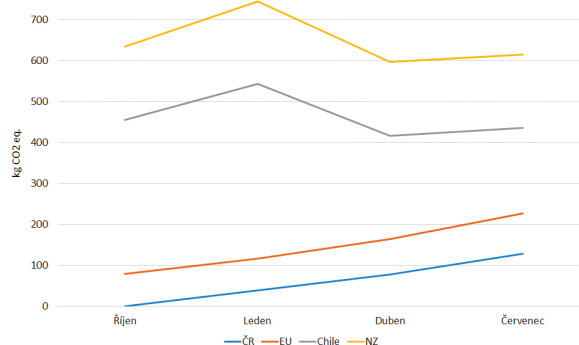
Pro zhodnocení, zda mají jablka z české či ze zahraniční produkce nižší či vyšší environmentální dopady, je třeba určit pro jak dlouhou dobu mezi sklizní a uvedením na trh je porovnávání jablek prováděno.

V říjnu, kdy se v České republice prodávají čerstvá, právě sklizená jablka, jsou environmentální dopady jablek z české produkce nulové, neboť jablka nevyžadují žádné skladování. Jablka z evropských zemí mají dopady vyšší, neboť je bylo třeba do ČR dopravit. Výrazně vyšší environmentální dopady mají jablka z Chile a Nového Zélandu. Ta jsou do ČR jednak dopravena a již tři měsíce skladována. Obdobné výsledky ve prospěch jablek z české produkce byly určeny i pro uvedení jablek na trh v lednu, kdy jsou česká a evropská jablka po dobu tří měsíců skladována a jablka z Chile a Nového Zélandu jsou skladována již šest měsíců. V dubnu se výsledky u některých kategorií dopadu již liší a začínají zde převládat dopady skladování nad dopady způsobené dopravou. V dubnu začíná pro jablka pěstovaná na jižní polokouli sezóna a jsou bez skladování dopravována přímo k prodeji. Naopak jablka z české a evropské produkce jsou již šest měsíců skladována. Nárůst rozdílu environmentálních dopadů u některých kategorií dopadu pokračuje i v červenci, kdy jsou jablka z jižní polokoule skladována tři měsíce, zatímco jablka z evropské produkce je nutno skladovat již měsíců devět. Které kategorie environmentálních dopadů převažují v tom kterém měsíci vyskladnění jablek znázorňují následující obrázky č. 3, 4 a 5.

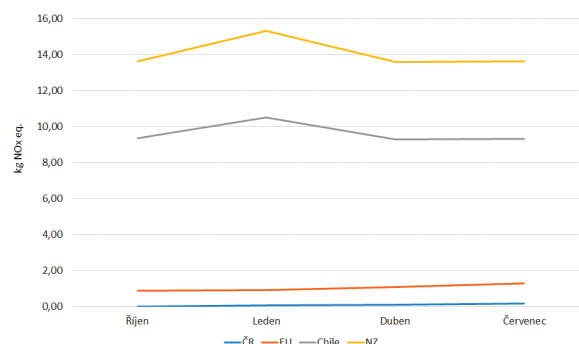
Průběh nárůstu hodnot indikátoru kategorie dopadu – klimatické změny – znázorňuje obrázek 3. Nejnížší dopady v této kategorii dopadu mají jablka z ČR a Evropy. Doprava jablek ze zámoří představuje výrazně vyšší dopady než skladování jablek v celém rozsahu roku. Stejný průběh jako klimatické změny mají kategorie dopadu: úbytek fosilních paliv, mořská ekotoxicita, humánní toxicita s kancerogenními účinky, úbytek stratosférického ozonu a půdní acidifikace.

Obdobný průběh, avšak s výraznějším rozdílem mezi evropskými a zámořskými jablky, vykazují kategorie dopadu: vznik fotochemického smogu jak s účinky na systémy, tak i na lidské zdraví. Během celého období roku mají jablka dovážená ze zámoří výrazně vyšší environ-

mentální dopady, nežli jablka evropská (Obr. 4). Je to způsobeno především větší vzdáleností dopravy ze zámoří, neboť rozvoj kategorie dopadu – vznik fotochemického smogu – je způsobován především spalovacími motory podílejícími se na dopravě jablek.

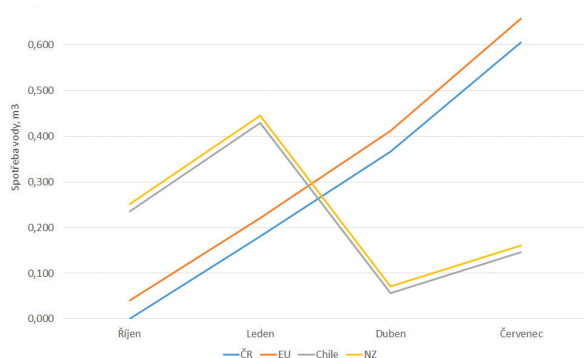


Obr. 3: Časová závislost hodnot indikátoru kategorie dopadu – klimatické změny (Climate change, default, excl biogenic carbon, kg CO₂ eq.)



Obr. 4: Časová závislost hodnot indikátoru kategorie dopadu – vznik fotochemického smogu s účinky na ekosystémy (Photochemical Ozone Formation, Ecosystems, kg NO_x eq.)

Odlíšný průběh dopadů v závislosti na čase vykazuje kategorie dopadu – spotřeba sladké vody (Obr. 5). V období od října do ledna vykazují jablka z ČR a EU výrazně nižší hodnoty spotřeby vody. V období od dubna do července je tomu již naopak a jablka z Chile a Nového Zélandu přispívají ke spotřebě sladké vody nižší měrou. Shodný trend v průběhu hodnot indikátoru kategorie dopadu, jako spotřeba sladké vody, mají následující kategorie: sladkovodní a mořské eutrofizace, ionizační záření a humánní toxicita (nekancerogenní).



Obr. 5: Časová závislost hodnot indikátoru kategorie dopadu – spotřeba sladké vody (Freshwater Consumption, m³)

6 Závěr

Cílem této práce bylo vyčíslit environmentální dopady skladování ovoce v průmyslových skladech a porovnat je s environmentálními dopady transportu z jiných částí světa. Z pohledu hodnocení environmentálních dopadů dopravy a skladování jablek vychází ve většině kategorií dopadu environmentálně šetrněji skladování jablek než jejich doprava ze vzdálených míst.

Podporou efektivního sklizení jablek z české produkce a jejich celoročního skladování by došlo ke snížení uhlíkové stopy vytvořené zásobováním obyvatelstva jablek. Dovoz jablek se z environmentálního úhlu pohledu vyplácí teprve ve srovnání se skladováním až po sedmi a více měsících (září–duben), a to pouze pro následující kategorie environmentálních dopadů: spotřebu sladké vody, sladkovodní a mořskou eutrofizaci, ionizační záření a humánní toxicitu (nekancerogenní).

V případě pravidelné každoroční produkce vychází environmentálně šetrněji jablka průmyslově skladovat než je dovážet do ČR ze zámoří. S ohledem na životní prostředí lze doporučit českou produkci jablek či dovoz z evropských států a dovoz jablek ze zámoří omezit.

7 Literatura

- Blanke, M. M.; Burdick, B., 2005. *Food (miles) for thought – Energy balance for locally-grown versus imported apple fruit*. Environmental Science and Pollution Research 12(3), 125–127. <https://doi.org/10.1065/espr2005.05.252>
- Goliáš, J., 2011. *Skladování ovoce v řízené atmosféře*. Nakladatelství Brázda s.r.o., Praha.
- Goliáš, J., 2014. *Skladování a zpracování ovoce a zeleniny*. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Hohn, E., 2007. *Apples as fresh on the table as of the tree, achievable by using 1-MCP?* Agrarforschung 14(5), 187–187.
- Huijbregts, M. A. J.; Steinmann, Z. J. N.; Elshout, P. M. F.; Stam, G.; Verones, F.; Vieira, M.; Zijp, M.; Hollander, A.; van Zelm, R., 2017. *ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level*. International Journal of Life Cycle Assessment 22(2), 138–147. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y>
- ISO, 2006a. *14040: Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Zásady a osnova*. Český normalizační institut, Praha.
- ISO, 2006b. *14044: Environmentální management – Posuzování životního cyklu – Požadavky a směrnice*. Český normalizační institut, Praha.
- Mila i Canals, L.; Cowell, S. J.; Sim, S.; Basson, L., 2007. *Comparing domestic versus imported apples: A focus on energy use*. Environmental Science and Pollution Research 14(5), 338–344. <https://doi.org/10.1065/espr2007.04.412>
- Roibas, L.; Elbehri, A.; Hospido, A., 2016. *Carbon footprint along the Ecuadorian banana supply chain: methodological improvements and calculation tool*. Journal of Cleaner Production 112, 2441–2451. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.074>
- Toivonen, P. M. A.; Lu, C. W., 2005. *Studies on elevated temperature, short-term storage of 'Sunrise' Summer apples using 1-MCP to maintain quality*. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 80(4), 439–446. <https://doi.org/10.1080/14620316.2005.11511957>
- Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský, s. r. o., 2018. *Moderní metody skladování ovoce*. Vzdělávací moduly pro vysoké školy. Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský, s. r. o.