

Je pro životní prostředí přínosem přesunout se do energeticky úsporných domů?

Does it environmentally beneficial to move to energy-saving homes?

Vladimír Kočí¹ | Dominika Ježková¹

INFORMACE O ČLÁNKU

DOI

10.3260/ENTECHO.2017.11.002

HISTORIE

Datum doručení: 3. 10. 2017

Datum revize: 8. 11. 2017

Datum akceptace: 10. 11. 2017

AFILACE

¹ VŠCHT Praha

Ústav chemie ochrany prostředí

Technická 5

CZ-166 28 Praha 6

KLÍČOVÁ SLOVA

posuzování životního cyklu;
pasivní dům; environmentální
dopady; doprava

KEYWORDS

Life Cycle Assessment, passive
house; environmental impacts;
transport

SOUHRN

Cílem této práce je nalézt odpověď na otázku, do jaké vzdálenosti od zaměstnání se z environmentálního hlediska vyplatí bydlet v energeticky úsporném domě, a tedy od jaké vzdálenosti již environmentální dopady dopravy převažují nad přínosy environmentálně šetrného bydlení. Předmětem studie jsou tři konkrétní pasivní budovy: nízkoenergetický dům, rodinný řadový cihlový dům starší výstavby a byt v panelovém domě na sídlišti ve městě. S ohledem na nejčastěji používané dopravní prostředky jsou do studie zahrnuty dopravní scénáře pro dojíždění do města autobusem, vlakem a osobním automobilem s různou mírou obsazenosti. Zkoumanými kategoriemi environmentálních dopadů jsou globální oteplování, úbytek fosilních paliv, úbytek kovů, humánní toxicita, terestrická acidifikace, terestrická a sladkovodní ekotoxicita, eutrofizace, úbytek stratosférického ozonu, tvorba fotooxidačních látek a tvorba prachových částic. Analýzou bodu zvratu byla zjištěna dojezdová prahová vzdálenost, při které se environmentální dopady bydlení v energeticky úsporných domech se započtením dopravy rovnají environmentálním dopadům bydlení ve městě. Tato prahová vzdálenost se liší pro různé typy environmentálních dopadů, pro jednotlivé domy i pro jednotlivé scénáře dopravy. Bylo zjištěno, že prahová vzdálenost pro bydlení v jednom z posuzovaných pasivních domů a dopravu vlakem či autobusem je 80 km. Prahová vzdálenost ve stejném domě s použitím osobního automobilu pro každého jednoho člena rodiny byla naproti tomu již jen 10 km.

SUMMARY

The aim of this thesis is to find the answer to the question from which distance from employment it is worth living in the energy saving house and from which distance the environmental impacts of transport prevail over the benefits of environmentally friendly housing, all seen from the environmental point of view. The subject of the study are three specific passive houses, a low energy house, a family house of older construction in the city and a flat in a panel house in a housing estate. With regard to the most commonly used means of transport, the study includes traffic scenarios for commuting to the city by bus, train, and passenger car with varying occupancy rates. Examined categories of environmental impacts are global warming, fossil fuel loss, metal loss, human toxicity, terrestrial acidification, terrestrial and freshwater ecotoxicity, eutrophication, stratospheric ozone depletion, photooxidation and dust formation. The breakpoint analysis determined the threshold distance, whereby the environmental impacts of housing in energy efficient houses including environmental impacts of traffic are equal to the environmental impacts of housing in the city. This threshold distance differs for different types of environmental impacts, for individual houses and for each transport scenario. It was found that the threshold distance for living in one of the passive houses and commuting by train or bus is 80 km. Threshold distance in the same house using a passenger car for every single member of the family was, on the other hand, only 10 km.

1 Úvod

Potřeba snížení environmentálních dopadů a surovinové náročnosti bydlení obyvatel vede v posledních letech k rozvoji stavby energeticky úsporných či pasivních domů. Jelikož značná část těchto budov vzniká na dosud nezastavěných parcelách či mimo společenská a historická centra měst, bývá pravidlem, že uživatelé těchto energeticky úspornějších druhů bydlení platí za environmentální přínos svého bydlení větší dojezdovou vzdáleností do zaměstnání. Dopravní prostředky, které obyvatelé pasivních domů používají pro dopravu do zaměstnání,

zase způsobují další následné environmentální dopady. Delší dopravní vzdálenosti vedou k většímu množství emisí škodlivých látek souvisejících s dopravou. Pomocí metody posuzování životního cyklu – LCA jsme se pokusili nalézt odpověď na otázku, do jaké vzdálenosti od zaměstnání či jiného pravidelného cíle dojezdu, se z environmentálního hlediska vyplatí bydlet v energeticky úsporném domě, a tedy od jaké vzdálenosti již environmentální dopady dopravy převažují nad přínosy environmentálně šetrného bydlení. V literatuře bylo nalezeno velké množství studií srovnávajících domy s nižší spotřebou energie s domy s vyšší spotřebou, studií hodnotících, která fáze životního cyklu domu

má větší vliv na životní prostředí (Cabeza et al., 2014), ale nebylo nalezeno srovnání bydlení v pasivním domě mimo město se zvýšenými nároky na dopravu osob do města.

2 Posuzované scénáře bydlení a dopravy

Rozměrů domů, jejich architektonických řešení a zároveň i možných scénářů dopravy obyvatel je velké množství a porovnávání průměrů s velkým rozptylem vstupních dat by vedlo k vágním výsledkům. Rovněž neplatí, že obyvatelé, kteří se stěhují z původního obydlí do energeticky úsporného, si pořízují stejně prostorné bydlení. Ve studii byly použity skutečné, a v současnosti obydlené budovy, a reálná provozní data. Jako reprezentanti typu starší výstavby byly použity byt v panelovém domě a byt v cihlovém rodinném domě a jako reprezentanti energeticky úspornějšího typu bydlení byly zvoleny tři různé pasivní domy (ve studii označené A, B, C) postavené mimo město a jeden nízkoenergetický dům postavený ve městě.

2.1 Energeticky úsporné budovy

V současné době je na realitním trhu i v provozu řada domů majících nižší energetické provozní nároky. Právní předpisy v České republice týkající se energetických standardů budov jsou poměrně složité. Dle vyhlášky o energetické náročnosti budov platí stávající požadavek na novostavby, které by měly splnit kritéria energetické třídy C.

Zařazení do energetických tříd závisí na srovnání s tak zvanou referenční budovou stejného tvaru, prostorové orientace a prosklení. Přibližná hodnota požadavku na potřebu tepla na vytápění je 40–90 kWh/m² za rok a orientační hodnota požadavku na neobnovitelnou primární energii 120–200 kWh/m² za rok. Nízkoenergetický dům je pak označen pro objekt, jehož měrná spotřeba tepla na vytápění nepřekročí 50 kWh/m² za rok. Standard budovy s téměř nulovou spotřebou energie je povinností pro novostavby velkých veřejných budov od 1. ledna 2016, pro všechny budovy včetně rodinných domů bude platit od 1. ledna 2020. Orientační hodnota požadavku na potřebu tepla na vytápění je 30–70 kWh/m² za rok, orientační hodnota požadavku na neobnovitelnou primární energii je 100–160 kWh/m² za rok (Šance pro budovy, 2016a).

Pasivní dům není v České republice legislativně ukotven, požadavek na energetickou náročnost pasivního domu je stanoven podle metodiky výzkumného institutu Passivhaus Institut v Darmstadtu (Šance pro budovy, 2016a). Název pasivní dům vychází z principu využívání pasivních tepelných zisků vznikajících provozem budovy. Pasivní domy jsou budovy s měrnou spotřebou menší než 15 kWh/m² za rok, kdy část spotřebované energie může být pokryta z obnovitelných zdrojů, avšak celkové množství spotřebované primární energie spojené s provozem budovy nesmí překročit 120 kWh/m² za rok (Hazucha, 2008).

Nízká spotřeba energie pasivních domů není zabezpečena pouze účinnější izolací, kvalitními okny a rekuperací energie z teplejšího vzduchu odváděného z budovy. Vzhledem k požadavku na velmi nízkou spotřebu energie na vytápění je nezbytné dbát zejména na volbu pozemku, orientaci budovy s ohledem na prvky v okolním terénu, na tvarové řešení a členitost stavby, velikost prosklených ploch na jednotlivých fasádách, volbu elektrických spotřebičů, velikost a regulaci otopné soustavy a podobně (Hazucha, 2013). Požadavky na řešení stavby pasivního domu mají za cíl efektivní využití, mimo jiné pasivních tepelných zisků, kterými jsou vnější zisky ze slunečního záření procházejícího okny dovnitř budovy a zisky vnitřní – teplo vyzařované obyvateli domu a spotřebiči (Hazucha, 2008).

Dalším typem energeticky úsporné budovy je energeticky plusový nebo také aktivní dům. Běžně se jím rozumí pasivní či ještě úspornější dům, který produkuje z obnovitelných zdrojů umístěných v rámci budovy či v jejím bezprostředním okolí více energie, než kolik jí sám spotřebuje na provoz. Orientační hodnota požadavku na spotřebu tepla na vytápění je menší než 15 kWh/m² za rok, část může být pokryta z obnovitelných zdrojů. Orientační hodnota požadavku na neobnovitelnou

primární energii je méně než 0 kWh/m² za rok (Šance pro budovy, 2016b). Tento typ budovy rovněž není dosud v ČR legislativně ukotven. Energetická náročnost starších budov či takových, u kterých není na energetickou náročnost kladen zřetel, je značně variabilní a závisí na řadě faktorů. Pro domy ze starší výstavby je typická orientační hodnota požadavku na spotřebu tepla na vytápění 180 a více kWh/m² za rok (Beranovský et al., 2007).

2.2 Byt v panelovém domě

Byt v panelovém domě, použitý ve studii, byl postaven na konci 70. let 20. století. Jedná se o typ VVÚ-ETA o 12 podlažích bez dodatečného zateplení s původními okny v současnosti vyměněnými za plastová. Jedná se o dům typické konstrukční soustavy používané na území hl. m. Prahy od konce 70. let až do roku 1990. Domy konstrukce VVÚ-ETA stojí například v Praze na Jižním Městě (Lipták a Pindel, 2016). Panelový dům je postaven ze železobetonových desek s použitím malého množství polystyrenových desek a minerálně vláknité tepelné izolace. Podlahová plocha celého domu je 6 821,62 m². Podlahová plocha bytu použitého pro studii je 75,99 m².

Teplá voda na vytápění je vedena teplovody z teplárny, která pro získání tepelné energie používá jako palivo uhlí. Ohřev studené vody na teplo probíhá v tepelném elektrickém výměníku pro celý dům. Elektřina uvnitř bytu je používána pouze na provoz běžných spotřebičů. Elektřina ve společných prostorách je používána na osvětlení a provoz výtahu. Za jeden rok je spotřebováno 345 833 kWh tepla na vytápění, 431 388 kWh na ohřev studené vody na teplo a 169 829 kWh elektřiny na provoz běžných bytových spotřebičů, osvětlení a výtahu. Veškeré dopady na životní prostředí jsou přepočítány 75,99 / 6821,62, tedy poměr podlahové plochy jednoho bytu k celkové podlahové ploše celého domu.

2.3 Byt v cihlovém rodinném domě

Jedná se o řadový rodinný dům z 20. let 20. století postavený z pálených cihel s betonovými základy a s pálenou střešní krytinou. Dům není dodatečně zateplený, ale má nová plastová okna. Podlahová plocha domu je 123 m². Vytápění je zajištěno elektrickým kotlem, ohřev vody elektrickým bojlerem. Skutečná spotřeba elektrické energie za jeden rok je 9 650 kWh. Spotřebu elektrické energie na ohřev vody a vytápění nelze oddělit od spotřeby elektrické energie na provoz domu.

2.4 Pasivní dům A

Pasivní dům A je postaven z vápenopískových cihel a železobetonových desek s použitím šedého fasádního polystyrenu jako tepelné izolace ve zdech, skelné vaty jako střešní tepelné izolace, pěnového skla jako tepelné izolace podlahy na terénu a hliníkového plechu jako střešní krytiny. Okna a dveře jsou plastová, opatřená trojsklem. Podlahová plocha domu je 177 m². Jako hlavní zdroj tepla je v objektu navrženo tepelné čerpadlo typu vzduch/vzduch DUPLEX RA4_EC s rekuperací (ATREA). Záložním zdrojem tepla na vytápění je elektrokotel. Teplá voda je připravována pomocí elektrického bojleru s tepelným čerpadlem typu vzduch/voda ARISTON – NUOS o objemu 255 litrů (Kozlová, 2013). Skutečná roční spotřeba elektrické energie je 4 341 kWh. Spotřebu elektrické energie na ohřev vody nelze oddělit od spotřeby elektrické energie na provoz domu.

2.5 Pasivní dům B

Pasivní dům B je postaven z modřínového dřeva, jako izolace je použita kamenná vata, šedý fasádní polystyren a polyisokyanurátová pěna. Na zastřešení je použitý extenzivní substrát na nepropustných geotextiliích. Okna jsou plastová s trojsklem, orientovaná převážně na jižní stranu, dveře jsou hliníkové. Podlahová plocha domu je 102 m². Vytápění je zajištěno spalováním dřeva v krbových kamnech, teplá voda je ohřívána v elektrickém bojleru. Skutečná roční spotřeba elektřiny je 3 074 kWh. Spotřebu elektrické energie na ohřev vody nelze oddělit od spotřeby elektrické

energie na provoz domu. Za jeden rok je v krbových kamnech protopeno 1 m³ dřeva, instalované elektrické přímotopy nebyly využity.

2.6 Pasivní dům C

Pasivní dům C je postaven z konstrukčního systému NOVATOP. Jedná se o panely na bázi vrstveného masivního dřeva. Základy jsou betonové, jako izolace je použita minerální tepelná izolace, pěnové sklo a polystyrenové desky. Okna a dveře jsou dřevěné s trojsklem. Podlahová plocha domu je 180 m². Jako hlavní zdroj tepla je používáno tepelné čerpadlo typu vzduch/vzduch DUPLEX RA4 EC s rekuperací (ATREA). Ohřev vody je průtočný přes akumuláční nádrž s částečným využitím ohřevu v solárních kolektorech. Skutečná roční spotřeba elektrické energie je 6 621 kWh. Spotřebu elektrické energie na ohřev vody nelze oddělit od spotřeby elektrické energie na provoz domu.

2.7 Nízkoenergetický dům

Nízkoenergetický dům je novostavba postavená z vápenopískových cihel a železobetonových desek s použitím šedého fasádního polystyrenu jako tepelné izolace ve zdech, minerální vaty jako střešní tepelné izolace a břidlicové střešní krytiny. Okna a dveře jsou z plastu s trojsklem. Podlahová plocha domu je 247 m². Vytápění je zajištěno spalováním dřeva v krbových kamnech. Ohřev teplé vody je zajištěn tepelným čerpadlem a elektřinou. Skutečná spotřeba elektrické energie za jeden rok je 7 476 kWh. Skutečnou spotřebu elektrické energie na ohřev vody nelze oddělit od spotřeby elektrické energie na provoz domu. Na vytápění krbovými kamny je ročně spotřebováno 6 m³ dřeva. Instalované elektrické rohože na přitápění v pokojích nebyly použity.

2.8 Scénáře dopravy

Tvorba scénářů osobní dopravy byla založena na základě výsledků Sčítání lidu, domů a bytů z roku 2011 (Český statistický úřad, 2011). Uvažovány byly tři nejčastější scénáře meziměstské dopravy obyvatel do zaměstnání. Jednalo se o hromadnou dopravu vlakem a autobusem a o dopravu osobním automobilem. Vzhledem k četnosti využívání osobního automobilu jednou osobou, jak ukázaly výsledky Sčítání lidu, domů a bytů 2011, byla modelována doprava každé osoby vlastním automobilem a doprava tříčlenné rodiny jedním automobilem.

Pro dopravu uvnitř města byla modelována městská hromadná doprava s rovnoměrným zastoupením metra, autobusů a tramvají. Charakteristickým znakem MHD je krátká průměrná přepravní vzdálenost (3 až 15 km) (Široký, 2008), z tohoto důvodu byla doprava MHD namodelována na 3 km a 15 km. Pro modelování dopravních scénářů byly využity namodelované procesy z databáze Ecoinvent. Veškeré dojezdové vzdálenosti jsou vzdálenostmi mezi místem bydliště a místem pracoviště.

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. Ze získaných dat o stavbě a provozu domů/bytu je zpracována analýza životního cyklu pro stavbu a 50 let jejího užívání, a následně provedena srovnávací studie jednotlivých typů bydlení.

3.1 Funkční jednotka a hranice systému

Funkční jednotkou posuzovaných systémů je bydlení a doprava tříčlenné rodiny do práce/školy a zpět každý všední den po dobu 50 let. Tato funkční

jednotka je zajištěna výše zmíněnými druhy obytných domů a bytů a dále různými druhy osobní dopravy.

Do zvolených hranic systému byla zahrnuta výroba jednotlivých stavebních materiálů a součástí potřebných pro stavbu domů, včetně dopravy nákladním automobilem na stavbu. V procesu užívání domu je obsažena spotřeba elektrické energie a energie na vytápění a nakládání s komunálními odpady a s odpadními vodami. Do hranic systému nebyla zahrnuta demolice ani rekonstrukce budov. V rámci dopravy byla uvažována průměrná spotřeba paliva na určitou ujetou vzdálenost a počet cest.

3.2 Přijaté předpoklady

Při sestavení studie LCA byly přijaty následující předpoklady:

- Doba užívání stavby a dojíždění do zaměstnání byla 50 let, což odpovídá produktivní či aktivní době obyvatel.
- Průměrná produkce odpadu a odpadní vody na jednoho obyvatele v České republice byla zvolena na základě dat Českého statistického úřadu pro rok 2015. Jednalo se o 317 kg komunálního odpadu (Český statistický úřad, 2015) a o 54,8 m³ odpadní splaškové vody na osobu a rok (Asio spol. s r.o., 2011–2017).
- Materiálové a energetické náklady na vlastní stavbu domů byly zanedbány. Případové studie, které výslovně uvádějí fáze výstavby, demolice a přepravu materiálů, ukazují, že součet energie potřebné pro tyto fáze je buď zanedbatelný, nebo tvoří přibližně 1% celkové energetické potřeby životního cyklu (Sartori a Hestnes, 2007).
- U všech domů byly uvažovány stejné hliníkové vstupní dveře ASSA ABLOY Steel Door.
- Počet dojezdů do zaměstnání byl předpokládán 260krát za rok. Jedná se o počet pracovních dní. Dovolená nebyla zohledněna.
- Komunální odpady domů ve městě byly odstraněny v zařízení na energetické využití odpadů, odpady z domů mimo město byly skládkovány s ohledem na cíl ZERO WASTE do roku 2024.
- Pro energetickou bilanci domů vytápěných dřevem byl přijat předpoklad výhřevnosti dřeva o hodnotě 11 450 MJ (SK RASEKO MORAVA s.r.o., 2014).
- Doprava veškerého materiálu na stavbu byla zvolena ze vzdálenosti 100 km.
- Doprava materiálu na stavbu nových domů (pasivní domy, nízkoenergetický dům) byla realizována nákladním vozem s dieselovým motorem splňujícím Euro 5 o maximální celkové hmotnosti 32 t, s kapacitou 22 t. Doprava materiálu na stavbu starších domů (panelový dům, cihlový dům) byla realizována nákladním vozem z 80. let 20. století s naftovým motorem o maximální celkové váze 32 t, s kapacitou 24,7 t.
- Zdrojem energie pro výrobu tepla panelového domu bylo zvoleno uhlí. To odpovídá soudobé situaci, kdy 92% tepla v ČR je vyrobeno z uhlí (Pražská teplárenská, 2015).
- Doprava obyvatel domů do a ze zaměstnání byla modelována s použitím současných většinových scénářů. Osobní automobily, použité pro výpočet, byly poháněny spalovacím motorem. Elektromobilita nebyla uvažována.

3.3 Sběr dat, software a charakterizační model

Data týkající se použitých materiálů na stavbu jednotlivých budov byla získána od majitelů domů, z projektových dokumentací, případně vlastním měřením a rešeršní prací. Údaje o spotřebě energií na provoz domu byly získány od obyvatel domů.

Modelování životního cyklu jednotlivých scénářů bylo provedeno na software GaBi 6 (thinkstep, GmbH) s použitím databázi Professional a Ecoinvent. Jako charakterizační model byla zvolena metodika ReCiPe 1.08 (E). Hodnocené kategorie dopadu byly: globální oteplení, úbytek fosilních paliv, úbytek kovů, humánní toxicita, terestriální acidifikace, terestriální ekotoxicita, sladkovodní ekotoxicita, sladkovodní eutrofizace, úbytek stratosférického ozonu, tvorba prachových částic, tvorba fotooxidačních látek.

4 Výsledky porovnání jednotlivých domů

Studie byla zaměřena na zhodnocení environmentálních benefitů bydlení v pasivním domě za hranicemi města v porovnání s bydlením v méně energeticky úsporné budově ve městě. Proto byla provedena analýza tří různých pasivních domů a tří jiných, méně energeticky úsporných typů bydlení ve městě.

V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky indikátorů kategorií dopadu pro životní cyklus jednotlivých domů/bytu a zároveň jsou procentuálně vyjádřeny příspěvky stavby, provozu a odpadového hospodářství. Záporné hodnoty ve sloupci Provozní odpad ukazují úspory (benefity) získané využitím energie a materiálů z odpadového hospodářství. Tyto úspory byly zaznamenány u kategorií dopadu úbytek fosilních paliv, tvorba fotooxidačních látek a terestriální acidifikace a byly realizovány především díky využívání kalů ze zpracování

odpadních vod a produkcí elektrické energie z energetického využívání odpadů či ze skládkového plynu.

V následujících tabulkách uvedené výsledky indikátorů kategorií dopadu ukazují, že environmentální dopady stavby a provozu pasivních domů po dobu 50 let jsou srovnatelné, mají však vliv v rámci odlišných kategorií dopadu. Ve srovnání s provozem a stavbou má vznikající provozní odpad vliv především na kategorie dopadu související s toxicitou a eutrofizací. Zvýšený dopad stavby domu je způsoben použitím materiálů s velkými environmentálními dopady a to především železobetonu, pěnového skla a polystyrenu. Zvýšený dopad v kategorii humánní toxicita v rámci stavby pasivních domů je způsoben velkým množstvím oken se třemi skly, výroba okenních tabulí má velký vliv na tuto kategorii dopadu. Dopady provozu cihlového domu výrazně převyšují dopady stavby domu, jelikož dům je poměrně malý a má velmi vysokou energetickou náročnost.

Tabulka 1: Charakterizační profil pasivního domu A

Kategorie dopadu	Jednotka	Celkem	Stavba	Provoz	Provoz. odpad
Globální oteplování	kg CO ₂ ekv.	247 100	34 %	58 %	8 %
Úbytek fosilních paliv	kg ropy ekv.	57 000	41 %	61 %	-2 %
Sladkovodní ekotoxicita	kg DCB ekv.	1 331	2 %	3 %	95 %
Sladkovodní eutrofizace	kg PO ₄ ³⁻ ekv.	16,0	1 %	2 %	97 %
Humánní toxicita	kg DCB ekv.	523 000	50 %	20 %	30 %
Úbytek kovů	kg Fe ekv.	49 926	99 %	1 %	0 %
Úbytek stratosférického ozonu	kg CFC 11 ekv.	0,0001	99 %	w1 %	0 %
Tvorba prachových částic	kg PM ₁₀ ekv.	216	53 %	47 %	0 %
Tvorba fotooxidačních látek	kg NMVOC	408	47 %	61 %	-8 %
Terestriální acidifikace	kg SO ₂ ekv.	665	46 %	58 %	-4 %
Terestriální ekotoxicita	kg DCB ekv.	632	5 %	2 %	93 %

Tabulka 2: Charakterizační profil pasivního domu B

Kategorie dopadu	Jednotka	Celkem	Stavba	Provoz	Provoz. odpad
Globální oteplování	kg CO ₂ ekv.	127 336	14 %	81 %	5 %
Úbytek fosilních paliv	kg ropy ekv.	30 920	23 %	82 %	-5 %
Sladkovodní ekotoxicita	kg DCB ekv.	1 312	1 %	3 %	96 %
Sladkovodní eutrofizace	kg PO ₄ ³⁻ ekv.	16,5	1 %	5 %	94 %
Humánní toxicita	kg DCB ekv.	394 300	41 %	19 %	40 %
Úbytek kovů	kg Fe ekv.	1 290	53 %	38 %	9 %
Úbytek stratosférického ozonu	kg CFC 11 ekv.	0,001	100 %	0 %	0 %
Tvorba prachových částic	kg PM ₁₀ ekv.	122	22 %	78 %	1 %
Tvorba fotooxidačních látek	kg NMVOC	270	20 %	92 %	-12 %
Terestriální acidifikace	kg SO ₂ ekv.	378	15 %	91 %	-6 %
Terestriální ekotoxicita	kg DCB ekv.	621	3 %	2 %	95 %

Tabulka 3: Charakterizační profil pasivního domu C

Kategorie dopadu	Jednotka	Celkem	Stavba	Provoz	Provoz. odpad
Globální oteplování	kg CO ₂ ekv.	272 972	12 %	81 %	7 %
Úbytek fosilních paliv	kg ropy ekv.	68 740	24 %	78 %	-2 %
Sladkovodní ekotoxicita	kg DCB ekv.	1 338	1 %	4 %	95 %
Sladkovodní eutrofizace	kg PO ₄ ³⁻ ekv.	16,1	1 %	3 %	96 %
Humánní toxicita	kg DCB ekv.	481 880	36 %	32 %	32 %
Úbytek kovů	kg Fe ekv.	35 012	97 %	3 %	0 %
Úbytek stratosférického ozonu	kg CFC 11 ekv.	0,0001	99 %	1 %	0 %
Tvorba prachových částic	kg PM ₁₀ ekv.	280	44 %	55 %	1 %
Tvorba fotooxidačních látek	kg NMVOC	501	31 %	75 %	-6 %
Terestriální acidifikace	kg SO ₂ ekv.	877	36 %	67 %	-3 %
Terestriální ekotoxicita	kg DCB ekv.	684	12 %	3 %	85 %

Tabulka 4: Charakterizační profil nízkoenergetického domu

Kategorie dopadu	Jednotka	Celkem	Stavba	Provoz	Provoz. odpad
Globální oteplování	kg CO ₂ ekv.	483 000	42 %	53 %	5 %
Úbytek fosilních paliv	kg ropy ekv.	106 000	48 %	59 %	-7 %
Sladkovodní ekotoxicita	kg DCB ekv.	1 340	5 %	8 %	87 %
Sladkovodní eutrofizace	kg PO ₄ ³⁻ ekv.	15,4	4 %	29 %	67 %
Humánní toxicita	kg DCB ekv.	693 000	57 %	29 %	14 %
Úbytek kovů	kg Fe ekv.	86 700	99 %	2 %	-1 %
Úbytek stratosférického ozonu	kg CFC 11 ekv.	0,00001	91 %	9 %	0 %
Tvorba prachových částic	kg PM ₁₀ ekv.	575	50 %	54 %	-4 %
Tvorba fotooxidačních látek	kg NMVOC	1 300	39 %	66 %	-5 %
Terestriální acidifikace	kg SO ₂ ekv.	1 870	44 %	59 %	-3 %
Terestriální ekotoxicita	kg DCB ekv.	171	61 %	27 %	12 %

Tabulka 5: Charakterizační profil cihlového domu

Kategorie dopadu	Jednotka	Celkem	Stavba	Provoz	Provoz. odpad
Globální oteplování	kg CO ₂ ekv.	407 000	16 %	78 %	6 %
Úbytek fosilních paliv	kg ropy ekv.	84 400	17 %	92 %	-9 %
Sladkovodní ekotoxicita	kg DCB ekv.	1 264	1 %	7 %	92 %
Sladkovodní eutrofizace	kg PO ₄ ³⁻ ekv.	11,2	1 %	7 %	92 %
Humánní toxicita	kg DCB ekv.	372 000	14 %	60 %	26 %
Úbytek kovů	kg Fe ekv.	2 750	81 %	49 %	-30 %
Úbytek stratosférického ozonu	kg CFC 11 ekv.	0,000008	84 %	15 %	1 %
Tvorba prachových částic	kg PM ₁₀ ekv.	265	23 %	85 %	-8 %
Tvorba foto-oxidačních látek	kg NMVOC	608	21 %	90 %	-11 %
Terestriální acidifikace	kg SO ₂ ekv.	982	19 %	87 %	-6 %
Terestriální ekotoxicita	kg DCB ekv.	87,6	47 %	29 %	24 %

Tabulka 6: Charakterizační profil bytu v panelovém domě

Kategorie dopadu	Jednotka	Celkem	Stavba	Provoz	Provoz, odpad
Globální oteplení	kg CO ₂ ekv.	313595	23 %	69 %	8 %
Úbytek fosilních paliv	kg ropy ekv.	64436	28 %	84 %	-12 %
Sladkovodní ekotoxicita	kg DCB ekv.	1210	2 %	2 %	96 %
Sladkovodní eutrofizace	kg PO ₄ ³⁻ ekv..	10,7	1 %	2 %	97 %
Humánní toxicita	kg DCB ekv.	348107	41 %	32 %	27 %
Úbytek kovů	kg Fe ekv.	42568	100 %	2 %	-2 %
Úbytek stratosférického ozonu	kg CFC 11 ekv.	0,000001	72 %	24 %	4 %
Tvorba prachových částic	kg PM ₁₀ ekv.	206	48 %	63 %	-11 %
Tvorba foto-oxidačních látek	kg NMVOC	477	40 %	75 %	-15 %
Terestriální acidifikace	kg SO ₂ ekv.	684	38 %	71 %	-9 %
Terestriální ekotoxicita	kg DCB ekv.	102	69 %	10 %	21 %

5 Environmentální dopady dopravy

Pro určení bodu zvratu, tedy vzdálenosti pasivního domu od místa každodenního dojezdu jeho obyvatel, do níž se ještě vyplatí z environmentálního hlediska v pasivním domě bydlet, bylo třeba určit, jaké environmentální dopady má doprava daného referenčního toku (3 osoby, 260 dní v roce, 50 let) na jednotkovou vzdálenost 1 km daným dopravním prostředkem. V následující tabulce (Tab. 7) jsou tyto hodnoty uvedeny. Scénář „1 auto“ znamená, že se tři obyvatelé domu dopravují do zaměstnání společně jedním osobním vozem, zatímco ve scénáři „3 auto“ každý z nich použije vlastní automobil. V případě MHD byly do modelu zahrnuty dopravní prostředky autobus, metro a tramvaj ve stejném poměru vzdálenosti 1:1:1.

Ve všech kategoriích dopadu nejvyšších hodnot dosahuje doprava třemi osobními automobily. V kategoriích dopadu globální oteplení, úbytek fosilních paliv a terestriální ekotoxicita jsou další v pořadí téměř shodně: doprava celé rodiny jedním automobilem a doprava autobusem. V kategoriích dopadu sladkovodní eutrofizace, sladkovodní ekotoxicita a humánní toxicita je druhým nejhorším dopravním prostředkem vlak. V kategoriích dopadu tvorba prachových částic, tvorba fotooxidačních látek a terestriální acidifikace je druhým nejhorším dopravním prostředkem autobus. Ve všech kategoriích dopadu, kromě sladkovodní ekotoxicity, sladkovodní eutrofizace, toxicity na člověka a tvorby prachových částic, vychází nejlépe doprava vlakem.

Tabulka 7: Environmentální dopady dopravy na vzdálenost 1 km v rozsahu referenčního toku (3 osoby, 260 dní v roce, 50 let)

Kategorie dopadu	Jednotka	1 auto	3 auta	Autobus	Vlak	MHD
Globální oteplení	kg CO ₂ ekv.	7 660	22 980	8 220	5 570	6 867
Úbytek fosilních paliv	kg ropy ekv.	2 630	7 890	2 920	1 540	2 093
Sladkovodní ekotoxicita	kg DCB ekv.	629	1 887	201	1 150	893
Sladkovodní eutrofizace	kg PO ₄ ³⁻ ekv..	1,80	5,30	0,60	2,80	2,40
Humánní toxicita	kg DCB ekv.	65 700	197 100	27 200	85 500	74 667
Úbytek kovů	kg Fe ekv.	893	2679	197	228	301
Úbytek stratosférického ozonu	kg CFC 11 ekv.	0,0013	0,0038	0,0016	0,0004	0,0008
Tvorba prachových částic	kg PM ₁₀ ekv.	15,3	45,9	26,1	20,6	23,7
Tvorba fotooxidačních látek	kg NMVOC	35,7	107,1	91,1	25,5	50,6
Terestriální acidifikace	kg SO ₂ ekv.	35,2	105,6	68,5	34,4	46,9
Terestriální ekotoxicita	kg DCB ekv.	12,8	38,4	8,5	3,4	5,8

6 Analýza bodu zvratu a určení prahové vzdálenosti

K tomu, aby bylo možné určit, do jaké vzdálenosti se z environmentálního hlediska vyplatí z energeticky úsporných domů dojíždět, bylo třeba zvolit určité základní referenční scénáře. Těmi jsou: bydlení ve městě v méně energeticky úsporném druhu bydlení a s využitím městské hromadné dopravy na vzdálenost 3 a 15 km. Nejprve byly vyjádřeny environmentální dopady bydlení a dopravy pro výše uvedenou funkč-

ní jednotku těchto základních scénářů (50 let, 3 členná domácnost, 3 km, resp. 15 km). Následně byly od jednotlivých výsledků indikátorů kategorií dopadu odečteny hodnoty, které vykazovaly jednotlivé pasivní domy, a získaný rozdíl byl podělen hodnotou indikátoru kategorie dopadu pro 1 km daného dopravního scénáře. Tím byla zjištěna pro každou kategorii dopadu hodnota počtu kilometrů odpovídající vzdálenosti, ve které se environmentální dopady bydlení a dopravy v pasivním domě mimo město a energeticky neúsporném bydlení ve městě

sobě rovnají (prahová vzdálenost). Princip výpočtu je uveden v následující rovnici.

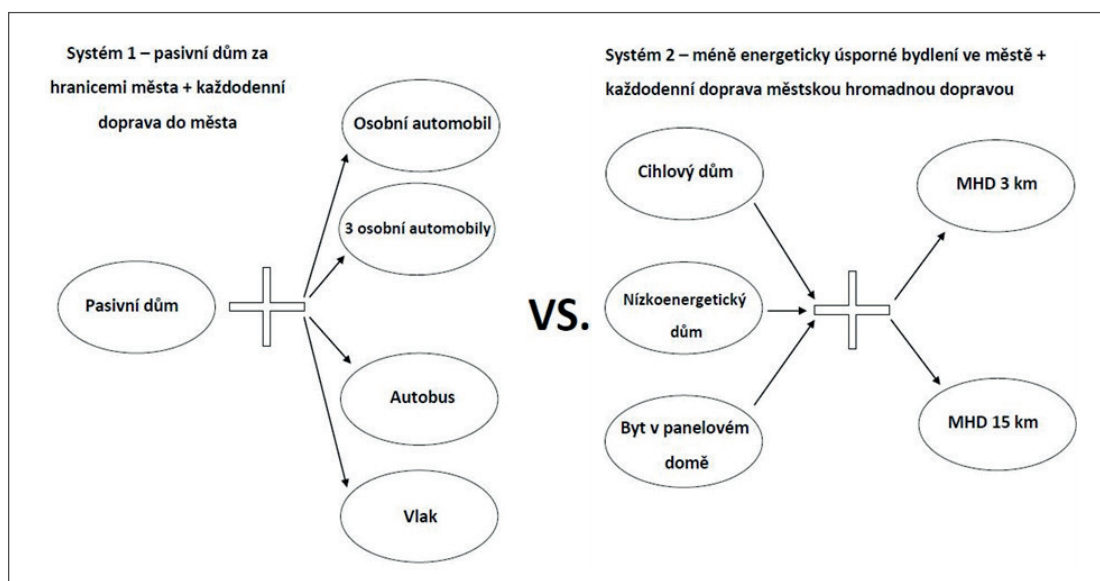
$$\text{Prahová vzdálenost, km} = \frac{(\text{dům ve městě} + \text{MHD}) - \text{pasivní dům}}{\text{dopravní prostředek na vzdál. 1 km}}$$

Je-li ve skutečnosti dojezdová vzdálenost z pasivního domu nižší než určená prahová vzdálenost, bude bydlení v pasivním domě včetně dopravy environmentálně šetrnější než ve městě. Bude-li dojezdová vzdálenost ve skutečnosti větší než prahová vzdálenost, budou environmentální dopady bydlení v pasivním domě včetně dopravy vyšší. Analýzou bodu zvratu je tedy určen počet kilometrů, který lze ujet daným dopravním prostředkem, aby nepříznivý dopad každodenního dojíždění nepřevážil environmentální benefity bydlení v pasivním domě v porovnání s méně energeticky úsporným bydlením uvnitř mě-

sta, avšak s využitím výhradně městské hromadné dopravy pro každodenní přepravu.

Analýzou byly určeny výsledky pro každý jednotlivý typ pasivního domu se započtením meziměstské dopravy do zaměstnání a získané hodnoty byly porovnány s jednotlivými způsoby bydlení a dopravy ve městě. K environmentálním dopadům bydlení ve městě byly přičteny dopady městské hromadné dopravy s rovnoměrným zastoupením autobusu, tramvaje a metra s dopravní vzdáleností 3 nebo 15 km. Obr. 1 graficky znázorňuje porovnávané systémy. V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky analýzy bodu zvratu a jsou v nich uvedeny vypočtené prahové hodnoty dopravy pro jednotlivé domy.

Ze srovnání environmentálních benefitů získaných provozem pasivního domu za hranicemi města v hodnoceném systému 1 s dopady méně energeticky úsporného bydlení ve městě v hodnoceném systé-



Obr. 1: Znázornění srovnávaných systémů v analýze bodu zvratu

Tabulka 8: Dojezdové vzdálenosti z pasivního domu A, pro které jsou environmentální dopady každodenní dopravy a dopady pasivního domu A vyrovnané s environmentálními dopady bydlení ve městě s přepravní vzdáleností 3 km

Pasivní dům A	Auto			3 auta			Autobus			vlak		
	Cihlový dům	Nízkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nízkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nízkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nízkoenerget. dům	Byt v panel. domě
Globální oteplování	23,73	33,64	11,96	7,91	11,21	3,99	22,11	31,35	11,15	32,64	46,26	16,45
Úbytek fosilních paliv	12,74	21,11	4,70	4,25	7,04	1,57	11,51	19,08	4,25	21,77	36,07	8,03
Sladkovodní ekotoxicita	4,23	4,35	4,46	1,41	1,45	1,49	13,04	13,43	13,75	2,27	2,34	2,40
Sladkovodní eutrofizace	1,30	3,65	1,99	0,43	1,22	0,66	3,80	10,68	5,83	0,83	2,32	1,27
Humánní toxicita	1,10	6,01	1,01	0,37	2,00	0,34	2,65	14,51	2,44	0,85	4,64	0,78
Úbytek kovů	0,00	42,17	0,00	0,00	14,06	0,00	0,00	191,03	0,00	0,00	165,34	0,00
Úbytek stratosférického ozonu	1,86	1,86	1,85	0,62	0,62	0,62	1,46	1,46	1,46	5,99	6,00	5,98
Tvorba prachových částic	7,84	28,07	3,72	2,61	9,36	1,24	4,61	16,50	2,19	5,80	20,79	2,76
Tvorba fotooxidačních látek	9,83	29,37	5,83	3,28	9,79	1,94	3,85	11,48	2,28	13,72	40,97	8,13
Terestriální acidifikace	12,95	38,11	4,25	4,32	12,70	1,42	6,66	19,59	2,18	13,24	38,97	4,34
Terestriální ekotoxicita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Průměr	8,27	20,15	4,31	2,76	6,72	1,44	7,64	30,02	4,72	10,80	34,13	5,54

mu 2 vyplývá, že nejdelších prahových vzdáleností dosahuje pasivní dům B, který je z hodnocených pasivních domů nejmenší a postavený z environmentálně nejušpornějších materiálů. Environmentální benefity pasivního domu B jsou natolik významné v porovnání s environmentálními dopady ostatních typů bydlení, že dojezdová vzdálenost, při níž environmentální benefity bydlení v daném domě převažují nad negativy plynoucími z každodenního dojíždění po dobu 50 let, je při použití tří osobních automobilů (tedy každý člen domácnosti jede svým

vozidlem) 10 km, při použití jednoho osobního automobilu pro celou rodinu přibližně 30 km a při dojíždění vlakem či autobusem až 80 km.

Pasivní domy A a C dosahují srovnatelných prahových vzdáleností, pasivní dům C však o něco delších. Pasivní domy A a C jsou co do velikosti stejné, ale pasivní dům C je postavený z materiálů s menšími environmentálními dopady (dřevěné panely), než pasivní dům A (vápenopískové cihly).

Tabulka 9: Dojezdové vzdálenosti z pasivního domu A, pro které jsou environmentální dopady každodenní dopravy a dopady pasivního domu A vyrovnané s environmentálními dopady bydlení ve městě s přepravní vzdáleností MHD 15 km

Pasivní dům A	Auto			3 auta			Autobus			vlak		
	Cihlový dům	Nízkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nízkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nízkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nízkoenerget. dům	Byt v panel. domě
Kategorie dopadu												
Globální oteplování	34,51	44,42	22,74	11,50	14,81	7,58	32,16	41,39	21,19	47,46	61,09	31,28
Úbytek fosilních paliv	22,27	30,64	14,23	7,42	10,21	4,74	20,13	27,69	12,86	38,06	52,36	24,32
Sladkovodní ekotoxicita	21,59	21,71	21,82	7,20	7,24	7,27	66,58	66,97	67,30	11,60	11,67	11,73
Sladkovodní eutrofizace	17,53	19,88	18,22	5,84	6,63	6,07	51,24	58,12	53,27	11,15	12,64	11,59
Humánní toxicita	14,65	19,56	14,56	4,88	6,52	4,85	35,35	47,21	35,13	11,29	15,08	11,22
Úbytek kovů	0,00	46,23	0,00	0,00	15,41	0,00	0,00	209,41	0,00	0,00	181,25	0,00
Úbytek stratosférického ozonu	9,48	9,49	9,48	3,16	3,16	3,16	7,46	7,46	7,45	30,61	30,62	30,60
Tvorba prachových částic	26,39	46,63	22,28	8,80	15,54	7,43	15,52	27,41	13,10	19,54	34,53	16,50
Tvorba fotooxidačních látek	26,87	46,41	22,87	8,96	15,47	7,62	10,51	18,15	8,94	37,49	64,74	31,90
Terestriální acidifikace	28,90	54,07	20,20	9,63	18,02	6,73	14,86	27,80	10,39	29,55	55,28	20,66
Terestriální ekotoxicita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Průměr	19,72	31,94	15,76	6,57	10,65	5,25	23,82	47,73	20,90	23,67	48,33	18,42

Tabulka 10: Dojezdové vzdálenosti z pasivního domu B, pro které jsou environmentální dopady každodenní dopravy a dopady pasivního domu B vyrovnané s environmentálními dopady bydlení ve městě s přepravní vzdáleností MHD 3 km

Pasivní dům B	Auto			3 auta			Autobus			vlak		
	Cihlový dům	Nízkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nízkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nízkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nízkoenerget. dům	Byt v panel. domě
Kategorie dopadu												
Globální oteplování	40,7	50,6	28,9	13,6	16,9	9,6	37,9	47,2	27,0	56,0	69,6	39,8
Úbytek fosilních paliv	22,7	31,0	14,6	7,6	10,3	4,9	20,5	28,1	13,2	38,7	53,0	25,0
Sladkovodní ekotoxicita	4,3	4,4	4,5	1,4	1,5	1,5	13,1	13,5	13,8	2,3	2,4	2,4
Sladkovodní eutrofizace	1,1	3,4	1,8	0,4	1,1	0,6	3,2	10,1	5,2	0,7	2,2	1,1
Humánní toxicita	3,0	8,0	3,0	1,0	2,7	1,0	7,3	19,2	7,1	2,3	6,1	2,3
Úbytek kovů	2,6	96,8	47,1	0,9	32,3	15,7	12,0	438,3	213,5	10,4	379,4	184,8
Úbytek stratosférického ozonu	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	2,1	2,1	2,1
Tvorba prachových částic	14,0	34,2	9,9	4,7	11,4	3,3	8,2	20,1	5,8	10,4	25,3	7,3
Tvorba fotooxidačních látek	13,7	33,3	9,7	4,6	11,1	3,2	5,4	13,0	3,8	19,2	46,4	13,6
Terestriální acidifikace	21,1	46,3	12,4	7,0	15,4	4,1	10,9	23,8	6,4	21,6	47,3	12,7
Terestriální ekotoxicita	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Průměr	13,7	29,9	13,5	4,6	10,0	4,5	13,1	55,1	26,9	18,3	58,6	27,6

Tabulka 11: Dojezdové vzdálenosti z pasivního domu B, pro které jsou environmentální dopady každodenní dopravy a dopady pasivního domu B vyrovnané s environmentálními dopady bydlení ve městě s přepravní vzdáleností MHD 15 km

Pasivní dům B Kategorie dopadu	Auto			3 auta			Autobus			vlak		
	Cihlový dům	Nizkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nizkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nizkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nizkoenerget. dům	Byt v panel. domě
Globální oteplování	51,5	61,4	39,7	17,2	20,5	13,2	48,0	57,2	37,0	70,8	84,4	54,6
Úbytek fosilních paliv	32,2	40,6	24,2	10,7	13,5	8,1	29,1	36,7	21,8	55,0	69,3	41,3
Sladkovodní ekotoxicita	21,6	21,7	21,8	7,2	7,2	7,3	66,7	67,1	67,4	11,6	11,7	11,7
Sladkovodní eutrofizace	17,3	19,7	18,0	5,8	6,6	6,0	50,6	57,5	52,6	11,0	12,5	11,5
Humánní toxicita	16,6	21,5	16,5	5,5	7,2	5,5	40,0	51,9	39,8	12,8	16,6	12,7
Úbytek kovů	6,7	100,8	51,2	2,2	33,6	17,1	30,4	456,7	231,9	26,3	395,3	200,7
Úbytek stratosférického ozonu	8,3	8,3	8,3	2,8	2,8	2,8	6,5	6,5	6,5	26,7	26,8	26,7
Tvorba prachových částic	32,5	52,8	28,4	10,8	17,6	9,5	19,1	31,0	16,7	24,1	39,1	21,0
Tvorba fotooxidačních látek	30,8	50,3	26,8	10,3	16,8	8,9	12,0	19,7	10,5	42,9	70,2	37,3
Terestriální acidifikace	37,1	62,2	28,4	12,4	20,7	9,5	19,1	32,0	14,6	37,9	63,6	29,0
Terestriální ekotoxicita	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Průměr	25,5	41,7	25,3	8,5	13,9	8,4	30,8	72,8	44,7	32,5	72,8	41,8

Tabulka 12: Dojezdové vzdálenosti z pasivního domu C, pro které jsou environmentální dopady každodenní dopravy a dopady pasivního domu C vyrovnané s environmentálními dopady bydlení ve městě s přepravní vzdáleností MHD 3 km

Pasivní dům C Kategorie dopadu	Auto			3 auta			Autobus			vlak		
	Cihlový dům	Nizkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nizkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nizkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nizkoenerget. dům	Byt v panel. domě
Globální oteplování	26,6	36,5	14,9	8,9	12,2	5,0	24,8	34,0	13,8	36,6	50,2	20,4
Úbytek fosilních paliv	7,6	16,0	0,0	2,5	5,3	0,0	6,9	14,5	0,0	13,0	27,3	0,0
Sladkovodní ekotoxicita	4,2	4,3	4,4	1,4	1,4	1,5	13,0	13,4	13,7	2,3	2,3	2,4
Sladkovodní eutrofizace	1,3	3,6	2,0	0,4	1,2	0,7	3,7	10,6	5,7	0,8	2,3	1,2
Humánní toxicita	1,6	6,5	1,5	0,5	2,2	0,5	3,9	15,8	3,7	1,2	5,0	1,2
Úbytek kovů	0,0	58,8	9,2	0,0	19,6	3,1	0,0	266,5	41,7	0,0	230,7	36,1
Úbytek stratosférického ozonu	1,8	1,8	1,8	0,6	0,6	0,6	1,4	1,4	1,4	5,9	5,9	5,9
Tvorba prachových částic	0,4	20,7	0,0	0,1	6,9	0,0	0,2	12,1	0,0	0,3	15,3	0,0
Tvorba fotooxidačních látek	6,2	25,7	2,2	2,1	8,6	0,7	2,4	10,1	0,9	8,7	35,9	3,1
Terestriální acidifikace	6,1	31,3	0,0	2,0	10,4	0,0	3,2	16,1	0,0	6,3	32,0	0,0
Terestriální ekotoxicita	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Průměr	6,9	20,2	4,3	2,3	6,7	1,4	7,0	35,7	7,9	9,3	38,1	7,6

Tabulka 13: Dojezdové vzdálenosti z pasivního domu C, pro které jsou environmentální dopady každodenní dopravy a dopady pasivního domu C vyrovnané s environmentálními dopady bydlení ve městě s přepravní vzdáleností MHD 15 km

Pasivní dům A Kategorie dopadu	Auto			3 auta			Autobus			vlak		
	Cihlový dům	Nizkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nizkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nizkoenerget. dům	Byt v panel. domě	Cihlový dům	Nizkoenerget. dům	Byt v panel. domě
Globální oteplování	37,4	47,3	25,6	12,5	15,8	8,5	34,9	44,1	23,9	51,4	65,1	35,3
Úbytek fosilních paliv	17,2	25,5	9,1	5,7	8,5	3,0	15,5	23,1	8,2	29,3	43,6	15,6
Sladkovodní ekotoxicita	21,6	21,7	21,8	7,2	7,2	7,3	66,5	66,9	67,3	11,6	11,7	11,7
Sladkovodní eutrofizace	17,5	19,8	18,2	5,8	6,6	6,1	51,1	58,0	53,2	11,1	12,6	11,6
Humánní toxicita	15,2	20,1	15,1	5,1	6,7	5,0	36,6	48,4	36,4	11,7	15,5	11,6
Úbytek kovů	0,0	62,9	13,3	0,0	21,0	4,4	0,0	284,9	60,1	0,0	246,6	52,0
Úbytek stratosférického ozonu	9,5	9,5	9,5	3,2	3,2	3,2	7,4	7,4	7,4	30,6	30,6	30,5
Tvorba prachových částic	19,0	39,2	14,9	6,3	13,1	5,0	11,2	23,0	8,7	14,0	29,0	11,0
Tvorba fotooxidačních látek	23,2	42,8	19,2	7,7	14,3	6,4	9,1	16,7	7,5	32,4	59,7	26,8
Terestriální acidifikace	22,1	47,3	13,4	7,4	15,8	4,5	11,4	24,3	6,9	22,6	48,3	13,7
Terestriální ekotoxicita	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Průměr	18,3	31,9	15,5	6,1	10,6	5,2	23,2	53,4	25,3	22,2	52,3	21,3

7 Závěr

Energeticky úsporné domy představují ve srovnání s energeticky náročnějšími budovami přínos pro životní prostředí. Vede-li však bydlení v těchto domech k nárůstu každodenní dojezdové vzdálenosti obyvatel, mohou environmentální dopady dopravy získané benefity energeticky úsporného bydlení převážit. V této práci byly uvedeny prahové dojezdové vzdálenosti pro různé typy environmentálních dopadů, při kterých se environmentální dopady bydlení v energeticky úsporných a neúsporných domech vyrovnávají. Pasivní dům přináší úsporu především v kategoriích globální oteplování, úbytek fosilních paliv, terestriální acidifikace, tvorba fotooxidačních látek a tvorba prachových částic.

Vzhledem k současným trendům dopravy v osobních vozech poháněných spalovacími motory a s obsazeností 1 osoba/vůz lze za prahovou vzdálenost považovat hodnotu 10 km. V případě použití hromadného dopravního prostředku se lze s prahovou vzdáleností dostat až na hodnotu 80 km. V případě rozvoje environmentálně šetrných způsobů dopravy lze očekávat prodloužení zjištěných prahových vzdáleností.

8 Literatura

Asio spol. s r. o., 2011–2017. *Výpočet množství vod a přiváděného znečištění. Asio čištění a úprava vod – Výpočty – Návrh velikosti a typu biologické ČOV.* <http://www.asio.cz/cz/navrh-velikosti-a-typu-biologicke-cov>

Beranovský, J.; Hudcová, L.; Kašparová, M.; Macholda, F.; Srdečný, K.; Truxa, J., 2007. *Zásady výstavby nízkoenergetických domů.* EkoWATT – Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie. <http://ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-nizkoenergeticky-domu>

Cabeza, L. F.; Rincón, L.; Vilariño, V.; Pérez, G.; Castell, A., 2014. *Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review.* Renewable and Sustainable Energy Reviews 29(Supplement C), 394–416. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037>

Český statistický úřad, 2015. *Produkce, využití a odstranění odpadu a produkce druhotných surovin v roce 2015.* Český statistický úřad, Praha.

Český statistický úřad, 2011. *Sčítání lidu domů a bytů 2011.* Český statistický úřad. <https://www.czso.cz/csu/sldb>

Hazucha, J., 2013. *Technické a dispoziční řešení pasivního domu.* Informační a propagační materiál. Centrum pasivního domu, Brno.

Hazucha, J., 2008. *Seznamte se – pasivní dům.* Chlazení klimatizace 14(5), 4–7.

Kozlová, K., 2013. *Pasivní RD Černošice.* Pasivní domy. <http://www.pasivnidomy.cz/domy/pasivni-rd-cernosice-335#technicke-parametry>

Lipták, M.; Pindel, T., 2016. *Konstrukční soustavy.* Panelaky.info, vše o panelových domech. <http://panelaky.info/konstrukcni-soustavy/>

Pražská teplárenská, 2015. *Výroční zpráva 2015.* Pražská teplárenská.

Sartori, I.; Hestnes, A. G., 2007. *Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article.* Energy and Buildings 39(3), 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.07.001>

SK RASEKO MORAVA s.r.o., 2014. *Palivové dříví a vše o něm.* Drevomorava.cz. <https://www.drevomorava.cz/inpage/vse-o-palivovem-drivi/>

Šance pro budovy, 2016a. *Jak se vyznat v energetických standardech budov.* Energeticky soběstačné budovy V(3), 30–31.

Šance pro budovy, 2016b. *Energetické standardy budov.* <http://www.sanceprobudovy.cz/assets/files/Energeticke%20standarty.pdf>

Široký, J., 2008. *Přepravní vzdálenost.* <http://homen.vsb.cz/~s1i95/mhd/znakymhd2.htm> (viděno 1. 2. 2017)