



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ
INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

UHLÍKOVÁ STOPA VE STAVEBNICTVÍ A JEJÍ TEORETICKÁ HODNOTA

THE CARBON FOOTPRINT OF THE BUILDING INDUSTRY AND ITS
THEORETICAL VALUE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Miroslav Halama

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ZDENĚK KREJZA, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T038 Management stavebnictví (N)
Pracoviště	Ústav stavební ekonomiky a řízení

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Miroslav Halama
Název	Uhlíková stopa ve stavebnictví a její teoretická hodnota
Vedoucí práce	Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

TŘEBICKÝ, V., (2016): Metodika stanovení uhlíkové stopy podniku a postup pro její snížení. CI2, o. p. s., Rudná, 22 s., ISBN: 978-80-906341-3-8

Nenseth, V., Třebický, V. a kol., (2016): Zahraniční inspirace. Adaptace na změnu klimatu. CI2, o. p. s., Rudná, 38 s., ISBN: 978-80-906341-6-9

KHAJLOVÁ, V., PAVELČÍK, P., PETRUCHA, D., (2016): Mezinárodní dobrá praxe jako inspirace: Klimaticky odpovědné podnikání v mezinárodní praxi. CI2, o. p. s., Rudná, 40 s., ISBN: 978-80-906341-2-1

NOVÁK, J., PAVELČÍK, P., TŘEBICKÝ, V. (2016): Využití indikátoru na místní úrovni od A do Z. Rudná: CI2, o. p. s., 52 s.. ISBN: 978-80-906341-1-4

CI2, o. p. s. (2015): Uhlíková stopa českého byznysu. CI2, o.p.s., Rudná.

Zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku v aktuálním znění

Vyhláška č. 441/2013 Sb. prováděcí vyhláška k zákonu o oceňování majetku v aktuálním znění

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je analyzovat uhlíkovou stopu ve stavebnictví a identifikovat její zdroje v procesu výstavby.

1. Definice základních pojmů uhlíková stopa, ekologie, ekvivalent oxidu uhličitého, skleníkový plyn, atmosféra, náklady atd.
2. Stanovení metody výpočtu uhlíkové stopy.
3. Identifikace zdrojů oxidu uhličitého
4. Kvantifikace uhlíkové stopy a analýza vlivu na cenu obvyklou.

Výstupem práce bude kvantifikace uhlíkové stopy stavebního objektu na základě případové studie.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předkládaná diplomová práce zpracovává výpočet velikosti uhlíkové stopy ve výrobní fázi rodinného domu, z hlediska materiálové náročnosti, v nízkoenergetickém a běžném provedení. Počítá Průkaz energetické náročnosti budov pro dvě varianty hodnoceného rodinného domu. Zabývá se problematikou komplexního vlivu lidské činnosti na životní prostředí. Dále stanovuje teoretický výpočet pro ocenění ekvivalentu uhlíkové stopy. Následně vyhodnocuje ekonomickou náročnost investice do výstavby již zmiňovaných rodinných domů v závislosti nákladů na materiál a likvidaci oxidu uhličitého. Cílem této práce je analýza uhlíkové stopy v oboru stavebnictví se zaměřením na realizaci nízkoenergetické a běžné výstavby a zpracování studie o produkci uhlíkové stopy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Uhlíková stopa, ekologie, životní prostředí, ekologická architektura, nízkoenergetický dům, průkaz energetické náročnosti, oceňování staveb, položkový rozpočet, limitka materiálů.

ABSTRACT

Presented theses dealing with the complex influence of human activity on the environment. Particularly provides the calculation of carbon footprint volume consumed during manufacturing of raw materials used for a normal and a low-energy house. The calculation of the energy performance certificate for both variants is also included. To evaluate of economical demanding investment to both mentioned houses including carbon dioxide disposal, the theoretical calculation of the price of carbon footprint equivalent has to be determined. The aim of this study is an investigation of carbon footprint in construction industry focusing on the production of carbon dioxide during the realization of a normal and low-energy house.

KEYWORDS

Carbon footprint, ecology, ecological architecture, low energy house, proof of energy performance of buildings, valuation of buildings, itemized budget, material limit.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29. 12. 2017

Bc. Miroslav Halama
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 29. 12. 2017

Bc. Miroslav Halama
autor práce

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Miroslav Halama *Uhlíková stopa ve stavebnictví a její teoretická hodnota*. Brno, 2017. 92 s., 6 příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto chci poděkovat svému vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Zdeňku Krejzovi, Ph.D., za odbornou pomoc a dohled nad smyslem celé práce. Dále chci poděkovat panu RNDr. Aleši Tomčalovi Ph.D. za odborné konzultace, panu Mgr. Jakubu Stoličkovi za korekci a své rodině za pevné nervy.

OBSAH

ÚVOD	13
1. PROBLEMATIKA A CÍL PRÁCE	16
1.1 PROBLEMATIKA PRÁCE.....	16
1.2 CÍL PRÁCE.....	16
2. ENVIRONMENT VE STAVEBNICTVÍ.....	17
2.1 EKOLOGIE A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	17
2.1.1 Definice základního názvosloví.....	17
2.1.2 Vliv lidské činnosti na planetu	17
2.1.3 Ekologický zájem společnosti	19
2.1.4 Ekologická architektura	20
2.1.5 Zelená politika?	22
2.2 STAVEBNICTVÍ JAKO ENERGETICKY EFEKTIVNÍ OBOR.....	23
2.2.1 Definice základního názvosloví.....	23
2.2.2 Boom nízkoenergetických staveb.....	24
2.2.3 Ekonomika staveb.....	25
2.2.4 Environmentální dopad produkcí efektivních budov	26
2.3 UHLÍKOVÁ STOPA	28
2.3.1 Definice základního názvosloví.....	28
2.3.2 Úvod do problematiky	28
2.3.3 Stanovení uhlíkové stopy výrobků	33
2.3.4 Metodika určení hodnoty CO ₂ zkoumané budovy	35
2.4 ZÁKONNÉ PODMÍNKY ČESKÉ REPUBLIKY	37
2.4.1 Zákony, směrnice, normy a nařízení vlády.....	38
2.4.2 Indikátory udržitelnosti.....	38
2.4.3 LCA	39
2.4.4 Environmentální prohlášení o produktu (EPD).....	41
3. OCEŇOVÁNÍ.....	42
3.1 DEFINICE ZÁKLADNÍHO NÁZVOSLOVÍ.....	42
3.2 ZPŮSOBY OCEŇOVÁNÍ NEMOVITOSTÍ.....	43
3.2.1 Nákladový způsob	43

3.2.2	Výnosový způsob	44
3.2.3	Porovnávací způsob	44
3.3	STANOVENÍ CENY STAVBY	44
3.3.1	Souhrnný rozpočet stavby	44
3.3.2	Položkový rozpočet	44
3.3.3	Metoda agregovaných položek	45
3.4	VLIV UHLÍKOVÉ STOPY NA VELIKOST CENY	45
3.5	CENA TUNY CO ₂ (SYSTÉM EU ETS)	46
4.	PŘÍPADOVÁ STUDIE.....	50
4.1	SEZNÁMENÍ S PROJEKTOVOU DOKUMENTACÍ	50
4.1.1	Popis využití objektu	50
4.1.2	Konstrukční řešení objektu	51
4.2	PŘEDPOKLADY VÝPOČTU	52
4.3	VARIANTA NÍZKOENERGETICKÉHO RD	53
4.3.1	Popis návrhu konstrukční a materiálové náročnosti	53
4.3.2	Výpočet součinitele prostupu tepla U	53
4.3.3	Penb klasifikační třída A	55
4.3.4	Položkový rozpočet	56
4.3.5	Upravená limitka materiálů	57
4.3.6	Výpočet velikosti uhlíkové stopy	59
4.3.7	Ocenění uhlíkové stopy	61
4.4	VARIANTA BĚŽNÉHO RD	62
4.4.1	Popis návrhu kční a materiálové náročnosti	62
4.4.2	Výpočet součinitele prostupu tepla U	62
4.4.3	Penb klasifikační třídy C	63
4.4.4	Položkový rozpočet	64
4.4.5	Upravená limitka materiálů	65
4.4.6	Výpočet velikosti uhlíkové stopy	67
4.4.7	Ocenění uhlíkové stopy	69
5.	POROVNÁNÍ VYPOČÍTANÝCH HODNOT	70
5.1	POŘIZOVACÍ CENY MATERIÁLŮ	70
5.2	VELIKOST UHLÍKOVÉ STOPY	71

5.3	CENA UHLÍKOVÉ STOPY VČETNĚ CEN MATERIÁLŮ	72
6.	VYHODNOCENÍ PŘÍPADOVÉ STUDIE	73
6.1	GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ VÝSLEDKŮ.....	73
6.2	MODELOVÉ SITUACE TRHU.....	75
7.	ZÁVĚR	78
	POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE.....	80
	SEZNAM TABULEK.....	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	87
	SEZNAM GRAFŮ	88
	SEZNAM ROVNIC	89
	SEZNAM PŘÍLOH	90
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKTRATEK.....	91

ÚVOD

Země, vztaženo k poloze Slunce, je třetí planetou sluneční soustavy. Zatím jedinou svého druhu, na které byla zjištěna existence života a podmínek jeho podpory. Naše planeta je tvořena sedmi světadíly, velkou rozlohou oceánů a vrstvou atmosférických plynů nazývanou Zemská atmosféra. Právě ta významně podporuje existenci života na Zemi, jelikož absorbuje ultrafialové sluneční záření, které je jinak pro živé organismy smrtící. Atmosféra je rozdělena do několika dílčích vrstev, z nichž každá má specifické složení a teplotu. Dominantní je vrstva tvořená dusíkem o celkovém podílu 78,09 %, kyslík tvoří 20,95 % a přibližně 0,93 % připadá na ostatní plyny, do nichž svým podílem 0,039 % podílem spadá oxid uhličitý (CO_2), který je označován skleníkovým plynem. Produkce skleníkových plynů je představována zmiňovaným oxidem uhličitým (CO_2), metanem (CH_4) a oxidem dusným (N_2O). Vznikají několika procesy: a) spalováním fosilních paliv a biomasy, b) anaerobním rozkladem organických látek, c) skladováním odpadů, d) průmyslovou výrobou. Těmito činnostmi je zapříčiněn skleníkový efekt Země. Koncentrace CO_2 se řadí mezi pravděpodobně nejvyšší za uplynulých 650 tisíc let, a proto je tento plyn prioritním problémem lidstva jako celku. [1]



Obrázek 1 - Planeta Země

(zdroj: www.carpentiersalesandmarketing.com)

Na skleníkový efekt lze nahlížet dvěma způsoby. Jednak pozitivně, jelikož bez skleníkového efektu by se Zemský povrch ochladil a průměrná teplota by dosahovala -18 stupňů Celsiovi stupnice. Za druhé negativně, ve smyslu globálního oteplování zapříčiněného lidskou činností, jež započalo na začátku 20. století. Přibližně 97 % klimatologů tvrdí, že globální oteplování existuje a je způsobeno antropogenní činností, ale naleznou se i tací, kteří tvrdí opak a bojují proti jakýmkoliv opatřením. Jejich hlas je však nepatrný a není na ně brán velký zřetel. Odborníci stanovili přibližnými výpočty s výhledem do roku 2100, že by měla povrchová teplota Země do tohoto roku stoupnout v rozmezí od 0,3 až po 1,7 °C. Zahrnut byl předpoklad snížení

produkce CO₂, avšak uvažováno bez tohoto předpokladu vzroste povrchová teplota Země až o 4,8 °C. [1], [2]

Značná část populace začala přehodnocovat svůj postoj k těmto problémům spojeným s životním prostředím. Současně s malými kroky jednotlivců jsou uskutečňovány větší kroky eko-organizací. Minimalizace ohrožení planety Země je představováno dvěma strategiemi. První zakládá na samotném nástroji v podobě rozumu, jako je věda a technologie, zajišťující obdobný chod společnosti ohleduplné k životnímu prostředí. Druhá strategie spoléhá na změnu chování společnosti, a na vybudování ekologicky prospěšných návyků.

Aktivita člověka v různých odvětvích počínaje dopravou, přes obor potravin, až po stavebnictví uvolňuje přímo či nepřímo skleníkové plyny. K jejich omezení se zavázaly vlády na klimatickém summitu OSN v Paříži koncem roku 2015. [3], [4]

Po roce 2010 vešlo v platnost nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 305/2011 stanovující jednotné podmínky uvádění stavebních výrobků na trh. Do toho nařízení byl zainteresován již sedmý požadavek, a tj.: „Stavba musí být navržena, provedena a zbourána takovým způsobem, aby bylo zajištěno udržitelné použití přírodních zdrojů“. Sem se řadí recyklovatelnost, trvanlivost staveb a použití takových materiálů, jež jsou šetrné k životnímu prostředí. Mezi jednu z možností jak prokázat soulad s tímto nařízením Evropského parlamentu je metoda posuzování životního cyklu. Je označována jako LCA (Life Cycle Assessment) a je na ní založeno environmentální prohlášení o produktu (Environmental Product Declaration – EPD). Součástí výstupů z těchto studií je i stanovení ukazatele uhlíkové stopy. [4], [5]

V oboru stavebnictví i v mnoha jiných oborech je EPD na území ČR pouze na začátku, ale např. v Německu, Itálii či Norsku je už na vysoké úrovni a v souladu s metodou EPD byly uskutečňovány již stovky projektů. Pro zjištění uhlíkové stopy určitého typu stavby, nebo budovy obecně je zapotřebí mnoho externích dat, které na sobě nemají přímou závislost. Tento ukazatel nemusí být vždy prioritním pro rozhodnutí úrovně ekologické šetrnosti, materiálu, výrobku či stavby. [4], [5]

Proč se stanovuje? Uhlíková stopa ukazuje závislost budovy na fosilních palivech, a to jak při její realizaci, tak i jejím provozu. Tato informace je v 21. století, ve kterém rapidně vzrostla snaha snížení uhlíkové stopy, stěžejní z hlediska ekonomického, ekologického a mnoha dalších. [4], [5]

Pojem uhlíková stopa představuje sumu všech skleníkových plynů a stává se jistým ukazatelem dopadu lidské činnosti na životní prostředí. Jedná se o nepřímý ukazatel spotřeby energií, výrobků, služeb a je měřítkem dopadu fungování společnosti na životní prostředí (zejména na klimatické změny). Uhlíkovou stopu lze chápat a měřit na několika úrovních- národní, městské, individuální, podnikové či na úrovni výrobku. [7]

„Skutečná hloubka dnešní ekologické krize nespočívá pouze v tom, že společnost ničí přírodu. Spočívá v tom (a tato dimenze je pro naši šanci na přežití možná podstatnější), že příroda je ničena společností, která nedokáže evidentní důkazy o sebevražednosti svého počínání pochopit jako signály ke změně svého jednání. Proč je pro člověka, obdařeného schopností analyzovat a řešit problémy tak obtížné vyřešit úkol, na kterém je založena jeho další existence?“ [7]



Obrázek 2 - Znárodnění produkce skleníkových plynů
(zdroj: www.greenpeace.org)

V závislosti na uvedených faktech, jistě každý člověk musí zaujmout určitou hladinu rostoucí ekologické krize. Postoj k tomuto problému má mít společnost jako celek, a hledat to nejprogressivnější a nejefektivnější řešení. Právě proto by nám náš pud sebezáchovy měl nařídít radikální změnu způsobu chování k životnímu prostředí.

1. PROBLEMATIKA A CÍL PRÁCE

1.1 PROBLEMATIKA PRÁCE

Úkolem práce je komplexní vyjádření dopadu aktivit oboru stavebnictví na životní prostředí. Práce se zabývá výzkumem efektu redukce uhlíkové stopy a existence její nejvyšší hodnoty v určité části stavebního díla. Zaměřuje se na teoretickou hodnotu a vytvoření ukazatele ocenění uhlíkové stopy. Tyto problémy řeší z pohledu materiálové náročnosti nízkoenergetických a běžných staveb. Objasňuje problematiku vlivu uhlíkové stopy na velikost nákladové ceny.

1.2 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem je analýza uhlíkové stopy v oboru stavebnictví se zaměřením na nízkoenergetickou a běžnou výstavbu. Zpracování studie o produkci uhlíkové stopy. Její kvantifikace v jednotlivých konstrukcích stavby a následné ocenění pomocí položkového rozpočtu. Na základě takového rozpočtu je možné stanovit teoretickým výpočtem finanční ukazatel zohledňující produkci uhlíkové stopy v návaznosti na životní cyklus produktu. Stanovuje teoretický výpočet velikosti uhlíkové stopy, její největší výskyt v části stavebního díla a její obvyklé ceny. Objasnění vztahu nákladové ceny a velikosti uhlíkové stopy. Výstupem práce je přenos informací do podvědomí společnosti o závažnosti tohoto tématu. Dále o zátěži životního prostředí vlivem oboru stavebnictví a porovnání pořizovací ceny nízkoenergetické a běžné výstavby s kvantifikací uhlíkové stopy.

2. ENVIRONMENT VE STAVEBNICTVÍ

Pojem environment představuje anglický ekvivalent slovního spojení *životní prostředí* a existuje pro něj několik definic. Nejznámější a v oboru ekologie nejvlivnější definice je definice přijatá od norského profesora Wika: „*Jedná se o tu část světa, se kterou je živý organismus ve stálé interakci, to znamená, kterou používá, mění a která se musí přizpůsobovat.*“ přijatá na konferenci UNESCO konající se v Paříži roku 1967. [11]

2.1 EKOLOGIE A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

2.1.1 Definice základního názvosloví

Pro úplnost a celistvost celé práce je potřeba stanovení a definice základního názvosloví, kterému bude vždy věnována první kapitola nového tématu.

Životní prostředí = „*Vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména: ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie.*“ Definice uvedená v zákoně České Republiky č. 17/1992 Sb., o životním prostředí. Životní prostředí je tvořeno třemi základními složkami a tj. půda, voda a vzduch. Tyto tři složky jsou zároveň složkami abiotickými. Vedle těchto abiotických faktorů člověk vzájemně působí i s těmi biotickými, kterými jsou živé organismy. Studium těchto vztahů se podrobněji zabývá environmentalistika. [8], [9]

Ekologie = zcela poprvé byl tento pojem definován německým filozofem a biologem Ernssem Haeckelem v roce 1869: „*Věda o vztazích organismů k okolnímu světu*“. Slovo ekologie vzniklo z řeckého slova *oikos*- prostředí, dům, domácnost, jež je příponou ke slovu *logos*- věda. Mezi jednu z nejznámějších se řadí Krebsova definice: „*Ekologie je vědecké studium procesů regulujících distribuci, abundanci organismů a jejich vzájemné vztahy a studium toho, jak tyto organismy naopak zprostředkovávají transport a transformaci energie a hmoty v biosféře (především studium struktury a funkce ekosystémů)*“. [1]

2.1.2 Vliv lidské činnosti na planetu

Lidská existence ve většině svých činností produkuje značné množství odpadních materiálů a zatěžuje tím životní prostředí. Zátěž je představována kontaminací horninového prostředí, podzemních či povrchových vod a produkcí skleníkových plynů. Na základě těchto negativních dopadů na planetu, by se měly firmy řídit filosofií udržitelnosti. Udržitelností se rozumí, že ekonomické, ekologické a sociální faktory podniku se posuzují jako rovnocenné. Globálním problémem je nedostatečná vzdělanost a ochota značného počtu firem chovat se ekologicky. Lidská činnost je představována světovým hospodářstvím, které lze dělit do několika skupin. Ty zahrnují například: zemědělství, strojírenství, stavebnictví, těžební průmysl, farmaceutický průmysl,

dopravní průmysl a jiné. Samotné zemědělství ovlivňuje velkou částí půdní prostředí, které degraduje aplikací umělých hnojiv, pesticidů a jiných chemikálií. To má dopad na funkci ekosystémů, úhyn zvířat, rostlin a dokonce ovlivnění vývoje nervové soustavy člověka. Strojírenský průmysl ovlivňuje životní prostředí produkcí škodlivých emisí, které se šíří na velké vzdálenosti, přímo do ovzduší. Klasickým příkladem je situace na Ostravsku, kam proudí škodlivé emise až z Polska. Nejrizikovějšími vůči lidskému zdraví jsou prachové částice, které se pohybují v ovzduší ve velkých koncentracích a často přesahují limity stanovené EU. [19]

Hlavním oborem, kterému se tato práce věnuje, je stavebnictví. To představuje negativní dopad na životní prostředí od těžby surovin, přes výrobu stavebních hmot, vlastní výstavbu budov, až po produkci odpadů a v neposlední řadě i samotným provozem budov. Tento obor je pro lidskou existenci jako jeden z nejdůležitějších, ale pokud se území stane zastavěným, v té chvíli se plocha stává mrtvou a dochází k fragmentaci krajiny. Pokud budeme považovat jako jednotku produkce stavebnictví jednu budovu, tak pro určení zátěže na životní prostředí je nutné se na ni dívat nejen v části realizace nebo provozu. Značné vlivy životních cyklů stavebních materiálů vznikají již při těžbě surovin, výrobou, jejich dopravou, údržbou a po vypršení životnosti také jejich demolicí a likvidací odpadů. Pro stanovení těchto vlivů se používá metodika hodnocení životního cyklu výrobku LCA (Life Cycle Assessment), který již byl zmíněn v úvodu. Cílem je detailní popis výrobku včetně všech jeho pozitivních i negativních účinků na životní prostředí. Na tomto hodnocení nyní spolupracuje řada univerzit, výzkumných ústavů ale i soukromníků. [34]



Obrázek 3 - Životní cyklus budovy
(zdroj: [37])

Výzkum a vývoj stavebních hmot či konstrukcí zasahuje do mnoha oblastí environmentální problematiky. Obor stavebnictví klade značné nároky a požadavky na recyklovatelnost použitých materiálů, šetrnost výroby vůči životnímu prostředí nebo zabránění úniku toxických látek do ovzduší. K těmto nárokům patří i minimalizace vlivu stavební činnosti na ekosystémy, tzn. omezení znečišťování vod, ovzduší, půdy a snižování hluku. Mezi hlavní zájmy managementu ve stavebnictví by měla patřit i snaha, jak efektivně a šetrně využívat stavební materiály pocházející z různých surovinových zdrojů, a to i s ohledem jejich neobnovitelnosti a vzácnosti. Při teoretické realizaci projektu stavebního díla je vyvíjen určitý tlak na redukci přebytků stavebních materiálů, avšak při praktické části projektu se tato skutečnost liší. Produkce těchto odpadů je v popředí zájmů ze tří hlavních důvodů: *a) environmentální* - nedostatek ploch na zakládání skládek, *b) zdravotní* - ovlivnění kvality života obyvatel žijících

blízko spaloven či skládek, c) *ekonomický* - úspora finančních prostředků, vysoké náklady na spalování. Problémem při řešení tohoto zájmu společnosti jsou odlišné vlastnosti jednotlivých odpadních materiálů, jež ve výsledku ovlivňují charakter budoucí stavební hmoty a samozřejmě stavebního díla jako celku. [10]

2.1.3 Ekologický zájem společnosti

Pokud by se společnost zaměřila na problematiku znečišťování životního prostředí jako celek, již dávno by platila daleko tvrdší opatření než dosud. Ve všech státech světa by měl přijít v platnost běžný standard v zapojení firem a široké veřejnosti při společenské odpovědnosti za ovlivňování životního prostředí. Hlavním důvodem tohoto kroku by mělo být ekologické jednání lidstva jako celku a postupné snižování znečištění naší planety. Jak již bylo zmíněno v úvodu, jedním z hlavních problémů je znečišťování ovzduší produkcí skleníkových plynů, které jsou nebezpečné pro fungování ekosystémů a pro lidský život. Dle nezávislé české neziskové organizace zabývající se problematikou produkce oxidu uhličitého CO₂, o.p.s. bylo stanoveno, že v globálním měřítku překračuje ekologická stopa biokapacitu o 54 %. Z tohoto tvrzení vyplývá, že lidstvo žije na „ekologický dluh“. K pozoruhodnému zjištění došlo při vypočítání ekostopy jednoho obyvatele České republiky. Kdyby každý žil jako Čech, bylo by zapotřebí dalších dvou planet. Avšak daleko horšími obyvateli jsou Číňané, Indové, Nigerijci a jiní. Pokud bychom pominuli rozdělení světa na jednotlivé státy a uvažovali o lidstvu jako jednom celku, lze si stanovit několik základních směrů ekologického zájmu. [18]

- 1) **Omezení produkce skleníkových plynů** – vlády světa se zavázaly při konání summitu OSN v Paříži v prosinci 2015. Hlavním cílem této dohody, bylo udržení globálního oteplení na počtu +2 stupňů Celsiovy stupnice, ve srovnání s dobou průmyslové revoluce (probíhající mezi 18. a 19. stoletím). Samotná EU se zavázala slibem, snížení produkce skleníkových plynů nejméně o 40 % v porovnání mezi roky 1990 a 2030. Tento cíl zjednodušeně znamená, že podniky, města a jednotlivci budou snižovat svou bezprostřední závislost na fosilních palivech. [10]
- 2) **Využívání odpadních materiálů** – pokud budeme brát v úvahu obor stavebnictví a realizaci stavebního díla, jedná se o využívání stavebních odpadních materiálů. Ty jsou ve formě již druhotných surovin přínosné z mnoha hledisek. Jejich použití může být jako náhrada primární suroviny výrobku, nebo cílené zakomponování do technologie kvůli vlastnostem celku. Lidskou činností vznikají i takové odpadní materiály, které mohou zcela nahradit ty přírodní jako např. energosádrovec (ten je produktem odsíření jemně mletého vápence). A výhodné to je i z ekonomického hlediska, jelikož odpadnou náklady spojené s těžbou. [16]
- 3) **Ekologická architektura** – realizace ekologicky šetrných staveb. Zdokonalování technologických postupů, volení recyklovatelných materiálů, využitelnost solárních či fotovoltaických panelů. Tato architektura je bohužel

zaměřována pouze na technické hledisko a opomíná kulturní a sociální aspekty. [13]

Při dodržování těchto tří základních bodů, by postupně docházelo ke snižování produkce uhlíkové stopy lidstva, ale v oboru stavebnictví hlavně ke snižování vlivu stavebních výrobků na životní prostředí.

2.1.4 Ekologická architektura

Ekologická architektura = tento pojem je chápán jako architektura šetrná vůči životnímu prostředí. Takováto architektura vzniká za účelem funkčnosti, energetické a materiálové nenáročnosti a současně i minimalizaci zatěžení ŽP. S typy tohoto oboru stavitelství se běžně setkáváme a příkladem jsou nízkoenergetické a pasivní domy. Architekti, mezi které patří Aleš Brotánek nebo Miloslava Perglová, jež uvádí: „*Ekologická architektura – v podstatě je tento pojem nesmyslný, protože každá architektura je proti přírodě. Je možné vytvářet nejméně neekologickou architekturu.*“, zastávají názor, že pojmy, ze kterých se toto slovní spojení utvořilo, se navzájem negují. [13]

Obor stavebnictví je pro správný rozvoj člověka velice nezbytný z důvodu zvýšení kvality života. Bydlení je spojováno s pocitem bezpečí, ale stavební postupy představují zároveň jednu z největších složek přispěvatelů zhoršení životního prostředí. Současné moderní metropole (např.: New York, Tokio, Peking, Shanghai, Mexico city, Moskva, Jakarta a jiné) jsou ukázkou nejnovějších technologií, materiálů a stavebních postupů. Tyto procesy a materiály (ať už se jedná o jejich získání či přepravu) představují značnou zátěž ŽP. Příkladem je ocel, která je svázána s produkcí oxidu uhličitého - přibližně 2,6 g/kg získaného materiálu, u kameniny je to 0,3 g/kg, u mědi vznikne 5,4 g/kg a u hliníku 21,0 g/kg. [12]

V roce 2012 vydalo *US Department of Technology* statistiku, podle které se americké budovy podílely 73,6 % na veškerých výdajích za elektřinu a 40 % na vzniku emisí uhlíku. Na základě této zprávy byla do stavebnictví zavedena koncepce udržitelnosti, jejímž cílem je rozvíjet stavební postupy šetrné k životnímu prostředí. Jedná se o postupy, které přispějí ke snížení nákladů na spotřebu energií a snížení emisí. Rozvíjí se také snaha o znovuvyužití recyklovatelných materiálů. [13]

Možností jak stavět ekologicky je několik a mezi nejrozšířenější patří energeticky nenáročná architektura, dále architektura na bázi přírodních materiálů, zelená architektura, ale i tzv. kontejnerová architektura, kterou si následně přiblížíme. V některých zemích Evropské unie jako například Německo, Holandsko a jiné, je již tato architektura nedílnou součástí moderního stavitelství. Řadí se do architektury modulární, jejímž specifickým znakem jsou tři základní principy vycházející z potřeb lidí - prefabrikace, mobilita a variabilita. Modulární architekturou je nazývána z toho důvodu, že základním prvkem je modul. Má pevně danou míru a při jejím dodržování je zajištěna pravidelnost, řád, jistota. Při pravidelném opakování modulu je zaručen funkční celek. [13]

„Modulární architektura je pro většinu architektů atraktivní... ale mnoho pokusů zklame z důvodu vysoké stavební ceny, nebo protože je projekt předesignován a neodpovídá vkusu většiny. Jediná část modulární architektury, která tyto překážky hravě překonává, je kontejnerová architektura, mimo jiné z toho důvodu, že kontejnery nebyly designovány pro tento účel...“ [14]



Obrázek 4 - Komplex studentských kolejí „Qubic“ Amsterdam
(zdroj: www.mimoo.eu/projects/Netherlands/Amsterdam/Qubic/)

Přístavy po celém světě se plní prázdnými kontejnery, představující nevyužitý stavební materiál, který je možné neomezeně kombinovat a využít. Jedná se především o ekonomické hledisko, jelikož zboží pouze převážejí, ale obchodníkům by se už nevyplatilo převážet, za pomoci lovní dopravy, prázdné kontejnery zpět na místo, odkud přicestovaly. Právě z tohoto důvodu zůstávají v přístavištích. Materiál, ze kterého jsou kontejnery vyrobeny, se dá v podstatě snadno transportovat a nejdůležitějším artiklem je, že se dá celý recyklovat a znovu využít. Zmiňované aspekty se nerozcházejí ani s tzv. 3R design konceptem – recuse, recycle, reduce. [13]

Obdivuhodný příklad, který bourá veškeré předsudky o kontejnerové architektuře, vytvořila společnost Shane Cook Designs. Stavba domu byla dokončena roku 2013, použito bylo dvou přepravních kontejnerů a vytvořeno přibližně 46 m² obytné plochy. Toto neotřelé řešení bezchybně zapadá do městské zástavby města Houston v Texasu. Výhodou využití přepravních kontejnerů je odolnost vůči povětrnostním vlivům, jejich vlastnosti, z hlediska statické únosnosti a samozřejmě mobilita. Výstavbu takového domu je možné realizovat za pouhý jeden den, což také snižuje dobu hluku stavby. Cenová relace se pohybuje kolem 30 tis. korun českých za jeden vyřazený kontejner. Předtím, než je možné ho použít pro stavbu, je potřeba komplexních úprav. Vždy se zatepluje opláštění, vylehčuje konstrukce a osazují otvory. Tento proces přeměny si nechal patentovat v 80. letech 20. století Američan Phillip C. Clark. Nevýhodou této architektury je značná investice do prvotních úprav kontejneru, které jsou daleko vyšší než pořizovací cena samotného kontejneru. Dále může být i ne zcela patrné znečištění a intoxikace materiálu v interiéru, jelikož nikdy nevíme, co se v kontejneru převáželo. [15]

2.1.5 Zelená politika?

Pojem zelená politika představuje jistou politickou ideologii s prioritním cílem vytvoření ekologické a sociálně udržitelné společnosti. Zároveň překlenuje rozdělení na levici a pravici a stává se alternativou vůči oběma. Dává přednost investování finančních prostředků do vzdělávání a ekologických záměrů. Mezi jednu ze základních ekonomických souvislostí, které ekologická politika řeší, je otázka vlastnictví přírodních zdrojů. Především se jedná o ty přírodní zdroje, které jsou ve společném vlastnictví všech subjektů, resp. ke kterým vlastnická práva nejsou stanovena, jako je například vzduch a vodní zdroje. Pojem „společné vlastnictví“ představuje zdroje s volným přístupem - to znamená, že neexistují žádná specifická práva nebo povinnosti spojené s využíváním zdroje a nikdo nemůže být z jejich využívání vyloučen. Pro takové podmínky je typické, že zdroje jsou nadměrně čerpány a degradovány. [41]

Obecně si tyto politické strany říkají *zelení* a historicky první a zároveň neúspěšnější byla německá strana *Die Grünen – Zelení* založena v roce 1979. Tyto strany sdílejí svůj pohled na svět zakládající se na ekologii, ochraně přírody a enviromentalismu. Avšak oblíbeným tématem je i feminismus nebo zdroje obnovitelné energie. Mají dvě základní kategorie: *a) hlubinní ekologové* (řešení pouze ekologických otázek), *b) sociální ekologové*. V průběhu vývoje těchto stran se jejich vůdci dopracovali k základním principům a promítli je do čtyř pilířů zelené politiky a tj.: *ekologické myšlení, sociální spravedlnost, účastnická demokracie, nenásilí*. Tyto pilíře se v několika následujících letech od roku 1980 transformovaly a jejich finální vyjádření bylo stanoveno mezinárodním zeleným hnutím Global Greens: *ekologické myšlení, sociální spravedlnost, účastnická demokracie, nenásilí, udržitelný rozvoj, respekt k odlišnosti*. Orientace stran zelených je v politické sféře tradičně na levou stranu v koalici se sociální demokracií či komunisty. Počátkem osmdesátých let byla u moci radikální levice a přišla s tvrzením, že kapitalismus zneužívá ŽP obdobně jako pracovní sílu. Jednou z hlavních složek tohoto tvrzení byl i názor, že vinu za globální environmentální problémy nesou bohaté země (bohatý Sever). Následně se stal tento prioritní zájem o enviromentalismus trvalou součástí levice v Evropě. [20], [30]



Obrázek 5 - Logo ekologické politiky společnosti VENTA-TRANS EUROPE s.r.o.
(zdroj: www.ventatrans.com/cs/ekologicka_politika)

Pokud se jedná o Českou republiku a otázky životního prostředí, jsme stavěni spíše ke státům s jistým odstupem při zavádění přísnějších regulací a limitů. Důvodem je náš průmyslový charakter, což se projevilo v debatě o energeticko-klimatickém balíčku. Česká vláda nárokovala nižší klimatické cíle v závislosti obrany českých zájmů. Zákonodárce a bývalý člen výboru pro životní prostředí a evropské záležitosti Jakub Zahradník řekl v rozhovoru pro EurActiv v roce 2014: „Každé přitvrzení norem je újmou na naši konkurenceschopnost.“ [31]

2.2 STAVEBNICTVÍ JAKO ENERGETICKY EFEKTIVNÍ OBOR

Po celém světě, i když se v něm liší klimatické podmínky dle typu podnebného pásu, platí pravidlo, že pokud je obytná budova realizována kvalitně, nepotřebuje žádné dodatečné zdroje upravující vnitřní klima. Na principu fungování energeticky efektivní výstavby byla vyhotovena jako první svého druhu výzkumná loď polárníka *Fridtjofa Nansena* nesoucí název *Fram*. Trup lodi, včetně stropů, byl zateplen za použití přibližně 40 centimetrů různých izolačních materiálů a okna byla vyrobena s trojitým zasklením. Dle Nansenových zápisů tak nebylo třeba v interiéru topit za jakýchkoliv venkovních teplot. O veškeré vyhřátí vnitřního prostoru se postarala petrolejová lampa. [23]

V 80. a 90. letech se o energeticky efektivní stavby zvedl zájem díky skupině německých vědců, jež začala zkoumat tuto problematiku v souvislosti s globálními ropnými šoky a energetickou krizí. První takový dům vznikl při pokusech na univerzitě v Kodani a je do dnešní doby funkční. Slouží jako ubytování pro hosty. Jeho roční měrná spotřeba tepla se pohybuje kolem $10 \text{ kWh} \cdot (\text{m}^2)^{-1}$. [23]

2.2.1 Definice základního názvosloví

Pasivní dům = tento název vychází z principu využití pasivních teplených zisků v budově, jimiž jsou zisky externí ze slunečního záření procházejícího okny a interní, které jsou představovány lidským teplem a spotřebiči. Aby byl objekt zařazen do pasivního standardu, musí splňovat několik požadavků. Tím nejdůležitějším je měrná roční spotřeba tepla nepřesahující 15 kWh/m^2 . Tato hodnota vychází z podmínky pokrytí potřeby tepla na vytápění domu pouze dohřevem přiváděného vzduchu bez použití obvyklého otopného systému. Dalším požadavkem je neprůvzdušnost obálky budovy zjišťovaná tzv. *blow-door* testem. Poslední podmínkou je celková potřeba primární energie, spojená s provozem budovy, menší než 120 kWh/m^2 . [21] [22]

Nízkoenergetický dům = roční spotřeba tepla na vytápění nepřesahuje 50 kWh/m^2 vytápěné podlahové plochy objektu. Takto charakterizovaná výstavba je nezbytným vývojovým stupněm k pasivnímu standardu domů. Obsahuje stejné složky jako dům pasivní, avšak v menší míře. Na této úrovni výstavby je zapotřebí větší zdroj tepla a rozsáhlejší otopný systém. [21]

Průkaz energetické náročnosti budovy (Penb) = představuje dokument, který obsahuje informace o energetické náročnosti budovy nebo její ucelené části. Hraniční hodnoty tříd Penb stanovuje vyhláška 78/2013 Sb. a nejnižší přípustná třída je C. [21]

Tabulka 1 - Členění výstavby dle potřeby tepla (zdroj: [21])

Kategorie	Potřeba tepla na vytápění
Stará výstavba	cca dvojnásobek hodnot novostaveb
Obvyklá novostavba	rozmezí 80-140 kW/m ² za rok
Nízkoenergetický standard	≤50 kW/m ² za rok
Pasivní standard	≥15 kW/m ² za rok
Nulový standard	≤ 5 kW/m ² za rok

2.2.2 Boom nízkoenergetických staveb

Jeden z nejzajímavějších projektů vznikl v Severní Americe ve Skalistých horách ve výšce 2000 metrů nad mořem. Tato stavba získala v roce 2011 ocenění od Institutu pasivních domů jakožto průkopnická stavba mezi pasivními domy. Následně bylo vybudováno několik staveb v konceptu pasivních domů, ale jak uvádí sami výzkumníci z Institutu pasivního domu v Darmstadtu - pasivní dům nebyl nikým „vynalezen“, princip jejich fungování byl spíše „objeven“. Po ověření principů fungování energeticky efektivních staveb se společnost začala v tomto odvětví staveb velice rozvíjet a produkce za velice krátkou dobu vysoce vzrostla. [23]



Obrázek 6 - Pasivní dům Darmstadt Kranichstein
(zdroj: www.wikipedia.cz)

Rokem 2010 vešla v platnost nová evropská legislativa, která požaduje, aby počínaje rokem 2020 byly nové budovy v zemích EU téměř energeticky nulové, což znamená výstavbu pouze pasivních domů. Jako pozitivní dopad je vnímáno snížení emisí skleníkových plynů, ochrana životního prostředí a zajištění energetické bezpečnosti v budovách. Na území České republiky je reakcí na tuto výzvu program

Zelená úsporám, který je určen na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie. Vyšší investiční náklady na zařízení jsou efektivně využity a po přibližně 10 letech provozu stavby jsou zaplacený v porovnání s pořízením a provozováním běžné stavby. [53]

Při stanovení energetické náročnosti budovy a jejich následnému zařazení do klasifikační třídy Průkazu energetické náročnosti budov se využívá nejnovějšího softwarů pro zjednodušení výpočtů. V praktické části je výpočet proveden v programu ENERGIE 2015 od firmy K-CAD, který je garantován odborníky z ČVUT v Praze. Program je určený především ke komplexnímu hodnocení energetické náročnosti budov. Při výpočtu jsou zohledňovány postupy a požadavky ČSN 730540, TNI 730329, TNI 730330, STN 730540, EN ISO 13790, EN ISO 13370, EN ISO 13789 a dalších evropských norem. Program zpracovává Penb podle vyhlášky MPO ČR č. 78/2013 Sb. a energetický štítek podle ČSN 730540-2. [54]

2.2.3 Ekonomika staveb

Priorita nízkých investičních nákladů už zdaleka není jediným a hlavním požadavkem při realizaci novostavby. V posledních letech se dostal do popředí i zvýšený požadavek na komfort bydlení a co nejnižší provozní náklady. Ceny energií na provoz RD každým rokem stoupají, a proto domy s minimální spotřebou jsou čím dál tím více vyhledávaným artiklem. Tyto požadavky splňuje nízkoenergetická výstavba, které byla věnována předchozí kapitola. Svoje nízké náklady na provoz nesou svou daň v podobě vyšší pořizovací investice. Na náklady pořizovací a provozní se nelze dívat pouze z hlediska čísel: „*Pokud bychom investici do bydlení posuzovali pouze z pohledu ekonomické návratnosti, tak bychom si nepořizovali ani obyčejný dům, ale pořídili bychom si stan nebo se usídlili někde v jeskyni (minimální investice).*“ říká Ing. Petr Dusil ze společnosti Atrea s.r.o. V dnešní době je stavba „*neúsporného*“ domu vnímána spíše jako špatnou investicí než zbytečně vynaloženými finančními prostředky, a to i z hlediska zvýšených nároků legislativou EU a ČR. Podle Ing. arch. Ivana Krause, který se zabývá problematikou investování do novostavby nízkoenergetického domu, se pohybuje doba návratnosti mezi osmi až dvanácti lety. Hodnotu takového domu ale nelze vyjádřit jen v penězích, protože komfortní a zdravé prostředí nelze přímo ocenit, stejně tak jako menší závislost na dodávkách energií. Problematika ocenění kvalitativních hodnot nízkoenergetické výstavby nebyla ještě jednoznačně zpracována. [24]

Pořizovací cena stavebního objektu, který je v této práci charakterizován jako objekt určen k bydlení, se v členění kalkulačního vzorce skládá z částí znázorněných v tabulce č. 2. Do jednotlivých oddílů této tabulky by měly být zahrnuty kompletní náklady na realizaci RD.

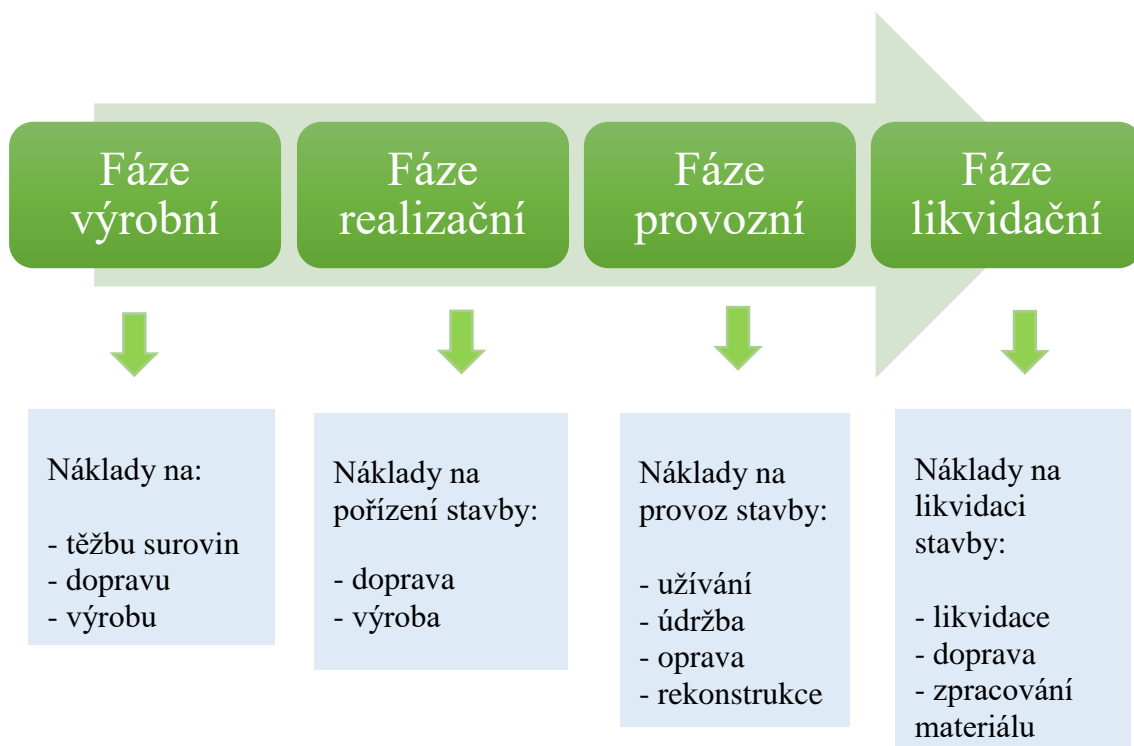
Tabulka 2 – Kalkulační vzorec

Kalkulační vzorec		
Celková cena SO	Přímý materiál	Přímé náklady
	Přímé mzdy	
	Ostatní přímé náklady	
	Stroje	Nepřímé náklady
	Výrobní režie	
	Správní režie	
	Zisk	

Suma veškerých nákladů na hmotnou část stavby je ve vzorci opravdu obsažena. Chybí zde však cena za únik oxidu uhličitého do atmosféry vzniklého například výrobou směsi pro spojování zdicích prvků RD. Právě tato přidaná hodnota (zohlednění výše ceny na vliv výroby materiálu zatěžující ŽP) by měla být důležitým artiklem při rozhodování architektů nebo projektantů navrhující ekologickou architekturu. **Protože nezáleží jen na provozním vlivu stavby na okolí, ale i na předvýrobním.** Počet nízkoenergetických rodinných domů roste každým rokem, kvůli jejich úspoře provozních nákladů, se kterou souvisí snížení spalování fosilních paliv. Ale jaké je procento zátěže ŽP výrobou takového domu?

2.2.4 Environmentální dopad produkcí efektivních budov

Opravdu můžeme považovat nízkoenergetické domy za ekologickou architekturu ze všech úhlů pohledu? Z globálního hlediska ještě neexistuje žádný striktně stanovený zákon nařizující, že výstavba určená k následnému bydlení, musí být realizována z materiálů ekologicky šetrných. Pod tím si lze představit materiály šetrné k životnímu prostředí, při získávání primárních surovin na jejich výrobu nebo materiály čistě recyklovatelné. Mnoho neustále se rozvíjejících zemí se problematikou efektivnosti oboru stavebnictví intenzivně zabývá. Jedním z možných způsobů jak prokázat, zda se jedná o ekologickou architekturu či nikoli je metoda LCA. Na ní je založeno environmentální prohlášení o produktu (EPD), které nám dává podrobný obrázek o tom, zda je výrobek environmentálně šetrný k ŽP. Součástí výstupů z těchto studií je i stanovení ukazatele uhlíkové stopy, kterému se tato práce věnuje. Pokud se zaměříme na životní cyklus stavby a náklady s ním spojené, členíme ho na tyto fáze:



Obrázek 7 - Rozdělení životního cyklu budovy dle ČSN EN 15978

Výzkum německého institutu zabývající se pasivními domy upozorňuje na skutečnost, že při výstavbě energeticky efektivních budov, se rapidně snižuje zátěž na životním prostředí, ale pouze v provozní fázi. Její náklady se obecně pohybují okolo 48 % a z hlediska environmentálního dopadu bude mít nejnižší vliv na ŽP. To si lze lehce odůvodnit, jelikož provozní fáze má nejdelší dobu trvání. Cílem této práce ale není stanovit zhodnocení dopadu stavby v provozní fázi, ale ve fázi výrobní. Ovlivnění stavu klima Země těžbou surovin, jejich dopravou a následně výrobou jednotlivých prvků stavby bylo dříve přehlíženo a nebylo mu věnováno dostatečné pozornosti. A pokud bychom si následně pomocí grafického znázornění stanovili velikost produkce skleníkových plynů, tak by největší podíl měla fáze výrobní. Ta je způsobena těžbou surovin, dopravou a výrobou potřebných materiálů. Z tohoto důvodu se práce soustředí na produkci emisí ekvivalentu oxidu uhličitého při výrobě jednotlivých prvků pro konkrétní budovu. [33]

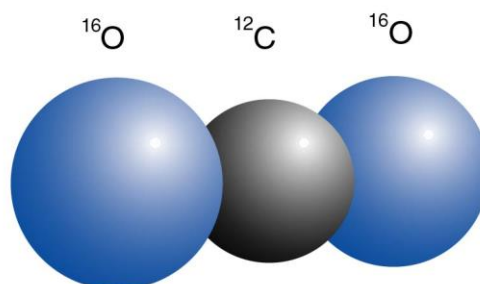
2.3 UHLÍKOVÁ STOPA

2.3.1 Definice základního názvosloví

Uhlíková stopa = měřítko dopadu fungování společnosti na ŽP a především na klimatické změny. Uhlíkovou stopu lze považovat za nepřímý ukazatel spotřeby energií, výrobků a služeb. Měří množství skleníkových plynů, které odpovídají aktivitám či produktům dané firmy. [5]

Ekvivalent oxidu uhličitého = vyprodukované množství (v gramech, kilogramech, tunách) uhlíkové stopy. Ekvivalent znamená, že se nejedná pouze o emise CO₂, ale také o emise dalších skleníkových plynů (např. metanu), jejichž skleníkový efekt je přepočítán na úroveň efektu CO₂. [5]

Emise = (převzato z latinského *e-mitto* – vysílám, vydávám, vypouštím) je označení vyloučených látek do ovzduší, které ho silně znečišťují a ovlivňují tím přirozené klima



Obrázek 8 - Lineární molekula oxidu uhličitého
(zdroj: www.123rf.com)

2.3.2 Úvod do problematiky

Změna klimatu je nejdůležitější ekologickou a svým způsobem i politickou a ekonomickou otázkou 21. století. Hlavním důvodem této změny je rychlé zvyšování koncentrace skleníkových plynů v zemské atmosféře. Jedním z nejvýznamnějších skleníkových plynů je oxid uhličitý a jeho produkci též vnímáme jako pojem uhlíková stopa. Toto pojetí je dnes představováno množstvím emisí CO₂ uvolněných lidskou činností do ovzduší. Avšak v původním konceptu ekologické stopy byla představována imaginární zalesněnou plochou, jež je potřeba k zachycení antropogenních emisí CO₂. Nyní indikátor ekologické stopy uhlíku znázorňuje množství skleníkových plynů. Nárůst CO₂ je zapříčiněn zejména spalováním fosilních paliv, zemědělstvím, ale i důsledkem odlesňování, znečištěním oceánů a dalších změn využití půdy. [16] [17]

Za historický milník je považována klimatická konference (COP21) konající se na přelomu listopadu a prosince roku 2015 v Paříži. Hlavním důvodem konání této akce bylo závazné přijetí dohody týkající se celosvětového zapojení do zajištění ochrany klimatu Země po stanoveném roce 2020. Do aktivit směřujících ke změně klimatu bude zapojen i soukromý sektor, finanční instituce a občanské společnosti. Nejdůležitějším a společným cílem je nepřekročit průměrný nárůst globální teploty nad 2 stupně Celsia do konce 21. století. Vedení Evropské unie se zavázalo slibem snížení emisí o hodnotu 40 % do roku 2030 oproti roku 1990. [5]

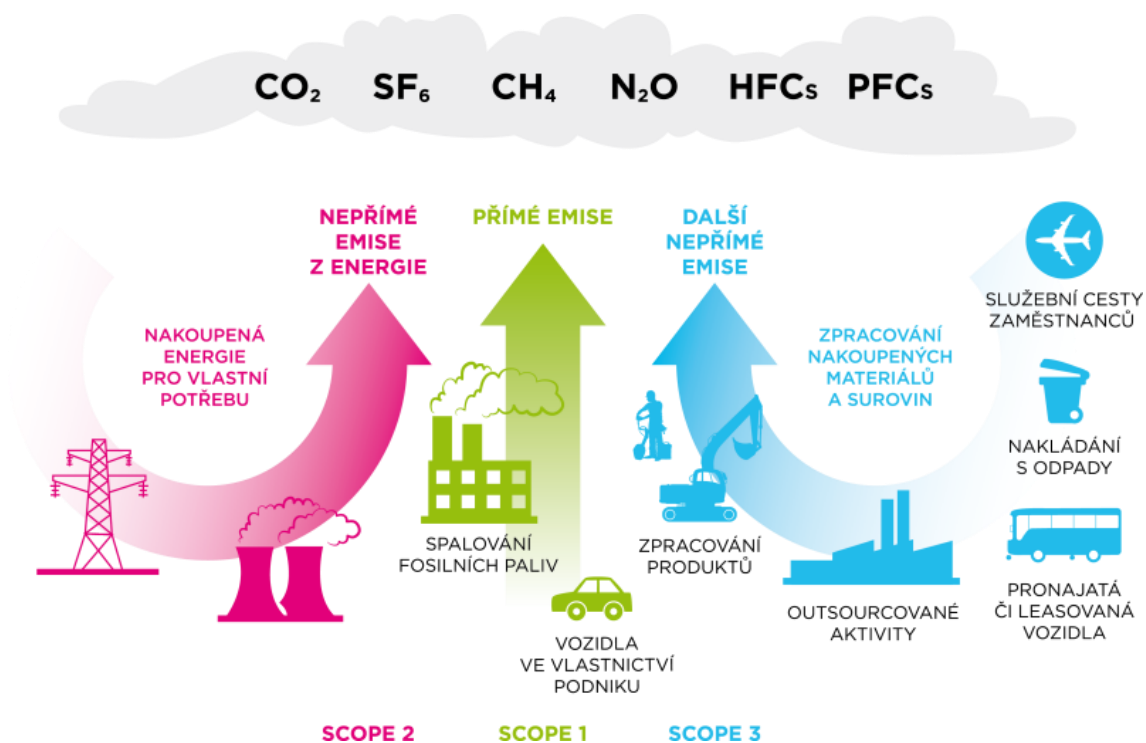
Věděli jste že: „*Vyprodukování jednoho kilogramu hovězího masa uvolňuje tolik CO₂ jako stokilometrová jízda v BMW 118.*“? [32]

Produkcí znečišťujících příměsí v podobě plynu dostávajících se do ovzduší nazýváme emise. Maximální koncentraci mají u svého zdroje a koncentrace těchto látek se postupně snižuje mísením se vzduchem. Je známo základní dělení na přímé a nepřímé. Přímé představuje množství skleníkových plynů uvolněných při určité aktivitě (např.: výroba elektřiny, vytápění, spalování pohonných hmot a jiné). Tuto stopu lze lépe stanovovat, kontrolovat a snižovat, je ovlivnitelnější. Nepřímými emisemi se rozumí suma skleníkových plynů uvolněných během celého životního cyklu produktů od jejich výroby až po teoretickou likvidaci. Dobrým příkladem jsou emise související s výstavbou stavebního objektu nebo výrobou stavebních materiálů. Ke stanovení této nepřímé stopy je nutné získat údaje z analýzy životního cyklu výrobku (LCA). Protokol nesoucí název GHG protokol (GreenHouse Gas protocol) zavedl velmi praktické rozdělení emisí do tří tříd. Toto rozdělení se stalo široce používaným standardem. Obrázek umístěný níže, ukazuje rozdělení emisí, které přímo nebo nepřímo souvisejí s činností podniku do tří oblastí nazývajících se *Scope*. Podniky mají povinnost stanovovat velikost *Scope 1* a *2*, avšak *Scope 3* je pouze doporučeno. Ale během posledních několika let firmy vykazují přinejmenším několik nejdůležitějších položek ze *Scope 3*. [16]

Scope 1 (přímé emise) – jedná se o aktivity spadající přímo pod podnik, které zároveň dokáže kontrolovat a ovlivňovat. V jejich sumě jsou zahrnuty emise z kotlů, generátorů spalujících fosilní paliva v podniku, emise automobilů, emise z průmyslových procesů, emise ze zpracování odpadů či odpadních vod. [16]

Scope 2 (nepřímé emise z energie) – emise, spojované se spotřebou nakupované energie (elektřiny, tepla, páry či chlazení), které podnik přímo nekontroluje. [16]

Scope 3 (další nepřímé emise) – do této skupiny řadíme emise, jež jsou následkem aktivit podniku a vznikají ze zdrojů mimo kontrolu podniku a jež nejsou klasifikovány jako *Scope 2*. Jako příklad lze uvést služební cesty, ukládání odpadu na skládky nebo doprava materiálu subdodavatelem. [16]

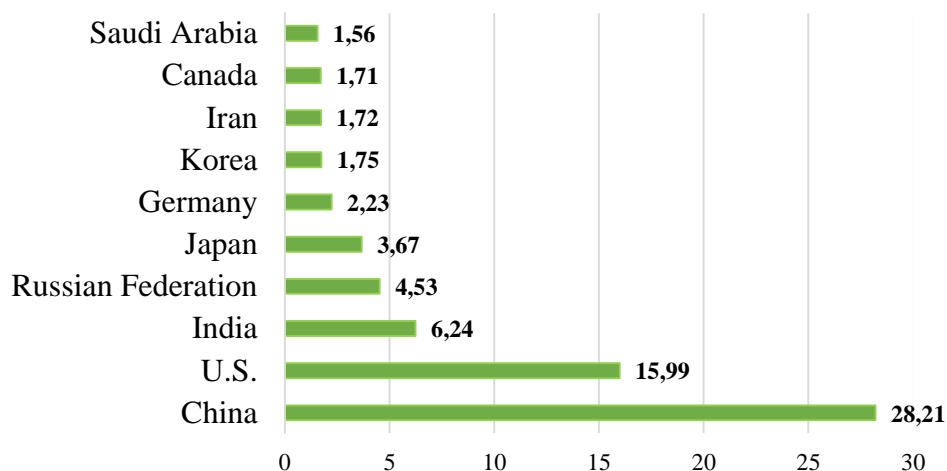


Obrázek 9 - Znárodnění produkce skleníkových plynů
(zdroj: www.ci2.co.cz)

GreenHouse Gas protocol je jeden ze současných mezinárodních standardů poskytující pokyny, nástroje a školení pro měření a sledování uhlíkové stopy. Používá se i globálně jako základ pro řešení změny klimatu. Vznik, u něhož byly přítomny: Světový institut pro zdroje (World Resources Institute WRI) a Světová podnikatelská rada pro udržitelný rozvoj (WBCSD), je datován v roce 2001. Tímto protokolem se zavedly komplexní a globální standardizované rámce pro měření a snižování emisí skleníkových plynů. [16]

Mezi obecné předpoklady patří, že čím je daná země ekonomicky rozvinutější, tím má větší produkci skleníkových plynů, ale ne vždy toto platí. Deset největších producentů skleníkového plynu CO_2 na světě shrnuje níže uvedený graf s procentuálním podílem jednotlivých zemí. Těchto deset zemí tvoří přibližně 68 % celosvětové produkce CO_2 . Dle uvedeného grafu je největším znečišťovatelem Čína, která sesadila z trůnu v roce 2005 USA. Pokud bychom Evropu uvažovali jako celek tvořící 28 států, pak by byla na třetím místě. [16]

Share of total emissions



Graf 1 - Desítku zemí produkující největší množství CO₂ k roku 2016 (uváděno v procentech)
(zdroj: [35])

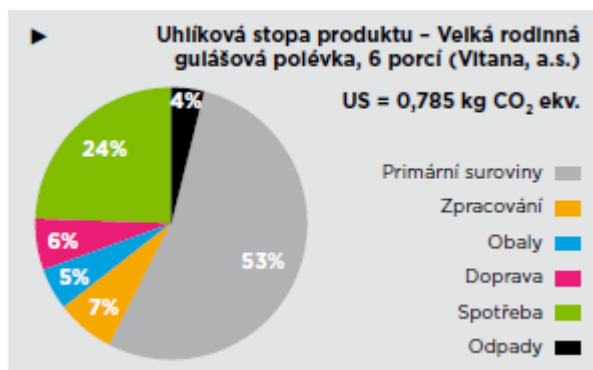
Snižování uhlíkové stopy je důležitým bodem této práce. Kvůli závazání vlád světa na Pařížském summitu by mělo jít o jeden z hlavních zájmů současných podniků. Se snižováním stopy CO₂ je úzce spojeno i snižování nákladů, které je uvažováno z hlediska dlouhodobější doby návratnosti. Podniky, obce i další subjekty, se mohou aktivně zapojit, do programu SLEDUJEME / SNIŽUJEME CO₂, jež byl odstartován v červenci 2015 a je prozatím jediným svého druhu. Cílem je zvýšení podvědomí o problematice ochrany klimatu. Následně je vyjmenováno několik základních kroků vedoucí ke snížení emisí:

- a) snižování spotřeb energií podniku
- b) zlepšení logistického řešení dopravy materiálů
- c) snižování počtu služebních cest (nahrazení videokonferencemi)
- d) výměna služebních vozů za elektromobily nebo hybridní vozidla
- e) znalost životního cyklu produktu (LCA)
- f) snížení spotřeby kancelářského papíru

Za hlavní důvody sledování výše produkce CO₂ jsou považovány:

- 1) Informace o uhlíkové stopě podniku v závislosti na požadavcích zahraničních i tuzemských dodavatelů či odběratelů služeb a produktů.
- 2) Požadovaný reporting mateřské organizace.
- 3) Rozvoj hlavních záměrů a zároveň snižování dopadů na klima.
- 4) Snížení rizik v závislosti na rostoucích cenách fosilních zdrojů energií.
- 5) Zaměření, která z částí podnikových aktivit má největší spotřebu energií a hledání možností snižování nákladů.
- 6) Úspora nákladů vede k značné konkurenceschopnosti a růstu obchodu.

Pro reálnou představu je výše uhlíkové stopy produktu znázorněna na gulášové polévce od firmy Vitana, a.s. Tuto studii provedla organizace CI2, o.p.s. Množství uhlíkové stopy je vyjadřováno v tunách ekvivalentu oxidu uhličitého. [5]



Graf 2 - Uhlíková stopa dehydratované gulášové polévky
(zdroj: [5])

Z uvedeného příkladu vyplývá, že největší produkcí emisí je zatížena část primárních surovin. Pokud by firma Vitana, a.s. využila místních dodavatelů, nebo se efektivněji zabývala otázkou produkce CO₂, výsledky by byly zjevně jiné. Bezmála čtvrtina emisí souvisí s nákupem polévky v supermarketu a vaření polévky. [5]

Na základě výše uvedených faktů se začaly zakládat tzv. offsetové projekty. Představují veřejně prospěšné projekty realizované na území ČR. Jedná se o záměr, který je uskutečňován ve veřejném sektoru (zpravidla konkrétním městem nebo obcí), jenž prokazatelně povede k zachycení skleníkových plynů či prevenci jejich vzniku. V rámci jednotlivých offsetů jde o konkrétní investiční, tak i neinvestiční, akce splňující požadavky stanovené programem. Je to nynější trend, jelikož ne všechny firmy mohou aktivně snížit své emise skleníkových plynů, které souvisí s jejich činností. Ale pokud se zapojí do některého z offsetových projektů, mají možnost snižovat emise jinde. Odbornou garancí zajišťují členové v rámci programu SLEDUJEME/SNIŽUJEME CO₂. Jejich přínosem je hlavně dohled nad celým projektem, aby cíl, jež byl stanovený na začátku a díky kterému se ho firmy rozhodli podpořit, byl striktně dodržen a aby byl realizovaný projekt ve výsledku přínosný pro danou komunitu, na jehož území se realizuje.

Jedním z aktuálních offsetových projektů je: Krnov - klimaticky odpovědné město. Hlavním cílem je rozšíření informací o změně klimatu, adaptačních a mitigačních opatření. To bude uskutečňováno prostřednictvím komplexní informační a vzdělávací kampaně v Krnově. Přidruženým cílem je vytvoření základů klimaticky zodpovědné politiky, jež se zaměří na využití adaptačních a mitigačních opatření na změnu klimatu. Projekt je realizován v době od 1. 7. 2017 až 31. 12. 2017. Dozorem nad celou akcí je Ministerstvo životního prostředí ČR v rámci Programu na podporu NNO pro rok 2017. [36]

2.3.3 Stanovení uhlíkové stopy výrobků

V době pasivních domů, evropských nařízení, norem sledujících produkci skleníkových plynů, je kladen důraz na energetickou a environmentální certifikaci budov. K jejímu získání je zapotřebí podrobných údajů o budově a především o použitých materiálech a jejich vlastnostech. Na vývojáře nových stavebních materiálů je kladen velký tlak z důvodu sledování udržitelnosti zdrojů a kvůli maximálnímu snížení ekologické stopy. Přední evropští výrobci stavebních materiálů pracují na pokrokových řešeních jejich využití. Přišla i změna pohledu na realizovanou stavbu, při níž záleží i na komplexnosti celého projektu a na jejím vlivu na své okolí v rámci životního prostředí. Nároky nynější společnosti jsou obrovské, a proto už nestačí, aby použité materiály byly jen energeticky úsporné. Teď musejí být i ohleduplné k přírodě. Začalo sledování ekologických požadavků, a tak se staly novými kritérii spotřeba energie, emise CO₂, emise SO₂. Zároveň i potřeba zařídění mezi obnovitelné, recyklovatelné či nerecyklovatelné stavební materiály. [27]

Kromě technických parametrů materiálů jako je pružnost, pevnost, plasticita, je třeba znát i dopad na ŽP, spotřebu nerostných surovin a energie při výrobě. Takovéto hodnocení se provádí pomocí externích databází, které jsou ve Francii, Německu, Rakousku či Švýcarsku běžné a obsahují veškeré potřebné informace. Jedny z nejznámějších a nejrozsáhlejších zahraničních databází jsou uvedeny v následující tabulce. [37]

Tabulka 3 – Přehled zahraničních databází environmentálních profilů konstrukcí (zdroj: [37])

Název databáze	Správce databáze	Odkaz
Ecoinvent	Swiss Centre for Life Cycle Inventories	www.ecoinvent.ch
Environdec	Environdec	www.environdec.com
INIES	Centre Scientifique et Technique du Batiment	www.inies.fr
IBO Baustoffdatenbank	Osterreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie	www.baubook.at
ICE	University of Bath	www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied/
Bauteilkatalog	Holliger Consult	www.bauteilkatalog.ch
IBU	Institut Bauen und Umwelt e. V.	www.bau-umwelt.de

Tyto databáze poskytují velmi dobře zdokumentované procesní údaje pro tisíce produktů a pomáhají nám provádět skutečná a zároveň prokazatelná rozhodnutí o jejich vlivu na ŽP. Dále napomáhají vyrábět firmám kvalitnější výrobky v souladu s životním prostředím a informovanost spotřebitelů smýšlejících více ekologicky. Na území České republiky prozatím nejsou dostupná data, vztahující se k environmentálním profilům stavebních materiálů a kcí, která by byla přizpůsobena pro podmínky ČR. Touto problematikou se zabývají specialisté na ČVUT v Praze a vytvářejí webový katalog stavebních produktů Envimat.cz. Jedná se o online pomůcku pro hodnocení a porovnávání jednotlivých stavebních konstrukcí a materiálů dle environmentálních a fyzikálních vlastností. Vizi autorů je zpřístupnění podstatných informací o produktech českým uživatelům a zviditelnění firem chovajících se ekologicky. Katalog je zaměřen na architekty a projektanty, kteří pomocí něho mohou prokazovat, jaký vliv na ŽP bude mít navržený objekt a poskytuje jim bezplatné informace. Vytvořený seznam se jeví výhodným i pro výrobce stavebních materiálů, kteří mohou získat certifikaci od Envimatu a používat jejich logo k propagaci a mohou prezentovat vlastní výrobky ve vytvořeném katalogu. Společnost se následně může prezentovat jako jedna ze zodpovědných k životnímu prostředí. Jako marketingový nástroj poslouží i investorům a developerům, jenž ho budou využívat pro znázornění kvantifikace dopadu jejich činnosti na životní prostředí.

Katalog materiálů

Katalog materiálů		PEI ²	GWP ²	AP ²	ρ ²	λ ²	
Betony a železobeton		0	0	0	0	0	
Deskové materiály							
Dřevěné prvky							
Sypké materiály							
Hydroizolace a parozábrany							
Kovy							
Maltové a lepicí směsi							
Podlahy							
Obklady							
Nátěry							
Omítky							
Plasty							
Sklo							
Střešní krytiny							
Tepelné izolace							
Vzduchové dutiny							
Zdicí prvky							
Kámen přírodní							
Ostatní							
Seřadit podle: Jména vzestupně		Počet položek na stránku: Všechny		Filtrovat	Reset		
Název	PEI ²	GWP ²	AP ²	ρ ²	λ ²		
ECO-003 Alkydový nátěr, ředitelný ředidlem	78,086	2,8678	19,754	1800			
ECO-002 Alkydový nátěr, ředitelný vodou	53,549	2,743	16,442	1800			
ECO-011 Anhydrit	0,4138	0,0145	0,0711	2100	0		
ECO-012 Anhydrit, burned	1,7104	0,0926	0,2428	0			
ECO-010 Anhydritová stěrka	1,0551	0,0425	0,1655	450	1,2		
ECO-013 Argon	5,5113	0,2736	1,2845	1393			
ECO-023 Asfaltový nátěr	49,607	1,1056	6,3404	1160	0,21		

Obrázek 10 - Ukázka katalogu materiálů Envimat (zdroj: www.envimat.cz)

Pro výpočet environmentálních profilů využívá katalog prozatím nejrozsáhlejší dostupnou databázi zabývající se touto problematikou, a to Švýcarský Ecoinvent. Snaha českých autorů je v koprodukcí s místními výrobci doplňovat data, které odpovídají českým poměrům. Záměrem je vytvoření databáze materiálů obsahující data získaná metodou EPD (Environmentální prohlášení o produktu). Následně bude dosaženo porovnatelnosti jednotlivých výrobků. Environmentálními parametry hodnocení vytvořeného katalogu materiálů jsou: [38]

- Spotřeba primární energie - PEI [MJ] (Svázaná energie)
- Potenciál globálního oteplování - GWP [kg CO₂,ekv.] (Svázané emise CO₂,ekv.)
- Potenciál okyselení prostředí - AP [g SO₂,ekv.] (Svázané emise SO₂,ekv.)
- Potenciál tvorby přízemního ozónu - POCP [g C₂H₄,ekv.]
- Potenciál ničení ozonové vrstvy - ODP [g CFC₂,ekv.]
- Potenciál eutrofizace prostředí - EP [g PO₄ 3- ekv.]

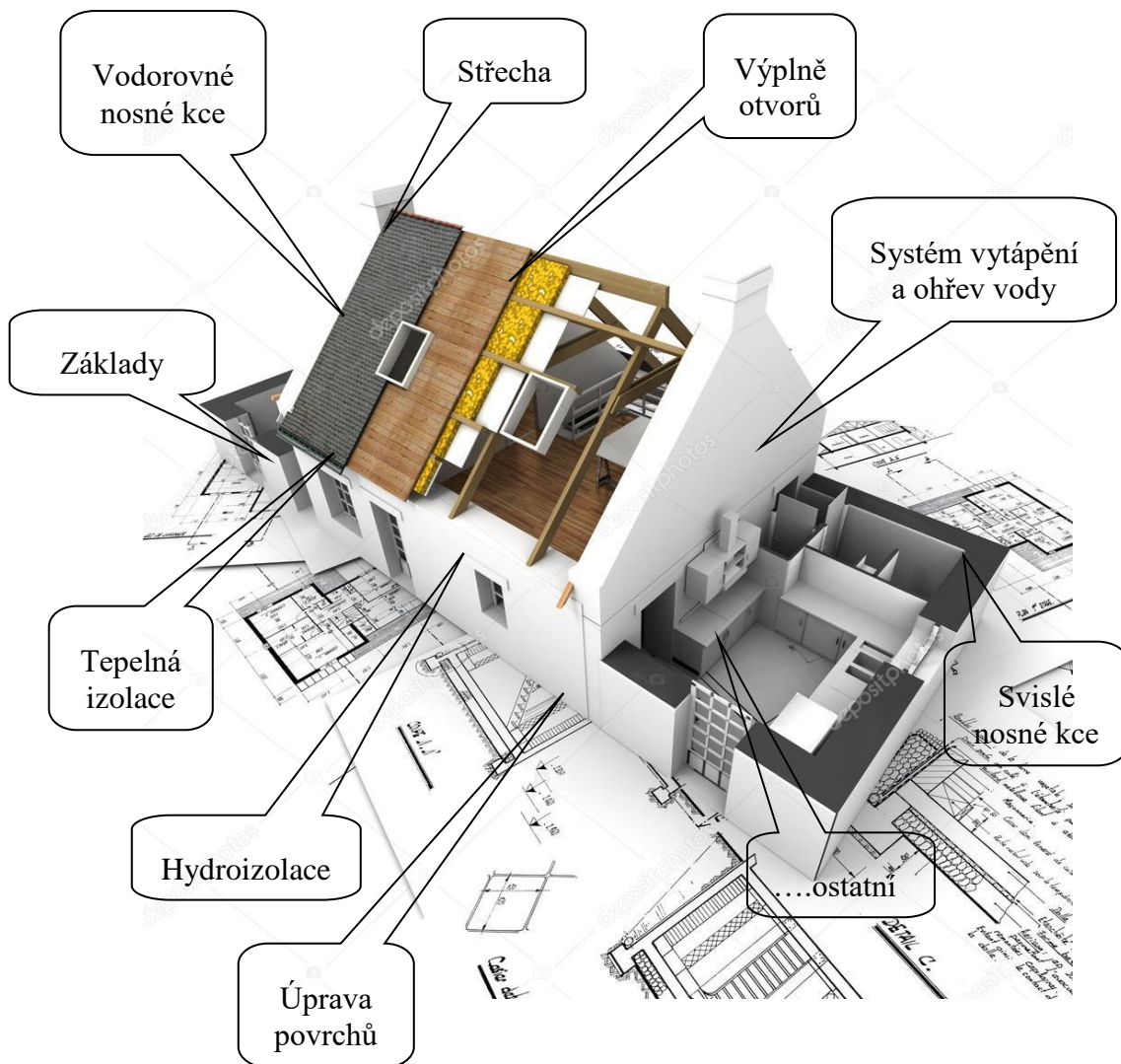
Jelikož se tato práce zabývá kvantifikací ekvivalentu CO₂ stavebního díla, budeme se nadále zabývat pouze oddílem potenciačního globálního oteplování značeného GWP.

2.3.4 Metodika určení hodnoty CO₂ zkoumané budovy

Cílem této práce je vyhodnocení vlivu výrobní a realizační fáze budovy na životní prostředí z hlediska produkce CO₂, a proto je potřeba si stanovit základní metodiku výpočtu. Objekt posoudíme ve dvou variantách, a to v nízkoenergetickém standardu a v klasickém energetickém provedení. Výpočet zohledňuje především vliv životního cyklu použitých materiálů k výstavbě, což představuje těžbu surovin, výrobu materiálu a doprava. Objekt se skládá z obytné části, terasy a garáže. Metodika uvažuje pouze se zabudovanými konstrukcemi. Nezahrnuje například rozvody kanalizace a vody, ocelové spojovací materiály a všechny zařizovací předměty. Systém vytápění bude u nízkoenergetického domu řešen pomocí tepelného čerpadla s podlahovým vytápěním. U běžného domu bude navržen plynový kotel. Hodnoty uvažované v kvantifikaci ekvivalentu CO₂ stavebního díla budou převzaty z katalogu stavebních materiálů Envimat.cz. Objekt bude položkově rozčleněn na jednotlivé konstrukce a jim příslušné materiály. Ty budou uvažovány pouze jako obecné bez zařazení k výrobcí a podrobné specifikaci. Poté budou daným materiálům přiřazeny hodnoty produkce oxidu uhličitého na stanovenou měrnou jednotku. Následně bude možné stanovit největší zdroj oxidu uhličitého z objektu. Samotný výpočet uhlíkové stopy je založen na sumarizaci příslušných hodnot jednotlivých materiálů a vzájemného porovnání objektu ve dvou typech. Položkový rozpočet je nutný pro správné rozčlenění objektu na materiály, stanovení jejich ceny, velikosti jejich uhlíkové stopy. Rozpočet bude vytvořen na základě projektové dokumentace. Dále podle cen emisních povolenek (pojem vysvětlený v kapitole 3. 4.) lze ocenit celkovou produkci CO₂ realizací RD. Přibližme si použitou metodiku v několika krocích pro obě varianty budovy:

- 1) Návrh konstrukčního provedení RD.
- 2) Výpočet součinitele prostupu tepla U pro stanovení klasifikační třídy objektu
- 3) Stanovení Penb v programu ENERGIE2015.

- 4) Položkový rozpočet.
- 5) Limitka materiálů, u kterých je známá uhlíková stopa.
- 6) Přiřazení velikosti produkce CO₂ k limitce materiálů.
- 7) Sumarizace CO₂ stopy za daný objekt.
- 8) Výpočet cen uhlíkové stopy jednotlivých materiálů.
- 9) Zahnutí ceny CO₂ k celkové ceně RD.



Obrázek 11 - Rozčlenění RD na konstrukce
(zdroj: [47])

Přiřazení velikosti uhlíkové stopy jednotlivým materiálům bude provedeno podle katalogu Envimat. Problémové je však přiřazení CO₂ stopy zvolenému systému vytápění. V odborném článku časopisu *Energy Policy* č. vydání 39 z roku 2011, který nese název: *Air- source heat pump carbon footprints: HFC ampacts and comparison of other heat sources* se Eric P. Johnson zabývá právě problematikou uhlíkové stopy. V článku byla vypočítána samotná produkce oxidu uhličitého výrobou několika systémů vytápění. Tento výpočet je velice složitý a musela by mu být věnována samostatná práce, ale to není naším cílem. Hodnoty, které Eric. P. Johnson uvádí, zohledňují plochu objektu, pro který je tepelné čerpadlo navrženo, dále jeho výkon z hlediska výhřevnosti, náročnost na výrobu a likvidaci potřebných materiálů a produkci CO₂ chladicí kapaliny. Celková hodnota se skládá z již zmíněných částí a představuje 2 570 kg ekv. CO₂ při použití tepelného čerpadla do objektu. Podobný výpočet byl proveden i pro plynový kotel a ten je zatížen hodnotou 455 kg ekv. CO₂ při jeho použití jako systému vytápění. Tyto hodnoty sice nejsou úplně aktuální, ale pro naše další výpočty v kapitole případové studie budou dostačující. [58]

2.4 ZÁKONNÉ PODMÍNKY ČESKÉ REPUBLIKY

Mezi jedno z nejdůležitějších setkání se řadí Pařížský klimatický summit OSN konající se v roce 2015. Jeho hlavním záměrem bylo přijmout taková opatření ohledně produkce emisí skleníkových plynů, aby nedocházelo ke zvyšování globální teploty nad 2 stupně Celsia v porovnání předindustriální érou. Limit si vlády stanovili na 1,5 stupně Celsia, což se jeví jako velký skok dopředu. Jinými slovy byl vytyčen limit maximálního oteplení do 2 stupňů, ale současně vlády vybízí k tomu, aby byla přijímána opatření o půl stupně ambicióznější. Hlavním iniciátorem setkání byl šéf OSN Ban Ki-moon, který již dlouhodobě upozorňuje na tuto problematiku. Z hlediska financování se k tomuto příslibu hlavy států postavily zodpovědně a příslibily Zelenému klimatickému fondu přibližně 2,3 mld. USD. Tuto dohodu podepsalo 195 zemí světa. [45]

Ke dni 1. 6. 2017 americký prezident Donald Trump oficiálně oznámil odstoupení od dohody o klimatu OSN. USA se v ní zavázalo snížení emisí skleníkových plynů mezi lety 2005 až 2025 o 28 %. Jeho hlavními argumenty odstoupení byly, že Američany by stála tato dohoda biliony dolarů, zrušila pracovní místa, brzdila ropný, uhelný a zpracovatelský průmysl. Toto oznámení je příliš předčasné a lze ho brát pouze jako symbolické. Důvodem je, že země může odstoupit od mezinárodní dohody, jakou představuje pařížská dohoda o klimatu, nejdříve tři roky poté, co vstoupí v platnost. V tomto případě je to až 4. listopadu 2019. Celý tento proces by trval rok, což znamená, že odstoupení od smlouvy by mohlo být dokončeno nejdříve po nových prezidentských volbách v roce 2020. Americká vláda je otevřená opětovnému zapojení do pařížské dohody, ale za nových podmínek příznivějších pro jejich podnikání a samotné obyvatele. Avšak nynější francouzský prezident Emmanuel Macron věří, že šéf Bílého domu změní své rozhodnutí odstoupit od takto důležité dohody pro celý svět. [46]

2.4.1 Zákony, směrnice, normy a nařízení vlády

Vedení Evropské unie klade velký důraz na šetrnost výrobků k životnímu prostředí. Proto se rozhodlo nahradit doposud platnou Směrnicí Rady 89/106/EHS novým a aktuálnějším nařízením Evropského parlamentu a Rady EU č. 305/2011. To nově zavedlo požadavek na udržitelné využívání přírodních zdrojů. Stanovuje že: „*Stavba musí být navržena, provedena a zbourána takovým způsobem, aby bylo zajištěno udržitelné použití přírodních zdrojů a také a) recyklovatelnost staveb, použitých materiálů a částí po zbourání, b) trvanlivost staveb, c) použití surovin a druhotných materiálů šetrných k životnímu prostředí při stavbě.*“. To je možné prokázat za pomoci Environmentálního prohlášení o produktu (EPD), které je v souladu s řádným legislativním postupem. [39], [40]

Dalším z programů pro mezinárodní hodnocení klimatických změn je IPCC (Mezivládní panel pro změnu klimatu). Založen byl v roce 1988 Programem OSN pro životní prostředí (UNEP) a Světovou meteorologickou organizací (World Meteorological Organisation – WMO), která poskytuje světu jasný vědecký přehled o současném stavu klimatu a environmentálních dopadech. Organizace IPCC neprovádí výzkum o změnách klimatu, ale přezkoumává a vyhodnocuje nejnovější vědecké, technické a sociálně-ekonomické informace týkající se změny klimatu. [44]

- ČSN EN ISO 14040: Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Zásady a osnova. Praha, ČNI, 2006
- ČSN EN ISO 14025: Environmentální značky a prohlášení - Environmentální prohlášení typu III - Zásady a postupy. Praha, ČNI, 2006
- ČSN EN 15643-2: Udržitelnost staveb – Posuzování udržitelnosti budov – Část 2: Rámec pro posuzování environmentálních vlastností, ÚNMZ, 2011

2.4.2 Indikátory udržitelnosti

Vlády EU používají pro sledování environmentálních změn a politickému rozhodování tzv. indikátory udržitelnosti. Jedná se především o kvalitativní nebo kvantitativní informace a ukazatele poskytující ucelené a základní informace o určitém jevu. Společné evropské indikátory neboli indikátory ECI (European Common Indicators) jsou na území České republiky nejznámější a nejvyužívanější sadou indikátorů udržitelného rozvoje na místní úrovni. Vytvořeny byly v roce 2001 a převzaty do českých podmínek v roce 2003. V současné době jsou tyto indikátory propagovány a zpracovávány pouze společností CI2, o.p.s. Jedná se o nestátní neziskovou společnost soustředující se na vědu, výzkum, udržitelný rozvoj a jiná odvětví. CI2, o.p.s. vznikla transformací též neziskové organizace Iris, o.p.s. v lednu 2013. Sada indikátorů se skládá z 10 převážně environmentálních ukazatelů.

Jsou jimi:

1. Spokojenost obyvatel s místním společenstvím.
2. Uhlíková stopa- Místní příspěvek ke globální změně klimatu.
3. Mobilita a místní přeprava cestujících.
4. Dostupnost veřejných prostranství a služeb.
5. Kvalita místního ovzduší.
6. Cesty dětí do a ze školy.
7. Nezaměstnanost.
8. Zatížení prostředí hlukem.
9. Udržitelné využívání území.
10. Ekologická stopa města.

Pro nás je prioritní bod č. 2: Uhlíková stopa - místní příspěvek ke globální změně klimatu. Jejím cílem je udržení globálního růstu teploty mezi 2 až 1,5 stupni Celsia oproti roku 1990. Pro splnění takového cíle je nezbytné zapojení jednotlivých měst a jejich zástupců. Hlavním producentem emisí v rámci měst je průmysl, doprava a produkce odpadů. Cíl je měřitelný v tunách ekvivalentu CO₂. Frekvence sledování tohoto indikátoru je jednou za dva roky. [18]

2.4.3 LCA

Posuzování životního cyklu neboli LCA metoda představuje analytickou metodu hodnocení environmentálních dopadů nejen výrobků, ale i služeb, technologií, obecně lidských produktů. Na procesu standardizace LCA se začalo pracovat v USA i v Evropě již od roku 1993. Tato metoda přistupuje k dané problematice hodnocení s ohledem na celý životní cyklus výrobků. Jedním z velice významných přínosů této metody je vyjádření environmentálních dopadů pomocí tzv. kategorií dopadu. Tímto slovním spojením se rozumí specifický problém životního prostředí, na jehož rozvoji se lidská činnost v důsledku výměny látek či energií s okolním prostředím podílí. Hodnocení environmentálních dopadů produktů, je principiálně novou disciplínou, která je ovšem založena na dlouhodobých zkušenostech s touto problematikou. Studie LCA se skládá ze čtyř základních fází a tj.: definice cílů a rozsahu, inventarizace, hodnocení dopadů a interpretace. [43]



Obrázek 12 - Životní cyklus výrobku
(zdroj: [42])

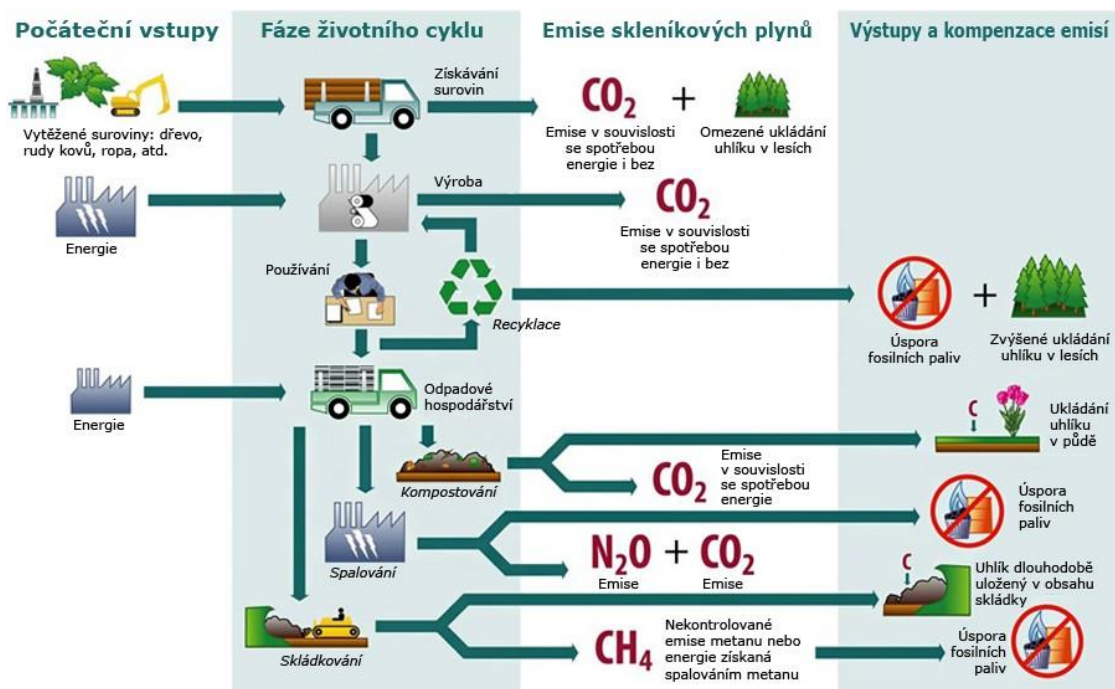
Značný počet studií v dnešní době byl zpracován pro interní účely podniků, a proto i do budoucna lze tuto oblast považovat za jednu z prioritních. Velký zájem veřejnosti o environmentálně šetrné produkty se odráží v rozvoji takového značení produktů, tzv. ekoznaček. Nyní existují tři úrovně environmentálního značení: typ I, typ II a typ III:

- Environmentální značení (typ I) se udělují výrobcům na konkrétní výrobky, pokud jsou v souladu s normou ČSN ISO 14024 a mají nižší negativní dopady na ŽP než výrobky s nimi srovnatelné.
- Vlastní environmentální prohlášení výrobců (typ II) dle ČSN ISO 14024 je označení výrobce, který má za úkol informovat spotřebitele o vlastnostech daného produktu. Musí být veřejně ověřitelné, a to na základě informací zpřístupněných vyhlášovatelem.
- Environmentální deklarace o produktu (typ III) značení udělené dle normy ČSN ISO 14025 vyjádřené zkratkou EPD. Takto označené výrobky jsou hodnoceny s ohledem na jejich celý životní cyklus metodou LCA.

LCA představuje dynamicky se rozvíjející metodu, opírající se o platné ISO normy, čímž vzniká předpoklad pro standardizaci LCA studií. Mezi hlavní přínosy této metody řadíme: vyjádření zásahů do životního prostředí, porovnání environmentálních dopadů a hodnocení s ohledem na celý životní cyklus produktu. [43]

2.4.4 Environmentální prohlášení o produktu (EPD)

Environmentální značení III. typu – EPD je udělováno konkrétním výrobkům na základě studií LCA prováděných v souladu s normami ČSN ISO 14040 a ČSN ISO 14044. Aby mohl výrobek obdržet tuto certifikaci, musí být sestavena studie LCA na všechny jeho komponenty v rámci určitého rozsahu procesů jeho životního cyklu. EPD se v praxi stává jednou z nejdůležitějších impulsů pro navrhování environmentálně šetrnějších výrobků. [43]



Obrázek 13 - Modelový životní cyklus výrobku s uvedením dopadů na ŽP v jednotlivých fázích (zdroj: www.vitejtenazemi.cz)

3. OCEŇOVÁNÍ

V následující kapitole se budeme zabývat základními pravidly oceňování staveb, stanovením ceny stavby a pojmy s tím spojenými. Především se jedná o seznámení s názvoslovím, přiblížení základních způsobů výpočtu a používaných metod v tomto odvětví. V České republice definuje způsoby oceňování staveb a jiného majetku Zákon o oceňování majetku č. 151/1991 Sb. s účinností od 1. 1. 1992 v platném znění, upravuje způsoby oceňování věcí, práv a jiných majetkových hodnot a služeb. A dále Zákon o cenách č. 526/1990 Sb. s účinností od 1. 1. 1991 v platném znění, se vztahuje na uplatňování, regulaci nebo kontrolu cen výrobků, výkonů, prací a služeb. Nejprve si stanovme základní pojmy.

3.1 DEFINICE ZÁKLADNÍHO NÁZVOSLOVÍ

Cena = jedná se o peněžní vyjádření hodnoty zboží, do které se promítají ekonomické (náklady) i mimoekonomické vlivy. Je definována ze dvou hledisek, prvním z pohledu odběratele a druhým z pohledu dodavatele. Ze strany odběratele se jedná o cenu ohodnocení či vyjádření kvality, vlastností, užítka výrobku nebo služby. Ze strany dodavatele se jedná o pokrytí nákladů a cíle zisku. Mezi základní typy cen patří pořizovací cena, jež představuje cenu pořízeného majetku s náklady související s jeho pořízením a cena pořízení charakterizována jako cena pořízeného majetku bez nákladů souvisejících s jeho pořízením. Dále pak vstupní cena, která vstupuje do kalkulace nákladů. Dále také reprodukční cena, nákladová cena, celková cena a cena majetku. [47]

Stavba = je definována ze dvou hledisek, a to z konstrukčního a také z technologického. Pro tento pojem existuje mnoho definic, ale my se budeme držet té danou stavebním zákonem č. 183/2006 Sb. Tam je definována jako: „*Veškerá stavební díla, která vznikají stavební nebo montážní technologií, bez zřetele na jejich stavebně technické provedení, použité stavební výrobky, materiály a konstrukce, na účel využití a dobu trvání. Dočasná stavba je stavba, u které stavební úřad předem omezí dobu jejího trvání. Stavba, která slouží reklamním účelům, je stavba pro reklamu.*“ . [51]

Pozemek = je charakterizován jako část zemského povrchu, oddělena od sousedních pozemků hranicí územní správní jednotky, hranicí katastrálního území a jiné. Toto je znění zákona č. 344/1992 Sb., § 27. [51]

Položkový rozpočet = představuje položkové vyjádření dílčích stavebních, řemeslných a montážních prací, kterým je přiřazena jednotková cena. Tyto ceny jsou převzaty z cenové základny ÚRS a.s. [50]

Limitka = jedná se o užitečný nástroj, který nám umožňuje vytvořit kompletní soupis přímých nákladů zakázky. [50]

Obvyklá hodnota = vyjadřuje ji zákon č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku jako hodnotu, které by bylo dosaženo při prodeji stejného popřípadě obdobného majetku v obvyklém obchodním styku. [50]

HSV = zkratka Hlavní stavební výroby zahrnující zemní práce, základy, svislé kce, vodorovné kce, úpravy povrchů nebo přesun hmot za celý tento oddíl. [59]

PSV = zkratka Přidružené stavební výroby, která zahrnuje veškeré řemeslné práce, instalace a dokončovací práce. [59]

R-polozky = jedná se o položky, které doplňuje sám rozpočtář na základě vlastního uvážení a nejsou obsaženy v žádné cenové soustavě, proto si cenu kalkuluje rozpočtář sám. [59]

Oceňovací podklady = jednou z nedílných součástí podkladů pro sestavení rozpočtu jsou oceňovací podklady. Tvoří veškeré zdroje informací o cenách stavebních kcí, dodávek a prací. Nejčastěji jsou ve formě katalogů, které dodávají firmy, co tvoří Cenové soustavy. Tyto podklady členíme dle stupně podrobnosti na rozpočtové ukazatele stavebních objektů (RUSO), agregované položky (RYRO), katalogy popisů a cen stavebních prací (KCSP), sborník pořizovacích nákladů (SPCM) a jiné. [59]

3.2 ZPŮSOBY OCEŇOVÁNÍ NEMOVITOSTÍ

Ocenění stavebního objektu lze provést několika způsoby, a to: „*Nestanoví-li zákon 151/1991 Sb., o oceňování majetku jinak, stavba se oceňuje nákladovým, výnosovým, nebo porovnávacím způsobem nebo případně jejich kombinací, jejich použití u jednotlivých staveb stanovuje vyhláška.*“. Výsledkem ocenění stavby je znalecký posudek, který obsahuje zákonem stanovené náležitosti a může ho provádět pouze autorizovaná osoba.

3.2.1 Nákladový způsob

Metoda stanovuje výslednou cenu stavby za pomoci vynásobení počtu měrných jednotek, určeného způsobem uvedeným ve vyhlášce, se základní cenou za měrnou jednotku. Dále je do výpočtu zahrnuto i opotřebení stavby. Použití této metody vychází z údajů minulosti, kdy se cena stanovila na základě nákladů na pořízení pozemku a nákladů investovaných do samotné realizace stavby. Tuto metodu volíme při ocenění průmyslových domů či hal. Vzoreček na celkový výpočet je uveden níže. [52]

Rovnice 1 - Ocenění objektu nákladovým způsobem (zdroj: [49])

$$CS_N = ZCU \times P_{mj} \times \left(1 - \frac{o}{100}\right),$$

3.2.2 Výnosový způsob

V tomto případě se vychází z výnosu z předmětu ocenění skutečně dosahovaného nebo z výnosu, který lze z předmětu ocenění za daných podmínek obvykle získat, a z kapitalizace tohoto výnosu (úrokové míry). Tato metoda vyjadřuje schopnost budovy vytvářet výnos. [52]

3.2.3 Porovnávací způsob

Používá se u rodinných domů (do cca 1100 m³ obestavěného prostoru) chat, garáží a bytů. „Ocenění vychází z porovnání předmětu ocenění se stejným nebo obdobným předmětem a cenou sjednanou při jeho prodeji; je jím též ocenění věci odvozením z ceny jiné funkčně související věci.“. [52]

3.3 STANOVENÍ CENY STAVBY

Celkový náklad na realizaci stavby se dá určit za pomoci souhrnného rozpočtu, položkového rozpočtu a dle metody agregovaných položek.

3.3.1 Souhrnný rozpočet stavby

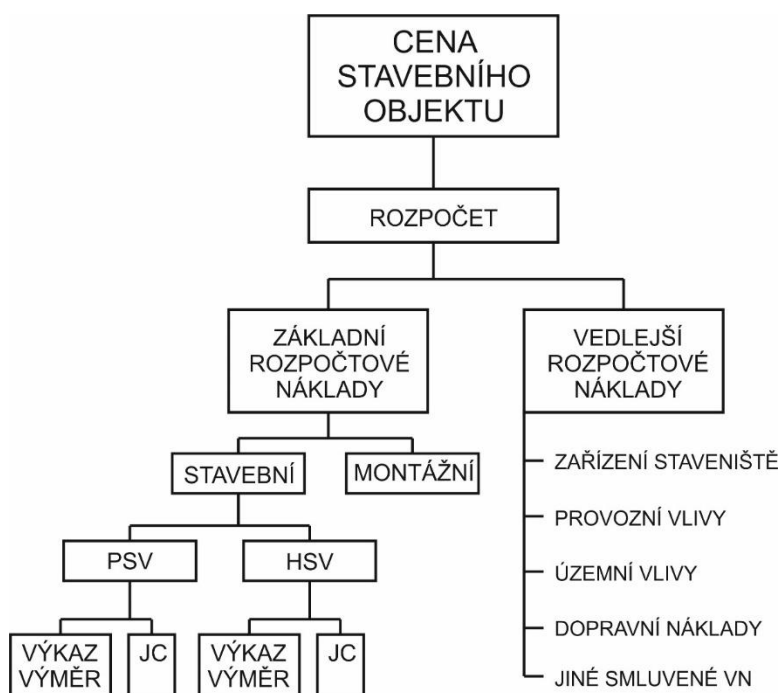
Zrušením vyhlášky č. 5/1987 Sb. o dokumentaci staveb, byla zrušena povinnost vypracování souhrnného rozpočtu. V dnešní době se zpracovávají pouze pro potřebu státní správy. Jednotlivé náklady se člení na tzv. 11 hlav:

- 1) Projektové a průzkumné práce
- 2) Provozní soubory
- 3) Stavební objekty
- 4) Stroje a zařízení
- 5) Umělecká díla
- 6) Vedlejší rozpočtové náklady
- 7) Ostatní náklady
- 8) Rezerva
- 9) Jiné investice
- 10) Vyvolané náklady
- 11) Náklady na investorskou činnost

3.3.2 Položkový rozpočet

Představuje nejpracnější, nejpřesnější a nejdelší způsob stanovení ceny stavby. Jedná se o výsledný produkt nezbytných předchozích kroků - nastudování projektu, zpracování výkazu výměr atd. Právě tato metoda bude využita v případové studii této práce pro zjištění ceny stavby. Hlavním cílem rozpočtování je sestavení celkové ceny stavby se zahrnutými veškerými náklady, kterými disponuje. Principem je provedení celkové kalkulace nutné stavební produkce skladebnou metodou v podobě jednotlivých

položek. Tím je dosaženo postupného ocenění všech konstrukcí a materiálů z prováděcí dokumentace. [50]



Obrázek 14 – Struktura nákladů v položkovém rozpočtu
(zdroj: [60])

3.3.3 Metoda agregovaných položek

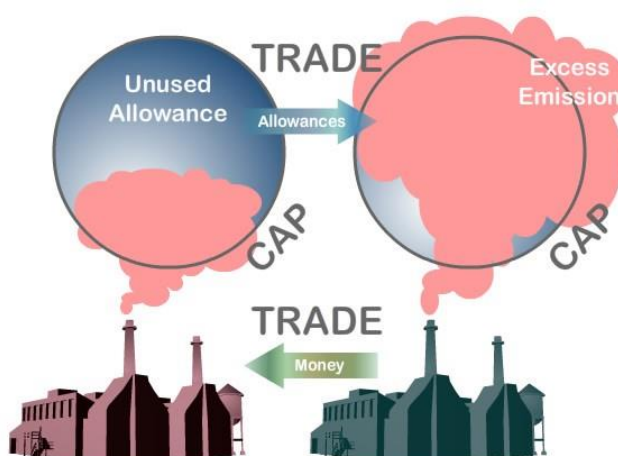
Vychází z podmínek, kdy není k dispozici prováděcí dokumentace, ale známe druhy materiálů a stavebních konstrukcí. Jednotlivé položky jsou sloučeny neboli agregovány tak, že tvoří ucelenou konstrukci. Praktický příklad agregace položky uvedeme železobetonovou základovou patku. Do položky je zahrnuto bednění, výztuž, beton i odbednění. Každá z těchto vyjmenovaných položek v sobě zahrnuje finanční náklad na dopravu, materiál, mzdy pracovních dělníků, stroje a zisk.

3.4 VLIV UHLÍKOVÉ STOPY NA VELIKOST CENY

Pokud si objekt v podobě rodinného domu rozebereme na jednotlivé konstrukce a materiály, jsme schopni stanovit výši uhlíkové stopy těchto dílčích částí. Jednotkové ceny není problém zjistit, ale nikdo nám neřekne, zda cena výrobku je navýšena o jeho zátěž na životní prostředí. V této práci se pokusíme přiřadit jednotkovou cenu na jednu množstevní jednotku vyprodukovaného CO₂, způsobené výrobou daného produktu. Provedeme to na základě převzatých cen z cenové databáze ÚRS s.r.o. a uvažovaných cen za likvidaci jednotky vytvořené uhlíkové stopy.

3.5 CENA TUNY CO₂ (SYSTÉM EU ETS)

Jak už bylo zmíněno v úvodu jedna z negativních externalit, která vzniká v oborech průmyslu, je vypouštění skleníkových plynů a způsobuje globální oteplování. V prosinci roku 1997 byl přijat v platnosti Kjótský protokol, který stanovuje snižování emisí všech zemí světa, do kterého byla později zapojena i Evropská unie. Aby byla schopna splnit tento závazek, vytvořila trh s emisemi skleníkových plynů. Obecně se nazývá Evropský systém emisního obchodování (zkráceně EU ETS). Systém byl založen na podobném principu, který byl zaveden ve Spojených státech koncem 70. let, kdy vláda dosáhla znatelného zlepšení ovzduší. Tuto metodu nazýváme „cap and trade“, představuje vytvoření nového trhu, na který automaticky zahrnujeme velké provozovatele vypouštějící emise.



Obrázek 15 – Princip systému Cap and Trade
(zdroj: www.oenergetice.cz)

V prostředí nového trhu se určí celkové množství vypouštěných skleníkových plynů („cap“) v podobě tzv. povolenek (EUA). Pod jednou povolenkou si představme jednu tunu skleníkového plynu, kterou máme právo vypustit. Zmiňované povolenky jsou rozděleny mezi znečišťovatele a povolenky již využitě, jsou z trhu po využití vyřazovány. Rozdělování povolenek je stanoveno buď historickou produkcí emisí, nebo na základě efektivity provozu. Každým rokem množství nových povolenek klesá a logicky tím klesá i množství vypouštěných emisí. Provozovatelé však mohou se samotnými povolenkami libovolně obchodovat („trade“) a odkupovat je od jiných. Ze zmíněných pravidel vyplývá, že provozovatelé musí svou produkci emisí měřit. Na celý systém dohlíží dozorní orgány s právem udělování pokut. [55]

Výše zmíněný systém EU ETS spustila EU v roce 2005 za účelem udělat všechny provozovatele odpovědnější za znečišťování prostředí a započít odklon od zastaralých technologií.

První fáze fungování:

Zkušební fáze fungovala až do roku 2007 a zaštiťovala ji směrnice 2003/87/ES, jasně definující princip fungování a cena jedné povolenky vzrostla na 30 euro. Následně

v každém členském státu EU vznikl národní provozovatel rejstříku s povolenkami (za ČR se jednalo o OTE a.s.) a každý stát žádal EU na základě historických dat o vypouštění emisí o potřebné množství emisních povolenek. Ty byly bezplatně rozděleny firmám. Po prvním roce fungování se však ukázalo, že státy chránící své tuzemské firmy si vyžádaly nadměrné množství povolenek, a tím vznikl jejich přebytek. Tato informace vyšla najevo po vydání ročního reportu o obchodování s povolenkami. To mělo za důsledek strmý pád ceny jedné povolenky. [55]

Druhá fáze fungování:

Druhá fáze obchodování stanovená na pětileté období (2008 až 2012) měla přijít s nápravou systému. Některé státy dostaly již v přípravné fázi k přepracování své alokační plány, ve kterých žádaly o nadměrné množství povolenek. Cena se opět pohybovala kolem 20 euro za EUA, ale s nástupem ekonomické krize v roce 2008, při níž byly zavírány mnohé energeticky náročné provozovny, opět vzrostlo množství nevyužitých povolenek a cena spadla pod hranici efektivity. [55]

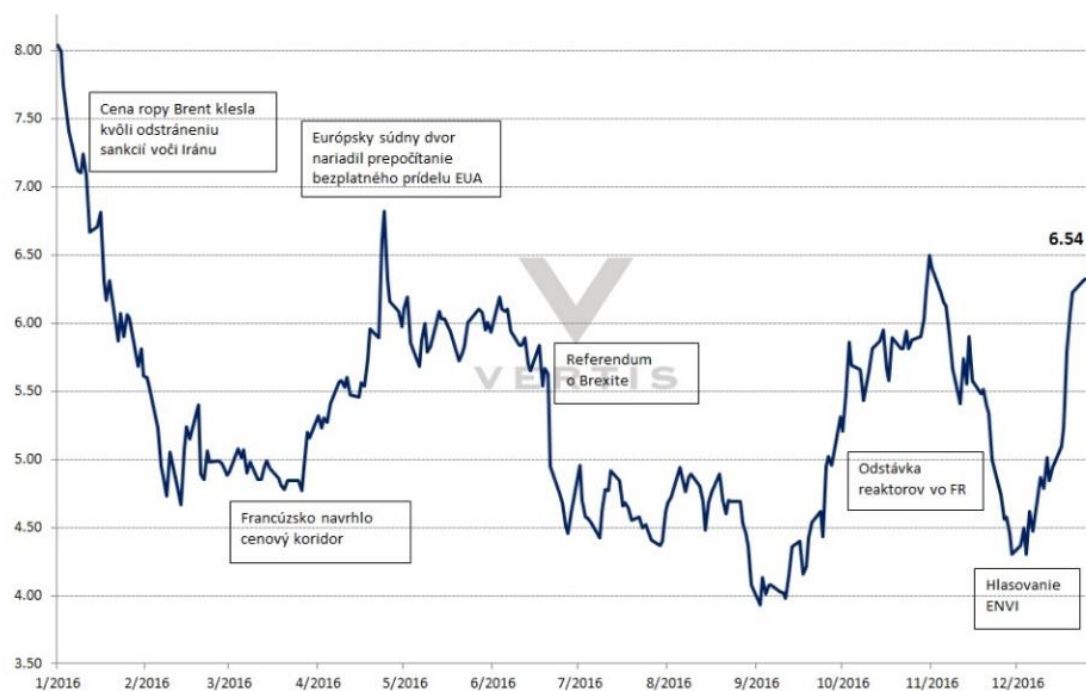
Třetí fáze fungování:

Spuštěna od roku 2013 s plánovaným ukončením provozu v roce 2020. Od předchozích dvou fází došlo k řadě změn. Sem se řadí zahrnutí letecké dopravy do systému, rozšíření o další skleníkové plyn, nebo rozdělování povolenek částečným aukcionářstvím prostřednictvím burz (cca 40 %). I přes veškeré snahy o efektivitu tohoto systému je stále na trhu výrazný přebytek emisních povolenek. Tento fakt se odráží především na stálém pokračování provozu levných elektráren na fosilní paliva, které nepovažujeme za efektivní. Přebytek v roce 2015 činil přibližně 2 mld. EUA. Protože je systém EU ETS založen na tržním principu, je možné ovlivňovat cenu zvýšením poptávky nebo snižováním nabídky povolenek. [55]

Tabulka 4 – Kroky EU k zefektivnění systému povolenek (zdroj: Evropská komise)

Možnost	Vliv na nabídku/poptávku	Rychlost zavedení	Změna ambice pro 2020	Dopad na bezplatnou alokaci
Přechod na 30% cíl do 2020	nabídku	v závislosti na mechanismu	v závislosti na mechanismu	v závislosti na mechanismu
Odebrání určitého množství povolenek	nabídku	rychle	ne	ne
Změna lineárního faktoru	nabídku	pomalá	ano	ano
Rozšíření působnosti EU ETS	poptávku	pomalá	v závislosti na mechanismu	ne
Přístup k mezinárodním kreditům	nabídku	pomalá	ne	ne
Cenový mechanismus	nabídku	pomalá	ne	ne

Pokud celkově zhodnotíme celý systém obchodování s uhlíkem, účastní se ho přes 11 000 zařízení a elektráren ve 31 zemích světa, stejně jako i letecká doprava v zemích EU. EU ETS pokrývá okolo 45 % veškeré produkce emisí v EU. Cena jedné povolenky se nyní pohybuje na částce okolo 7,3 eur za tunu a analytici předpokládají rostoucí tendenci této ceny (k datu 17. 10. 2017). Povolenky zažívají nejdelší cenový růst od květnového minima. Odhad pro rok 2018 je cena 7,16 eura, pro rok 2019 je to 9,92 eura. V roce 2020 by se jejich cena měla vyšplhat až na 14,70 eura. Tento odhad vychází z výpočtů analytiků oslovených agenturou Reuters. Takovýto růst by mohl motivovat podnikatele pro zefektivnění jejich provozoven a využívání energeticky úspornějších technologií. [56]



Graf 3 – Vývoj cen emisních povolenek v roce 2016
zdroj: ([56])

Pokud převezmeme předpokládaný vývoj cen povolenek pro obor stavebnictví, jsme schopni stanovit celkovou cenu uhlíkové stopy výroby jednoho nízkoenergetického nebo běžného domu a porovnat ji i s cenou pořizovací.

V případové studii bude stanovena cena sumarizované uhlíkové stopy za RD ve dvou typech provedení s uvažovanou cenou emisních povolenek pro 2017 a následující 3 roky.

4. PŘÍPADOVÁ STUDIE

V praktické části práce se zaměříme na dílčí výpočty nutné k celkovému vyhodnocení problematiky uhlíkové stopy ve stavebnictví. Nejprve je zapotřebí vypracování položkového rozpočtu, který bude sestaven v programu KROS 4. Z toho bude udělána celková limitka materiálů. Následně je možné přiřadit jednotlivým materiálům velikost vlivu na životní prostředí v podobě velikosti vyprodukované uhlíkové stopy při jeho výrobě. Po těchto výpočtech lze sumarizovat výsledné hodnoty uhlíkové stopy za celý objekt. Tento postup výpočtu bude proveden ve variantě nízkoenergetického standardu a ve variantě běžného návrhu domu. Výpočet součinitele prostupu tepla a výpočet Pen_b je převzat z bakalářské práce: HALAMA. M, Nízkoenergetická výstavba, 2015, VUT v Brně.

4.1 SEZNÁMENÍ S PROJEKTOVOU DOKUMENTACÍ

Pro správné vyhodnocení je nutné, mít veškeré dostupné informace o navrženém objektu, které budou převzaty z technické zprávy projektu. Projekt byl zapůjčen od důvěryhodné stavební firmy, která se účastnila výběrového řízení na realizaci tohoto rodinného domu. Pro ochranu osobních údajů firmy, zde nebudou uváděny žádné bližší informace o ní. Autorem projektu, jenž je uváděn v popisových polích, je Ing. arch. Martin Orem a hlavním projektantem je Ing. Radim Fojtík. Dům byl zařazen do katalogu firmy EUROLINE.

4.1.1 Popis využití objektu

Projekt RD je navržen pro čtyř - až pětičlennou rodinu jako jednopodlažní bungalov s přistavěnou garáží s celkovou plochou cca 150 m². Hlavní vstup do objektu je řešen v prvním nadzemním podlaží (1.NP) pomocí betonového vyrovnávajícího stupně. Byt se skládá z vstupní chodby, haly, čtyř obytných místností, obývacího pokoje spojeného s jídelním koutem, kuchyně, WC a koupelny s WC. V budově se také nachází technická místnost a přistavěná garáž. Součástí domu je terasa, na kterou je přístup z hlavních obytných místností.

V hale, která je středem objektu, je umístěno půdní skládací schodiště. Výkresy prováděcí dokumentace jsou k nahlédnutí na příloženém CD.

Pro úplnost přikládám fotografii RD z katalogu, na které je zachycena část s terasou orientovanou na jihozápad. Bohužel je tato vizualizace bez přistavěné garáže, která je v našem projektu navržena.



Obrázek 16 - Fotografie rodinného domu
(zdroj: www.awdomy.cz)

4.1.2 Konstrukční řešení objektu

Základní konstrukční a materiálové řešení je převzato z Technické zprávy, která byla poskytnuta k projektové dokumentaci. V kapitole případové studie dochází ke změnám systému vytápění, zdrojů energie nebo skladbě nosných konstrukcí z důvodu dosažení rozdílných tříd energetické náročnosti budov. Popis konstrukcí uvedených v projektu je v tuto situaci obecný, jak jej navrhl architekt s projektantem v koncepčním návrhu.

Základové konstrukce jsou navrženy z betonových tvárnic ztraceného bednění na monolitických základových pasech (beton C12/15) vyztužených v dolní části síťovinou.

Svislá nosná konstrukce obvodového zdiva je navržena z keramických tvárnic HELUZ FAMILY 38 (broušené cihly spojované celoplošným lepidlem), vnitřní nosné zdivo z keramických tvárnic HELUZ FAMILY 25 a příčky z keramických tvárnic HELUZ 11,5.

Objekt je z větší části bez stropní konstrukce se zavěšeným sádrokartonovým systémem podhledu a část se sádrokartonovým obložením krovu. Dřevěná vaznicová soustava s fošnovými krokvemi o rozměrech 100/200mm (š/v) je zvolena jako konstrukce střechy.

Střešní krytina je navržena z betonové tašky BRAMAC - ALPSKÁ TAŠKA. Jako izolace proti vlhkosti a vodě navržena lepenka HYDROBIT V 60 S35. Zateplení obvodového zdiva řešeno kontaktním zateplovacím systémem NOBASIL tl. 80 mm.

Tepelná izolace zastřešení - izolace NOBASIL v celkové tloušťce 260 mm (jedná se o minerální vatu). Všechna okna jsou navržena dřevěná nebo plastová, s izolačním trojsklem a celoobvodovým kováním. Součinitel prostupu tepla okna max. $U=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.2 PŘEDPOKLADY VÝPOČTU

V této kapitole bude stručně popsáno, s jakými základními předpoklady je uvažováno pro výpočet, aby nedošlo ke zpochybnění výsledků z důvodů vložení špatných vstupních hodnot.

- Výpočet uvažuje pouze s výrobní fází životního cyklu budovy.
- Návrh konstrukcí a materiálů zvolených v nízkoenergetické variantě byl převzat z bakalářské práce HALAMA, M.: Nízkoenergetická výstavba VUT v Brně 2016.
- Klasifikace dle Průkazu energetické náročnosti budov jednotlivých tříd bude převzata z již zmíněné bakalářské práce. Tam jsou definovány konstrukční a materiálové předpoklady jednotlivých tříd hodnoceného objektu. V této práci budou hodnoceny zejména třídy A a C, čímž je dosaženo nízkoenergetického standardu a obyčejné budovy.
- Do položkového rozpočtu a sumarizace uhlíkové stopy nebudou zahrnuty oddíly: kanalizace, plynovodu, vodovodu, rozvodu ústředního vytápění, výplně otvorů a další. Jedná se o položky, u kterých doposud nebyla stanovena velikost uhlíkové stopy, proto budou vynechány.
- Z předchozího bodu vyplývá, že položkový rozpočet nebude celý, a proto jeho cena nemůže odpovídat celkové ceně, která by byla stanovena pro celý stavební objekt.
- Cílem je stanovení uhlíkové stopy materiálů, u kterých je tato hodnota známá z katalogu materiálů Envimat.cz, ostatní práce neřeší.
- Při určování ceny celkové hodnoty uhlíkové stopy za objekt, je cena za tunu CO_2 převzata z emisních povolenek vycházející z webu E15.cz, a to cenou 7,3 euro/ 1 tuna CO_2 .
- Hodnota velikosti uhlíkové stopy v katalogu materiálů Envimat je pouze orientační a nevztahuje se k žádnému konkrétnímu výrobcí.
- V položkovém rozpočtu není uvažováno se žádnými vedlejšími náklady.

4.3 VARIANTA NÍZKOENERGETICKÉHO RD

Tohoto řešení se v první řadě dosahuje velmi kvalitním provedením celého objektu a předpokladem jsou téměř neexistující tepelné mosty v konstrukcích.

4.3.1 Popis návrhu konstrukční a materiálové náročnosti

Pro nosné obvodové stěny byla zvolena konstrukce skládající se z perlitové vnější omítky, EPS polystyrenu, keramická broušená tvárnice typu HELUZ FAMILY 38 2v1 a vnitřní omítky.

Systémem pro vytápění je tepelné čerpadlo vzduch/voda typ NIBE F2030-7 (s akumulací nádrží o objemu 125l, výkonem 7 kW, spotřebě cca 6250 kWh/rok), které je zároveň využíváno k přípravě teplé vody. RD má na střeše nainstalované solární tepelné kolektory (o celkové ploše 15 m², orientované na jih). Elektrická energie je ze sítě dále využívána na osvětlení vnitřního prostředí objektu a provoz. Systém vytápění nebude v položkovém rozpočtu započítán, ale bude individuálně spočítán.

Jako výplň okenních otvorů byla zvolena dřevěná Eurookna s izolačním trojsklem (součinitel prostupu tepla $U=0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$). Výplň dveřních vstupních otvorů jsou dřevěné dveře se zasklením (součinitel prostupu tepla $U=1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$). Střešní konstrukce se skládá ze střešní krytiny BRAMAC betonové tašky, minerální vaty ROCKWOOL, parotěsné zábrany, sádkartonového podhledu a nosných konstrukcí jednotlivých částí. Skladba podlahové konstrukce ležící na zemině je navržena následující: podlahová krytina, beton, tepelná izolace, hydroizolace, beton základové konstrukce.

4.3.2 Výpočet součinitele prostupu tepla U

Pro určení jednotlivých klasifikačních tříd Průkazu energetické náročnosti budov je potřeba u každé z konstrukcí vypočítat součinitel prostupu tepla. Tento výpočet je dán následujícími vztahy:

Rovnice 2 – Součinitel prostupu tepla

$$U_T (U) = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T}$$

Rovnice 3 – Tepelný odpor

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Legenda jednotlivých proměnných je popsána přímo v tabulkách. Pro přehlednost a lepší orientaci jsou lišící se konstrukce zakroužkovány.

Tabulka 5 - Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny. d- tloušťka, λ - součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla.

Obvodová nosná zeď	d	λ	R	U
	[m]	[W/mK]	[m ² ·K/W]	[W/(m ² ·K)]
Omítka vnější, tenkovrstvá silikonová	0,01	0,180	0,056	0,082
EPS desky	0,20	0,034	5,882	
Keramická tvárnice HELUZ FAMILY 38	0,38	0,062	6,129	
Vnitřní omítka, tepelně izolační	0,01	0,180	0,056	

Tabulka 6 - Výpočet součinitele prostupu tepla podlahy. d- tloušťka, λ - součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla.

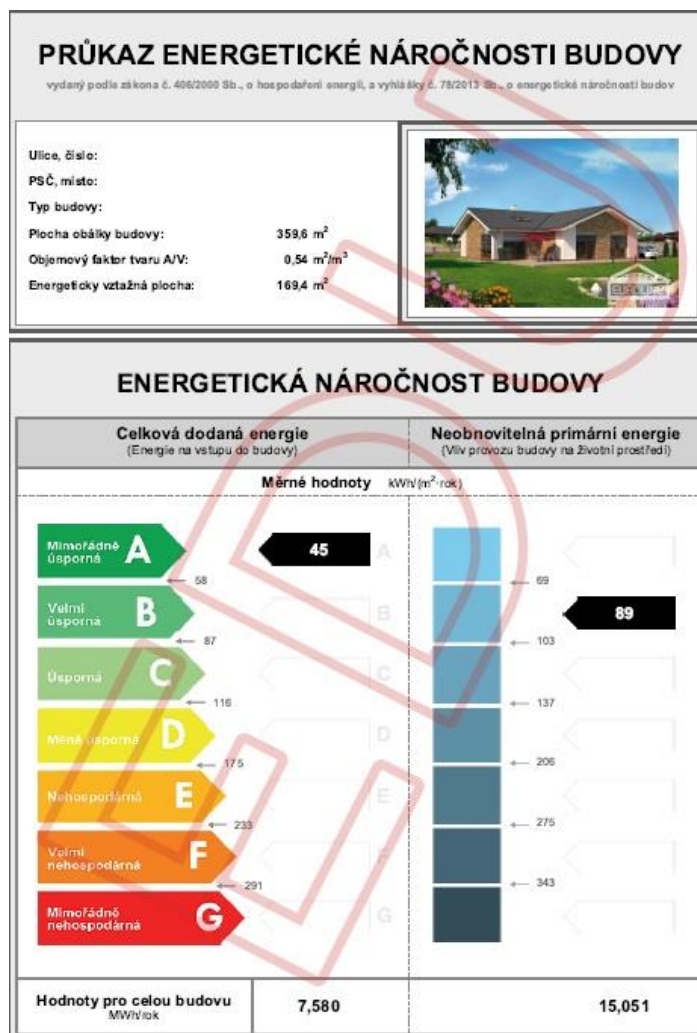
Podlahová kce	d	λ	R	U
	[m]	[W/mK]	[m ² ·K/W]	[W/(m ² ·K)]
Laminátová parketa	0,010	0,180	0,056	0,11
Pěnová podložka Mirelon	0,003	0,050	0,060	
Samonivelační stěrka	0,050	0,500	0,100	
Textilie	0,001	0,050	0,020	
EPS polystyrenové desky	0,300	0,034	8,822	
Hydroizolace	0,004	0,200	0,020	

Tabulka 7 - Výpočet součinitele prostupu tepla střechy. d- tloušťka, λ - součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla.

Střešní kce	d	λ	R	U
	[m]	[W/mK]	[m ² ·K/W]	[W/(m ² ·K)]
Střešní krytina BRAMAC	0,010	0,026	0,385	0,115
Latě a kontralatě	0,100	0,080	1,250	
Difúzní hydroizolační fólie	0,001	0,200	0,005	
Minerální vata ROCKWOOL	0,300	0,080	1,875	
Parozábrana	0,001	0,200	0,005	
Sádkartonové desky	0,015	0,220	0,068	

4.3.3 Penb klasifikační třída A

Penb je nutné zpracovat před dalšími výpočty, kvůli přesnému definování nízkoenergetické budovy a běžného návrhu objektu. Tento výpočet nám ověří, zda návrh skladeb konstrukcí je vyhovující pro požadovanou třídu.



Obrázek 17 – Průkaz energetické náročnosti budovy (zdroj: ENERGIE2015)

Konstrukční a materiálové řešení RD, jež je v kapitole 4.3.1. specifikován, je vyhovující a zařazen do klasifikační třídy Penb A. Proto je možné ho označit jako nízkoenergetický a lze ho použít pro další výpočty.

4.3.4 Položkový rozpočet

Níže je uvedena rekapitulace provedeného rozpočtu rodinného domu klasifikovaného do třídy A Průkazu energetické náročnosti budov. Celková cena RD byla vytvořena položkovým rozpočtem v programu KROS plus verze 2016/ I v. 2., který využívá cenovou soustavu ÚRS. Tato cenová soustava je každé čtvrtletí aktualizována podle nejnovějších cen ve stavebnictví.

REKAPITULACE ROZPOČTU	
Stavba:	Rodinný dům BUNGALOV 1175+G Z1
Objekt:	1 - RD BUNGALOV 1175
Místo:	Adamov, p.č. 296/57 Datum: 04.12.2017
Objednatel:	Projektant:
Zhotovitel:	Zpracovatel: Bc. Miroslav Halama
Kód - Popis	Cena celkem [CZK]
1) Náklady z rozpočtu	3 230 417,08 Kč
HSV - Práce a dodávky HSV	1 453 508,46 Kč
1 - Zemní práce	102 144,34
2 - Zakládání	272 779,91
3 - Svislé a kompletní konstrukce	340 252,87
4 - Vodorovné konstrukce	73 124,73
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	562 024,02
61 - Úprava povrchů vnitřních	562 024,02
62 - Úprava povrchů vnějších	463 990,66
63 - Podlahy a podlahové konstrukce	133 542,48
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	24 940,72
998 - Přesun hmot	78 241,87
PSV - Práce a dodávky PSV	1 776 908,62 Kč
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	66 764,16
713 - Izolace tepelné	182 932,82
762 - Konstrukce tesařské	304 405,18
763 - Konstrukce suché výstavby	99 232,84
764 - Konstrukce klempířské	34 899,29
765 - Krytina skládaná	162 864,97
766 - Konstrukce truhlářské	246 089,07
767 - Konstrukce zámečnické	50 938,07
771 - Podlahy z dlaždic	181 993,18
775 - Podlahy skládané	276 010,96
781 - Dokončovací práce - obklady	33 605,81
783 - Dokončovací práce - nátěry	1 169,41
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	14 021,31
786 - Dokončovací práce - čalounické úpravy	121 981,55
2) Ostatní náklady	0,00 Kč
Celkové náklady za stavbu 1) + 2)	3 230 417,08 Kč

Obrázek 18 – Znárodnění rekapitulace položkového rozpočtu (zdroj: Kros 4)

V položkovém rozpočtu byly obsaženy všechny důležité položky pro stanovení přibližné celkové ceny. Nebyly uvažovány oddíly inženýrských sítí, zařizovací předměty ani vedlejší rozpočtové náklady. Oddíl ústředního vytápění bude samostatně připočítán v další kapitole. V další kapitole bude provedena limitka materiálů z důvodu přiřazení velikosti uhlíkové stopy. Limitku materiálů provádíme, jelikož pro položky jednotlivých prací se uhlíková stopa neurčuje.

4.3.5 Upravená limitka materiálů

Je zapotřebí, aby čtenář přistupoval k tomuto výpočtu pouze jako teoretickému, protože katalog Envimatu dosud neobsahuje všechny používané materiály. Proto bylo zapotřebí odebrat ze stanovené limitky materiálů veškeré položky, u kterých nelze uhlíkovou stopu určit. Celková cena limitky je **1 979 156 Kč** a podařilo se určit míru uhlíkové stopy u **81 %** použitých materiálů z celkového rozpočtu. Po tomto kroku jsme získali upravenou limitku, a také upravenou celkovou cenu materiálové náročnosti objektu.

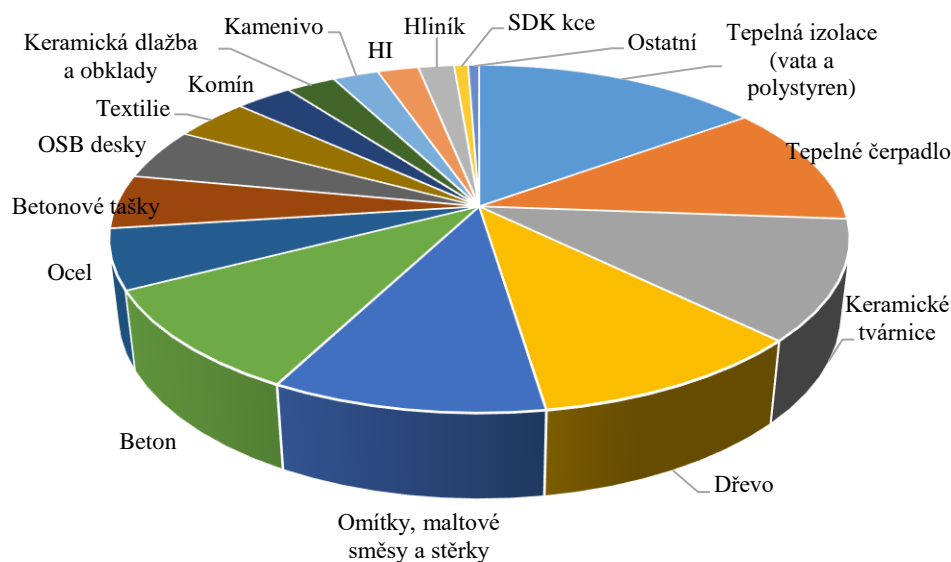
Tabulka 8 – Seznam materiálů s celkovou cenou a jejich procentuálním podílem

Materiál	Celková cena	Podíl z celkové ceny
	[Kč]	[%]
Tepelná izolace (vata a polystyren)	269 173,13	15,27
Tepelné čerpadlo	200 000,00	11,35
Keramické tvárnice	199 431,84	11,31
Dřevo	184 727,09	10,48
Beton	174 240,66	9,88
Omítky, maltové směsi a stěrky	150 676,06	8,55
Ocel	99 646,59	5,65
Betonové tašky	90 056,40	5,11
OSB desky	86 438,78	4,90
Textilie	70 696,15	4,01
Komín	53 177,08	3,02
Keramická dlažba a obklady	46 257,08	2,62
Kamenivo	42 941,37	2,44
HI	38 439,94	2,18
Hliník	33 412,69	1,89
SDK kce	13 178,83	0,74
Ostatní	10 330,38	0,59
Celkem	1 762 824,01 Kč	100%

Limitka materiálů pro celý objekt je k nahlédnutí v příloze. Upravená celková cena materiálů je **1 562 824 Kč**. K této ceně je nutné přičíst hodnotu tepelného čerpadla. Jako systém vytápění pro nízkoenergetický dům bylo zvoleno tepelné čerpadlo vzduch/voda. Tento systém byl zahrnut ve výpočtu Penb. Cenu volíme jako průměr dodavatelů z několika cenových nabídek, a to **200 000 Kč**.

$$\begin{aligned}
\text{Celková cena} &= \text{upravená limitka materiálů} + \text{cena tepelného čerpadla} \\
&= 1\,562\,824 + 200\,000 \\
&= \underline{\underline{1\,762\,824 \text{ Kč}}}
\end{aligned}$$

Následující graf znázorňuje procentuální podíl jednotlivých materiálů z celkové ceny upravené limitky. Největší podíl na ceně má zateplení objektu. To je důvodem, proč je velice důležité volit cenově výhodné materiály, které splňují požadavky na celkovou izolaci obálky budovy. Druhý největší podíl na ceně má tepelné čerpadlo. U toho systému vytápění je všeobecně známo, že vynaložení vyšších investičních nákladů, se vyplatí po několika letech provozu. Tato problematika byla řešena již v mé bakalářské práci. Za zmínku stojí menší podíl hliníku, kde jsou obsaženy veškeré klempířské prvky.



Graf 4 – Procentuální podíl materiálů z celkové ceny upravené limitky

Cenový podíl materiálů, které nebyly zahrnuty do upravené limitky tvoří přibližně **416 332 Kč**. Největší část je zastoupena oddílem truhlářských konstrukcí, jelikož výplně otvorů jsou specifickou konstrukcí a obsahují velké množství dílčích částí. Proto by bylo obtížné je rozčlenit na jednotlivé části a u každé části určit uhlíkovou stopu výrobku. Oddíl truhlářských konstrukcí je oceněn na **182 349 Kč**. Další neobsažené položky jsou z oddílu zámečnických konstrukcí, u kterých je tentýž problém jako u těch truhlářských. Tato část je v položkovém rozpočtu oceněna na **45 951 Kč**. Mezi důležité nezahrnuté položky považujeme i překlady a bednění. Zbylé položky neuvažujeme do upravené limitky z důvodu přílišné specifikace výrobku nebo neobsažení v katalogu materiálů Envimatu.

4.3.6 Výpočet velikosti uhlíkové stopy

Největším producentem ekvivalentu CO₂ na 1 kg výroby materiálu je hliník, a to s hodnotou 12,04 kg ekv. CO₂ na výrobu 1 kg hliníku. V katalogu Envimatu má označení ECO - 005. Druhým největším znečišťovatelem jsou ocelové výrobky s hodnotou 4,47 kg ekv. CO₂ na výrobu 1 kg oceli. Což je pochopitelné, jelikož výroba kovů zahrnuje energeticky náročnou těžbu, dopravu a zpracování. Naopak tu nejmenší hodnotu uhlíkové stopy má kamenivo. Beton, který většinou tvoří největší materiálovou náročnost stavby, má průměrnou hodnotu 0,1 kg ekv. CO₂. Hmotnosti jednotlivých materiálů jsou vždy vztaženy na danou měrnou jednotku a byly převzaty od výrobců, kteří je uvádějí na webových stránkách. Položka uhlíkové stopy je uvažována jako velikost vyprodukovaného CO₂ v kg na výrobu 1 kg daného materiálu. Celá tabulka je uvedena v příloze. Hodnota uvedená u tepelného čerpadla je převzata z odborného článku a je popsána v kapitole 2.3.4.

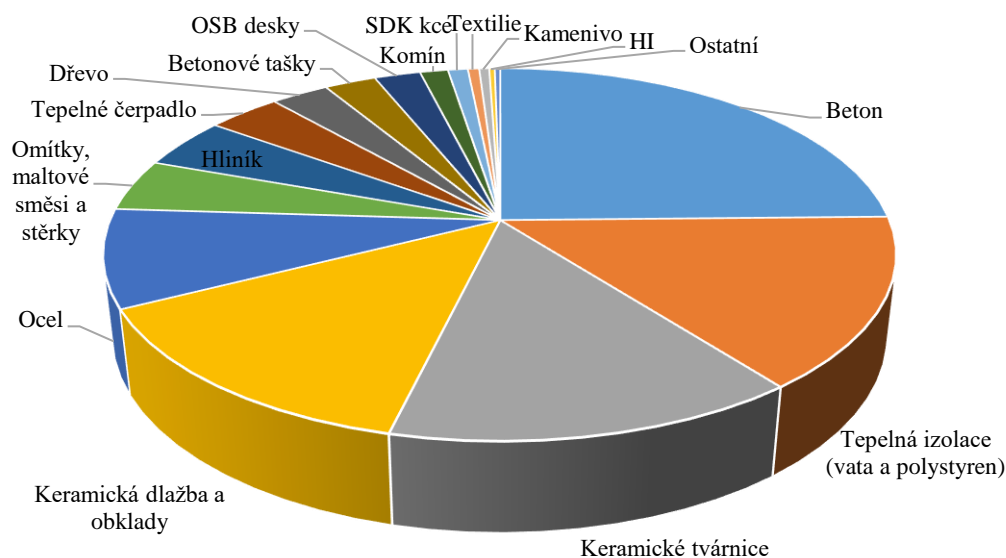
Tabulka 9 – Seznam materiálů s celkovou produkcí CO₂ jejich výrobou vč. procentuálního zastoupení

Materiál	Produkce CO ₂	Podíl z celkového CO ₂
	kg	%
Beton	17 721,20	24,69
Tepelná izolace (vata a polystyren)	10 629,88	14,81
Keramické tvárnice	10 226,11	14,25
Keramická dlažba a obklady	9 857,13	13,74
Ocel	6 102,36	8,50
Omítky, maltové směsi a stěrky	3 232,79	4,50
Hliník	3 187,66	4,44
Tepelné čerpadlo	2 570,00	3,58
Dřevo	2 023,78	2,82
Betonové tašky	1 801,89	2,51
OSB desky	1 608,50	2,24
Komín	979,37	1,37
SDK kce	693,26	0,97
Textilie	394,79	0,55
Kamenivo	349,31	0,49
HI	193,60	0,27
Ostatní	192,98	0,27
Celkem	71 764,61 kg	100 %

V tabulce 9. jsou, seřazeny dle procentuálního podílu z celkového vyprodukovaného ekvivalentu CO₂ veškeré materiály, u kterých je známá výše uhlíkové

stopy. Celková produkce CO₂ výrobou materiálů pro nízkoenergetický dům včetně tepelného čerpadla je cca **71,8 tun CO₂**.

V grafu č. 3. jsou znázorněny procentuální podíly uhlíkové stopy jednotlivých materiálů získaných na základě upravené limitky na výstavbu nízkoenergetické budovy. Nejvíce procent tvoří beton. Důvodem je velké množství použitého materiálu a jeho vysoká objemová hmotnost. Vysoký podíl mají i tepelné izolace a keramické výrobky ze stejného důvodu jako tomu bylo v případě betonu. I když má hliník největší uhlíkovou stopu na jednotku produkce tohoto materiálu, nemá velké procento zastoupení z celkové uhlíkové stopy stavby, protože ho bylo použito malé množství.



Graf 5 – Procentuální podíl materiálů z celkové uhlíkové stopy

4.3.7 Ocenění uhlíkové stopy

Jednotková cena uhlíkové stopy je uvažována 7,3 euro, kdy kurz je k 15. 12. 2017 přibližně 25,7 Kč. Tato hodnota byla převzata z webu kurzy.cz. Cena na zlikvidování 1 tuny CO₂ je zdůvodněna v teoretické části, a to v kapitole 3.4.

Tabulka 10 – Ocenění uhlíkové stopy u jednotlivých materiálů

Materiál	Produkce CO ₂	Cena 1 tuny CO ₂	Celková cena CO ₂
	tun	Kč	Kč
Beton	17,70	187,61	3 320,70
Tepelná izolace (vata a polystyren)	10,60		1 988,67
Keramické tvárnice	10,20		1 913,62
Keramická dlažba a obklady	9,90		1 857,34
Ocel	6,10		1 144,42
Omítky, maltové směsi a stěrky	3,20		600,35
Hliník	3,20		600,35
Tepelné čerpadlo	2,60		487,79
Dřevo	2,00		375,22
Betonové tašky	1,80		337,70
OSB desky	1,60		300,18
Komín	0,98		183,86
SDK kce	0,69		129,45
Textilie	0,39		73,17
Kamenivo	0,49		91,93
HI	0,19		35,65
Ostatní	0,19		35,65
Celkem	71,83 tun		13 476,03 Kč

Celková cena produkce CO₂ výrobou materiálů na nízkoenergetický dům v klasifikační třídě A v roce 2017 je přibližně **13 476 Kč**. Pokud zahrneme tuto cenu k celkové ceně upravené limitky lze stanovit cenu materiálů včetně ceny za dopad na životní prostředí.

$$\begin{aligned}
 \text{Celková cena materiálů} &= \text{upravená limitka materiálů} + \text{cena CO}_2 \\
 &= 1\,762\,824 + 13\,476 \\
 &= \underline{\underline{1\,776\,300\,Kč}}
 \end{aligned}$$

4.4 VARIANTA BĚŽNÉHO RD

4.4.1 Popis návrhu kční a materiálové náročnosti

Konstrukční řešení objektu pro třídu C se liší oproti předcházející třídě A ve skladbě obvodové stěny, pro kterou byla tentokrát použita skladba skládající se z perlitové vnější omítky, keramická broušená cihla typu HELUZ FAMILY 50 a vnitřní omítky. U podlahové konstrukce byla použita tloušťka EPS polystyren 150 MM namísto původních 300 MM. Typ a skladba střešní konstrukce byla použita totožná jako v předchozím případě, to jest v třídě A.

4.4.2 Výpočet součinitele prostupu tepla U

Tabulka 11 - Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny. d- tloušťka, λ - součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla.

Obvodová nosná zeď	d	λ	R	U
	[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/(m ² ·K)]
Omítka vnější, tenkovrstvá silikonová	0,01	0,180	0,056	0,139
Keramická tvárnice HELUZ FAMILY 50	0,50	0,075	6,667	
Vnitřní omítka, tepelně izolační	0,01	0,180	0,056	

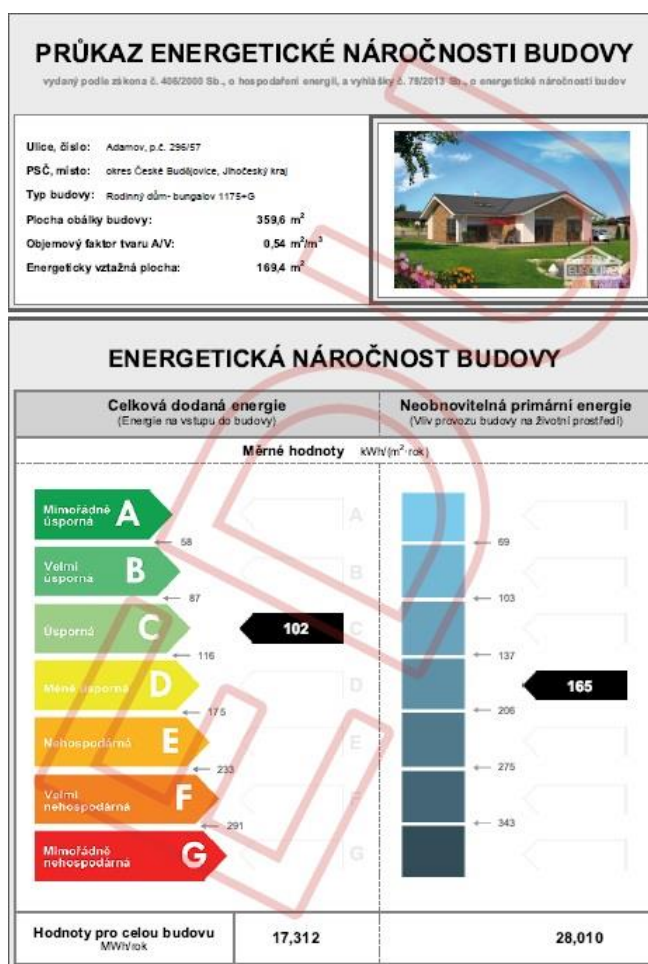
Tabulka 12 - Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny. d- tloušťka, λ - součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla.

Podlahová kce	d	λ	R	U
	[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/(m ² ·K)]
Laminátová parketa	0,010	0,180	0,056	0,21
Pěnová podložka Mirelon	0,003	0,050	0,060	
Samonivelační stěrka	0,050	0,500	0,100	
Textilie	0,001	0,050	0,020	
EPS polystyrenové desky	0,150	0,034	4,412	
Hydroizolace	0,004	0,200	0,020	

Tabulka 13 - Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny. d- tloušťka, λ- součinitel tepelné vodivosti, R- tepelný odpor konstrukce, U- součinitel prostupu tepla.

Střešní kce	d	λ	R	U
	[m]	[W/m·K]	[m ² ·K/W]	[W/(m ² ·K)]
Střešní krytina BRAMAC	0,010	0,026	0,385	0,228
Latě a kontralatě	0,100	0,080	1,250	
Difúzní hydroizolační fólie	0,001	0,200	0,005	
Minerální vata ROCKWOOL	0,150	0,080	1,875	
Parozábrana	0,001	0,200	0,005	
Sádkartonové desky	0,015	0,220	0,068	

4.4.3 Penb klasifikační třídy C



Obrázek 19 – Průkaz energetické náročnosti budovy (zdroj: ENERGIE2015)

Konstrukční a materiálové řešení RD, jež je v kapitole 4.4.1 specifikováno, je vyhovující a zařazeno do klasifikační třídy Penb C. Proto je možné ho označit jako běžný a lze ho použít pro další výpočty.

4.4.4 Položkový rozpočet

Na následujícím obrázku je uvedena rekapitulace položkového rozpočtu. Celý rozpočet je k nahlédnutí v příloze.

REKAPITULACE ROZPOČTU			
Stavba:	Rodinný dům BUNGALOV 1175+G Z1		
Objekt:	2 - RD BUNGALOV 1175 třída C		
Místo:	Adamov, p.č. 296/57	Datum:	05.12.2017
Objednatel:		Projektant:	
Zhotovitel:		Zpracovatel:	Bc. Miroslav Halama
Kód - Popis	Cena celkem [CZK]		
1) Náklady z rozpočtu	2 958 157,95 Kč		
HSV - Práce a dodávky HSV	1 272 160,29 Kč		
1 - Zemní práce	102 144,34		
2 - Zakládání	272 779,91		
3 - Svislé a kompletní konstrukce	386 105,95		
4 - Vodorovné konstrukce	73 124,73		
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	333 794,70		
61 - Úprava povrchů vnitřních	333 794,70		
62 - Úprava povrchů vnějších	235 761,34		
63 - Podlahy a podlahové konstrukce	133 542,48		
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	24 940,72		
998 - Přesun hmot	79 269,94		
PSV - Práce a dodávky PSV	1 685 997,66 Kč		
711 - Izolace proti vodě, vlhkosti a plynům	66 764,16		
713 - Izolace tepelné	92 021,86		
762 - Konstrukce tesařské	304 405,18		
763 - Konstrukce suché výstavby	99 232,84		
764 - Konstrukce klempířské	34 899,29		
765 - Krytina skládaná	162 864,97		
766 - Konstrukce truhlářské	246 089,07		
767 - Konstrukce zámečnické	50 938,07		
771 - Podlahy z dlaždic	181 993,18		
775 - Podlahy skládané	276 010,96		
781 - Dokončovací práce - obklady	33 605,81		
783 - Dokončovací práce - nátěry	1 169,41		
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	14 021,31		
786 - Dokončovací práce - čalounické úpravy	121 981,55		
2) Ostatní náklady	0,00 Kč		
Celkové náklady za stavbu 1) + 2)	2 958 157,95 Kč		

Obrázek 20 – Rekapitulace položkového rozpočtu běžného návrhu RD
(zdroj: Kros 4)

Oddíly, které nejsou obsaženy v rozpočtu, již byly zmíněny. Systém vytápění bude připočítán samostatně a pro položky jednotlivých prací se uhlíková stopa neurčuje.

4.4.5 Upravená limitka materiálů

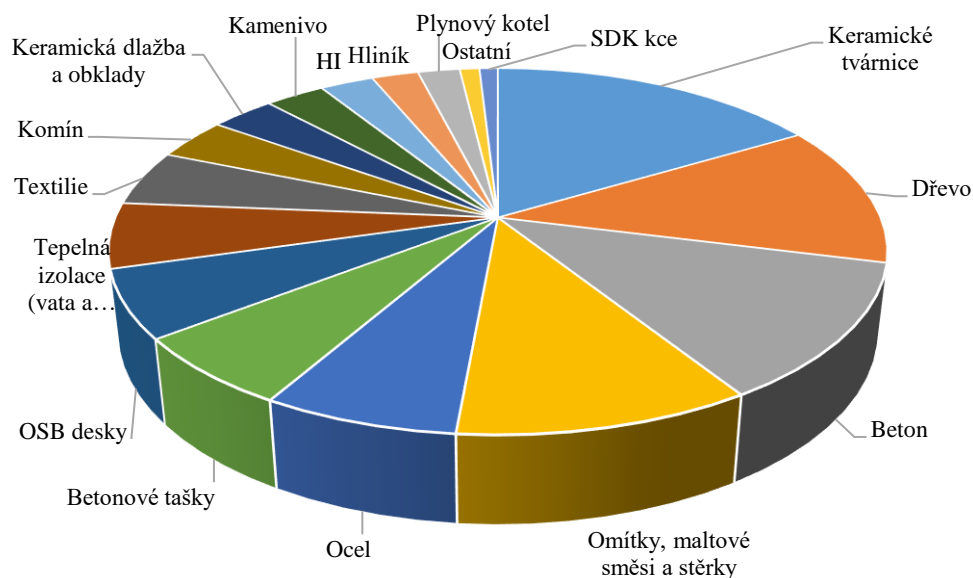
Tabulka 14 – Seznam materiálů s celkovou cenou a jejich procentuálním podílem

Materiál	Celková cena	Podíl z celkové ceny
	Kč	%
Keramické tvárnice	238 174,04	16,49
Dřevo	184 727,09	12,44
Beton	174 240,66	12,06
Omítky, maltové směsi a stěrky	150 710,04	10,43
Ocel	99 646,59	6,89
Betonové tašky	90 056,40	6,23
OSB desky	86 437,78	5,98
Tepelná izolace (vata a polystyren)	83 348,44	5,77
Textilie	70 696,15	4,89
Komín	53 177,08	3,68
Keramická dlažba a obklady	46 257,00	3,20
Kamenivo	42 941,37	2,97
HI	38 439,90	2,66
Hliník	33 412,69	2,31
Plynový kotel	30 000,00	2,08
Ostatní	14 126,38	0,98
SDK kce	13 178,80	0,91
Celkem	1 444 604,67 Kč	100%

Limitka materiálů pro celý objekt je k nahlédnutí v příloze. Upravená celková cena materiálů je **1 414 605 Kč**. K této ceně je nutné přičíst hodnotu plynového kotle, který byl zvolen pro návrh běžného domu jako systém vytápění. Tento systém byl zahrnut ve výpočtu Penb. Cenu volíme jako průměr dodavatelů z několika cenových nabídek, a to **30 000 Kč**.

$$\begin{aligned} \text{Celková cena} &= \text{upravená limitka materiálů} + \text{plynový kotel} \\ &= 1\,414\,605 + 30\,000 \\ &= \underline{\underline{1\,444\,605\text{ Kč}}} \end{aligned}$$

Keramické tvárnice mají největší cenový podíl z celkové ceny materiálů za realizaci objektu. Toto je patrné z grafu č. 4. Systém vytápění tvoří pouze 2 % z celkové ceny. Jelikož v návrhu běžného provedení domu byla navržena minimální tepelná izolace, zastupuje pouze 6% podíl.



Graf 6 – Podíl materiálů z celkové ceny upravené limity

4.4.6 Výpočet velikosti uhlíkové stopy

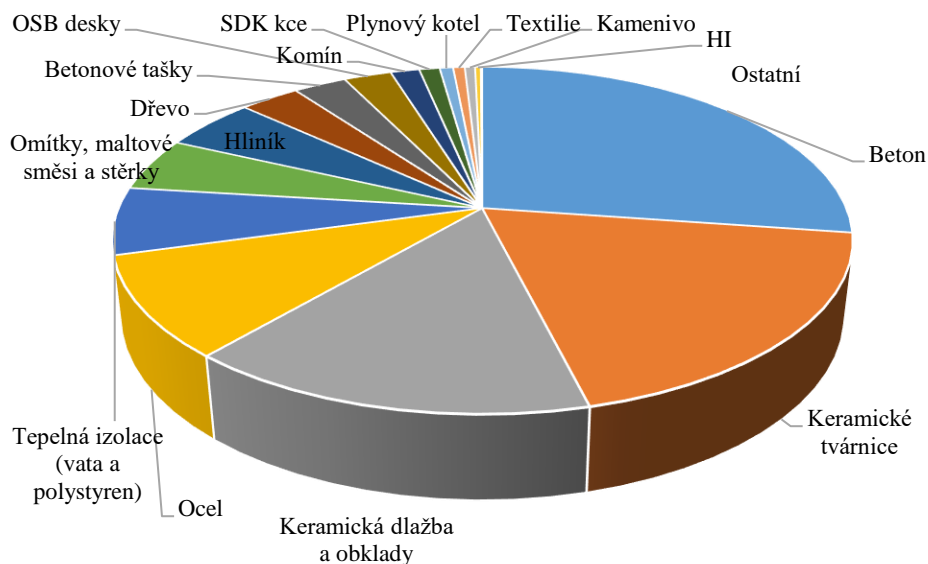
Položka uhlíkové stopy je uvažována jako velikost vyprodukovaného CO₂ v kg na výrobu 1 kg daného materiálu. Celá tabulka je uvedena v příloze. Hodnota uvedená u plynového kotle je převzata z odborného článku a je popsána v kapitole 2.3.4.

Tabulka 15 – Seznam materiálů s celkovou produkcí CO₂ jejich výrobou vč. procentuálního zastoupení

Materiál	Produkce CO ₂	Podíl z celkového CO ₂
	kg	%
Beton	17 721,20	27,3
Keramické tvárnice	12 226,89	18,8
Keramická dlažba a obklady	9 857,13	15,2
Ocel	6 102,36	9,4
Tepelná izolace (vata a polystyren)	4 085,54	6,3
Omítky, maltové směsi a stěrky	3 232,79	5,0
Hliník	3 187,66	4,9
Dřevo	2 023,78	3,1
Betonové tašky	1 801,89	2,8
OSB desky	1 608,50	2,5
Komín	979,40	1,5
SDK kce	693,30	1,1
Plynový kotel	455,00	0,7
Textilie	394,79	0,6
Kamenivo	349,31	0,5
HI	193,59	0,3
Ostatní	46,93	0,1
Celkem	64 960,06	100 %

V následující tabulce jsou seřazeny veškeré materiály, u kterých je známá uhlíková stopa. Celková produkce CO₂ výrobou materiálů pro běžný návrh RD včetně plynového kotle je cca **64,9 tun CO₂**.

Největší uhlíkovou stopu má beton. Druhou největší zátěž představují keramické tvárnice pro svislé obvodové konstrukce RD. Systém vytápění má pouze 2% podíl z celkové uhlíkové stopy uvažovaných materiálů. Protože bylo použito minimum tepelné izolace, tvoří jen 6,3 %.



Graf 7 – Podíl materiálů z celkové uhlíkové stopy

4.4.7 Ocenění uhlíkové stopy

Tabulka 16 – Ocenění uhlíkové stopy u jednotlivých materiálů

Materiál	Produkce CO ₂	Cena 1 tuny CO ₂	Celková cena CO ₂
	tun	Kč	Kč
Beton	17,72	187,61	3 324,45
Keramické tvárnice	12,23		2 294,47
Keramická dlažba a obklady	9,86		1 849,83
Ocel	6,10		1 144,42
Tepelná izolace (vata a polystyren)	4,08		765,45
Omítky, maltové směsi a stěrky	3,23		605,98
Hliník	3,19		598,48
Dřevo	2,02		378,12
Betonové tašky	1,80		337,69
OSB desky	1,61		302,05
Komín	0,98		183,86
SDK kce	0,69		129,45
Plynový kotel	0,46		86,30
Textilie	0,39		73,17
Kamenivo	0,35		65,66
HI	0,19		35,65
Ostatní	0,05		9,38
Celkem	64,95 tun		12 184,4 Kč

Celková cena produkce CO₂ výrobou materiálů na běžný návrh RD v klasifikační třídě C v roce 2017 je přibližně **12 184,4 Kč**. Pokud zahrneme tuto cenu k celkové ceně limitky lze stanovit cenu materiálů včetně ceny za dopad na ŽP.

$$\begin{aligned}
 \text{Celková cena materiálů} &= \text{upravená limitka materiálů} + \text{cena CO}_2 \\
 &= 1\,444\,605 + 12\,184 \\
 &= \underline{\underline{\mathbf{1\,456\,789\,Kč}}}
 \end{aligned}$$

5. POROVNÁNÍ VYPOČÍTANÝCH HODNOT

V této kapitole budeme porovnávat náklady hodnocených materiálových variant na realizaci rodinného domu. Ten patří mezi reálné hmotné investice, a proto je v předinvestiční fázi důležité volit nejvýhodnější návrh. Je všeobecně známo, že pořizovací cena na výrobu nízkoenergetického domu je daleko vyšší než na běžný návrh domu. Ale jedním z hlavních důvodů proč se energeticky efektivní budovy realizují, je rychlá návratnost investice, nízké provozní náklady a efektivní využití obnovitelných zdrojů energie. Bohužel co v pořizovacích nákladech není zahrnuto, je dopad na životní prostředí produkcí oxidu uhličitého při výrobě materiálů. Proto porovnáme i náklady na likvidaci uhlíkové stopy každého z hodnocených objektů.

5.1 POŘIZOVACÍ CENY MATERIÁLŮ

Tabulka 17 – Srovnání pořizovacích nákladů jednotlivých materiálů bez ceny uhlíkové stopy

Pořadové číslo	Materiál	Nízkoenergetický RD	Běžný RD	Rozdíl jednotlivých materiálů
		Celková cena	Celková cena	
		[Kč]	[Kč]	
1.	Tepelná izolace	269 173,13	83 348,44	185 824,70
2.	Systém vytápění	200 000,00	30 000,00	170 000,00
3.	Keramické tvárnice	199 431,84	238 174,04	-38 742,20
4.	Dřevo	184 727,09	179 761,35	4 965,74
5.	Omítky, maltové směsi a stěrky	150 676,00	150 710,04	0
6.	Beton	174 240,66	174 240,66	0
7.	Ocel	99 646,59	99 646,59	0
8.	Betonové tašky	90 056,40	90 056,40	0
9.	OSB desky	86 438,78	86 438,78	0
10.	Textilie	70 696,15	70 696,15	0
11.	Komín	53 177,08	53 177,08	0
12.	Keramická dlažba a obklady	46 257,08	46 257,08	0
13.	Kamenivo	42 941,37	42 941,37	0
14.	HI	38 439,94	38 439,94	0
15.	Hliník	33 412,69	33 412,69	0
16.	SDK kce	13 178,83	13 178,83	0
17.	Ostatní	10 330,38	14 126,38	-3 796,00
Celkem		1 762 824,01 Kč	1 444 605,82 Kč	318 218,19 Kč

Celkový cenový rozdíl tvoří přibližně **318 219 Kč**. To je zapříčiněno použitím odlišných systémů vytápění, jiného návrhu tloušťky tepelné izolace a keramických tvárníc. Největší cenový rozdíl je u položky tepelné izolace, a to **185 825 Kč**.

U nízkoenergetického objektu byla volena tepelná izolace v tloušťce 200 MM polystyrenových desek v obvodové stěně a 300 MM minerální vaty v souvrství střešní konstrukce. Každý materiál má svoji hodnotu a tržní cena je víceméně přímo úměrná svojí kvalitě. Druhý největší rozdíl je v ceně systému vytápění, a to **170 000 Kč**. Cena tepelného čerpadla je vysoká, jelikož má vysokou efektivitu vytápění a patří k nejperspektivnějším zdrojům energie.

5.2 VELIKOST UHLÍKOVÉ STOPY

Tabulka 18 – Srovnání velikosti uhlíkové stopy jednotlivých materiálů

Pořadové číslo	Materiál	Nízkoenergetický RD	Běžný RD	Rozdíl jednotlivých materiálů
		Produkce CO ₂	Produkce CO ₂	
		[Kg]	[Kg]	
1.	Beton	17 721,20	17721,20	0,00
2.	Tepelná izolace	10 629,88	4085,54	6 544,34
3.	Keramické tvárnice	10 226,11	12226,89	2 000,78
4.	Keramická dlažba a obklady	9 857,13	9857,13	0,00
5.	Ocel	6 102,36	6102,36	0
6.	Omítky, maltové směsi a stěrky	3 232,79	3232,79	0
7.	Hliník	3 187,66	3187,66	0
8.	Systém vytápění	2 570,00	455,00	2 115,00
9.	Dřevo	2 023,78	2023,78	0
10.	Betonové tašky	1 801,89	1801,89	0
11.	OSB desky	1 608,50	1608,50	0
12.	Komín	979,37	979,37	0
13.	SDK kce	693,26	693,26	0
14.	Textilie	394,79	394,79	0
15.	Kamenivo	349,31	349,31	0
16.	HI	193,60	193,60	0
17.	Ostatní	192,98	46,93	146,05
Celkem		71 764,61 kg	64 960,00 kg	6 804,61 kg

Jak u porovnání cen materiálů, tak i v rozdílech velikosti uhlíkové stopy, je největší hodnota u tepelné izolace, systému vytápění. Tento rozdíl je způsoben,

protože v návrhu běžného RD nebyla navržena na zateplení obálky budovy a u systému vytápění je do uvedené hodnoty tepelného čerpadla započítána uhlíková stopa chladicí kapaliny, která je dost vysoká a u plynové kotle není.

5.3 CENA UHLÍKOVÉ STOPY VČETNĚ CEN MATERIÁLŮ

Tabulka 19 – Srovnání cen materiálů s obsaženou cenou uhlíkové stopy

Pořadové číslo	Materiál	Nízkoenergetický RD	Běžný RD	Rozdíl jednotlivých materiálů
		Celková cena	Celková cena	
		[Kč]	[Kč]	
1.	Tepelná izolace (vata a polystyren)	271 161,80	84 113,89	187 047,92
2.	Systém vytápění	200 487,79	30 086,30	170 401,49
3.	Keramické tvárnice	201 345,46	240 468,51	- 39 123,05
4.	Dřevo	185 102,31	180 139,47	4 962,84
5.	Omítky, maltové směsi a stěrky	151 276,35	151 276,39	0
6.	Beton	177 561,36	177 565,11	0
7.	Ocel	100 791,01	100 791,01	0
8.	Betonové tašky	90 394,10	90 394,09	0
9.	OSB desky	86 738,96	86 738,96	0
10.	Textilie	70 769,32	70 769,32	0
11.	Komín	53 360,94	53 360,94	0
12.	Keramická dlažba a obklady	48 114,42	48 114,42	0
13.	Kamenivo	43 033,30	43 033,30	0
14.	HI	38 475,59	38 475,59	0
15.	Hliník	34 013,04	34 013,04	0
16.	SDK kce	13 308,28	13 308,28	0
17.	Ostatní	10 366,03	14 135,76	- 3 769,73
Celkem		1 776 300,06 Kč	1 456 789,50 Kč	319 519,46 Kč

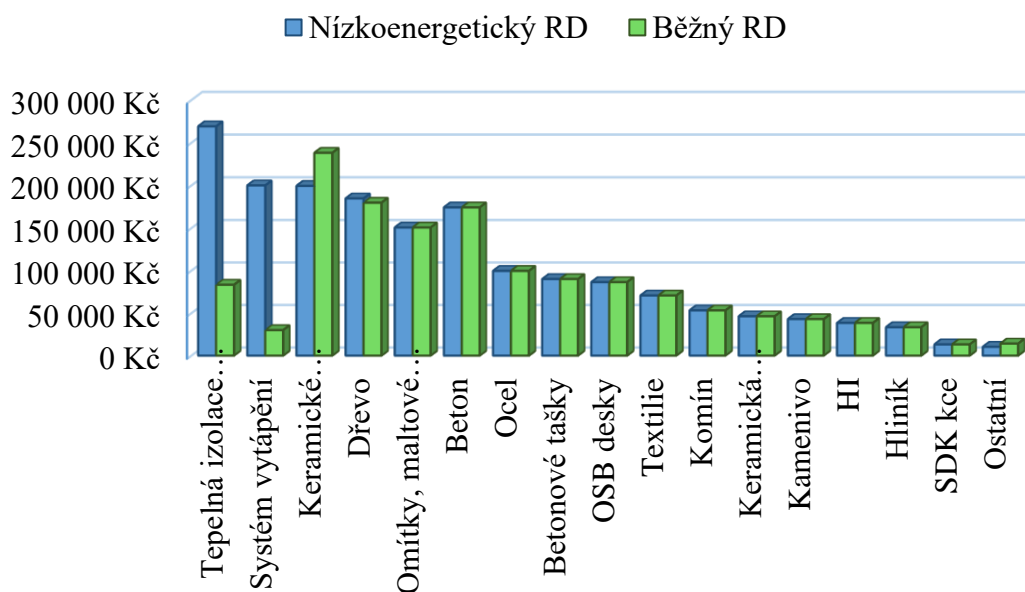
Kvůli nízké ceně za likvidaci vyprodukované 1 tuny CO₂ se situace od klasického ocenění materiálu v zásadě neliší.

6. VYHODNOCENÍ PŘÍPADOVÉ STUDIE

V kapitole případové studie bylo cílem vypočítání velikostí uhlíkových stop dvou variant rodinného domu, a to v provedení nízkoenergetickém a běžném. Stanoveny byly i přibližné celkové ceny staveb pomocí položkového rozpočtu. Ocenění uhlíkové stopy bylo provedeno pomocí emisních povolenek. V následující kapitole se budeme věnovat celkovému vyhodnocení vypočítaných hodnot.

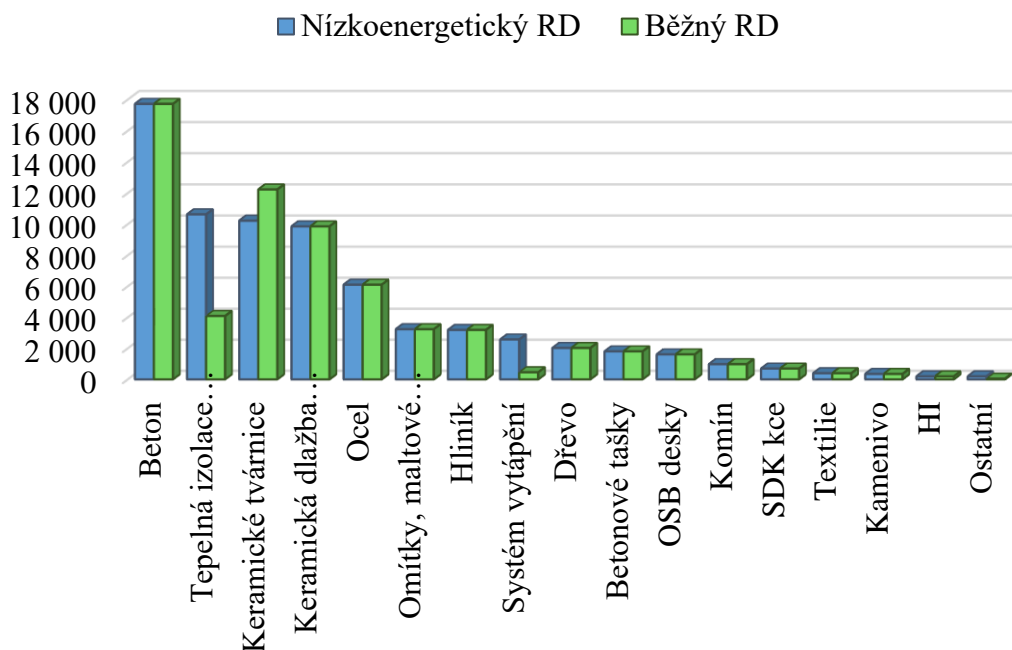
6.1 GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ VÝSLEDKŮ

Výsledkem výpočtu celkové ceny typového rodinného domu byla vyšší pořizovací cena nízkoenergetického domu o přibližně **442 259 Kč** bez DPH. V tom je započítána montáž i materiál. Do celkové ceny byl započítán i rozdíl cen voleného systému vytápění. Po stanovení limitky materiálů došlo k úpravě, abychom každému materiálu mohli přiřadit velikost uhlíkové stopy. Rozdíly jednotlivých cen ve dvou hodnocených variantách jsou znázorněny v grafu č. 6. Největší cenový rozdíl je v navržené tepelné izolaci, která má daleko vyšší pořizovací cenu u nízkoenergetické varianty, ale zabraňuje únikům tepla a v provozní fázi jsou daleko nižší náklady na vytápění. Doba návratnosti vynaložení vyšších finančních prostředků je přibližně 12,5 let, což řešila bakalářská práce: HALAMA, M. NÍZKOENERGETICKÁ VÝSTAVBA, 2015 VUT v Brně. Keramické tvárnice mají větší pořizovací náklad u varianty běžného domu, jelikož byl použit jiný druh tvárnice, který není potřeba dodatečně zateplovat a splňuje minimální požadovanou klasifikační třídu C Penb. Jednotlivé rozdíly jsou vyčísleny v kapitole 5.1.



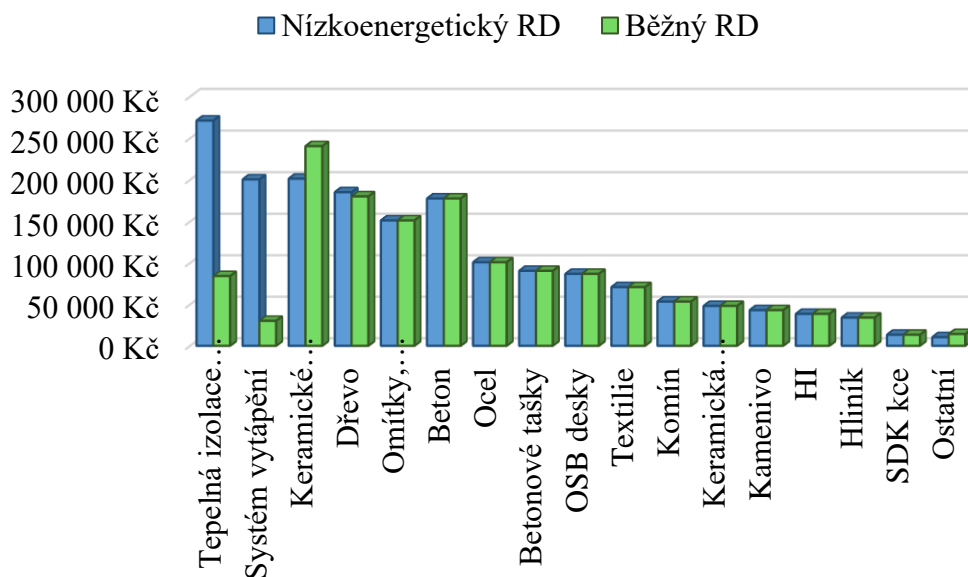
Graf 8 – Znázornění rozdílů cen materiálů

V Grafu č. 7. je znázorněno porovnání velikosti produkce CO₂ u jednotlivých materiálů. Největší hodnotu představuje beton, z důvodu náročnosti jeho výroby a přepravy. Vysoký rozdíl je opět u tepelné izolace, systému vytápění a keramických tvárnic. Je to zapříčiněno tím, že přesně na těchto materiálech záleželo při zařazení variant RD do klasifikační třídy A nebo C Průkazu energetické náročnosti budov.



Graf 9 – Znázornění rozdílů velikosti uhlíkové stopy v Kg

Graf č. 8. znázorňuje rozdíly cen materiálů se započítanou cenou uhlíkové stopy. Největší cenový rozdíl je u tepelné izolace, a to **187 048 Kč**. Druhý největší rozdíl je u systému vytápění. Tam se rozdíl hodnot pohybuje **170 402 Kč**.



Graf 10 – Znázornění rozdílů cen velikosti uhlíkové stopy

6.2 MODELOVÉ SITUACE TRHU

V kapitole 3.4 byly definovány podmínky ocenění jedné tuny CO₂. Toho docílíme emisními povolenkami, kdy cena jedné povolenky se v roce 2017 pohybuje kolem 7,3 euro. Při spouštění první fáze systému v Evropě byla předpokládána cena 30 euro. Taková výše je podle Evropské komise odpovídající, ale jelikož bylo emisních povolenek nadbytek, cena rychle klesala. Predikce analytiků do budoucna je, že cena povolenky každým rokem poroste. Uvažovány jsou ceny v roce 2018- 7,16 €, 2019- 9,92 €, 2020- 14,7 €/ 1 povolenka. Kurz je k 15. 12. 2017 přibližně 25,7 Kč. Tato hodnota byla převzata z webu kurzy.cz. V následující tabulce je znázorněno ocenění uhlíkové stopy dvou variant hodnoceného RD pokud by se lišila cena 1 emisní povolenky. Jednotlivé situace jsou znázorněny v tabulkách uvedených níže.

Tabulka 20 – Celková cena uhlíkové stopy RD v roce 2016

Varianta RD	Velikost CO ₂ stopy	Cena 1 emisní povolenky v roce 2016	Celková cena
	[tun]	[Kč]	[Kč]
Nízkoenergetický	71,76	168,08	12 061,42 Kč
Běžný	64,96		10 918,48 Kč

Tabulka 21 – Celková cena uhlíkové stopy RD v roce 2017

Varianta RD	Velikost CO ₂ stopy	Cena 1 emisní povolenky v roce 2017	Celková cena
	[tun]	[Kč]	[Kč]
Nízkoenergetický	71,76	187,61	13 462,89 Kč
Běžný	64,96		12 187,15 Kč

Tabulka 22 – Celková cena uhlíkové stopy RD v roce 2018

Varianta RD	Velikost CO ₂ stopy	Cena 1 emisní povolenky v roce 2018	Celková cena
	[tun]	[Kč]	[Kč]
Nízkoenergetický	71,76	184,01	13 204,56 Kč
Běžný	64,96		11 953,29 Kč

Tabulka 23 – Celková cena uhlíkové stopy RD v roce 2019

Varianta RD	Velikost CO ₂ stopy	Cena 1 emisní povolenky v roce 2019	Celková cena
	[tun]	[Kč]	[Kč]
Nízkoenergetický	71,76	254,94	18 294,49 Kč
Běžný	64,96		16 560,90 Kč

Tabulka 24 – Celková cena uhlíkové stopy RD v roce 2020

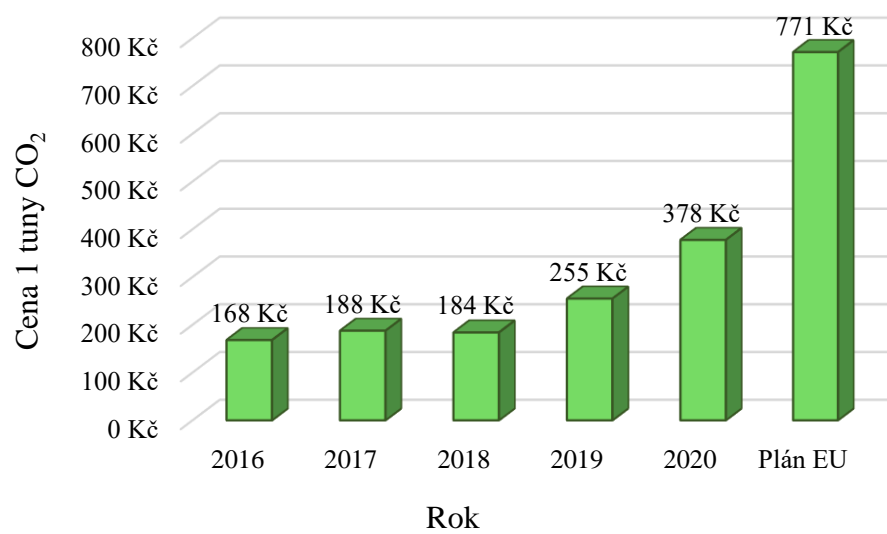
Varianta RD	Velikost CO ₂ stopy	Cena 1 emisní povolenky v roce 2020	Celková cena
	[tun]	[Kč]	[Kč]
Nízkoenergetický	71,76	377,79	27 110,21 Kč
Běžný	64,96		24 541,24 Kč

Tabulka 25 – Celková cena uhlíkové stopy RD při plánované ceně EU

Varianta RD	Velikost CO ₂ stopy	Plánovaná cena dle EU	Celková cena
	[tun]	[Kč]	[Kč]
Nízkoenergetický	71,76	771,00	55 326,96 Kč
Běžný	64,96		50 084,16 Kč

V letech 2016 až 2018 se cena emisních povolenek pohybuje velice nízko a celková cena uhlíkové stopy za budovu je skoro zanedbatelná. To znamená, že pokud by se cena uhlíkové stopy budovy přidala k celkové ceně na její realizaci, má to velice nepatrný důsledek na zvýšení ceny. Rok 2019 prolomil hranici více jak 200 Kč za zlikvidování 1 tuny CO₂. Poté se celková cena vyšplhala skoro k 20 tisícům korun. V tabulce č. 25. je znázorněná situace pokud by cena emisní povolenky byla tak vysoká, jak Evropská komise plánovala, a tj. 30 €, musel by každý jednotlivec vynaložit ještě o 50 tisíc korun více při realizaci RD, v podobě jakési „ekologické daně“. Jak je z jednotlivých tabulek patrné náklady na zlikvidování vyprodukovaného CO₂ realizací nízkoenergetické budovy jsou o několik tisíc korun vyšší než u běžného RD.

Experiment probíhající na univerzitě v Yale v USA ukázal, že hranicí pro motivaci firem k úsporám a přechodu k energeticky efektivnějším technologiím je částka 40 \$, což je 870 Kč za 1 emisní povolenku. [57]



Graf 11 – Vývoj ceny 1 tuny CO₂

Plánovaná výše ceny emisní povolenky v rámci EU se blíží vypočítaným cenám universitou v Yale.

7. ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo analyzovat uhlíkovou stopu ve stavebnictví a identifikovat její zdroje v procesu výstavby. Na téma ekologie a vliv člověka na životní prostředí se v posledních letech klade velký důraz, jelikož je patrná existence globálního oteplování a skleníkového efektu v důsledku lidské činnosti. Ta je představována spalováním fosilních paliv, skladováním odpadů, průmyslovou výrobou, zemědělstvím apod. V roce 2015 se konal klimatický summit OSN v Paříži, kde se světové velmoci zavázaly k snižování produkce skleníkových plynů. Zde byl také stanoven limit maximálního oteplení, a to zvýšení průměrné teploty maximálně o dva stupně celsia v porovnání se stavem doby industriální. Současně vlády vybízí k tomu, aby byla přijímána opatření o půl stupně ambicióznější. Nejhorší skleníkový plyn, který popsanou situaci ovlivňuje, je oxid uhličitý, který má pravděpodobně největší koncentraci za uplynulých 650 tisíc let. Proto je prioritním cílem lidstva jako celku sledování hlavních producentů oxidu uhličitého a zefektivňování výrobních technologií.

V teoretické části se práce nejprve zabývá definicí základních pojmů dané problematiky a přiblížení vztahu a ovlivňování ekologie stavebním průmyslem. Ten je z hlediska přežití lidstva jedním z těch důležitějších. Budova, považována za jednotku produkce stavebnictví, zatěžuje životní prostředí nejen v části realizace nebo provozu, ale již v části výroby. Ta je představována těžbou surovin, jejich zpracováním, výrobou materiálů a dopravou. V dnešní době se za ekologickou architekturu považuje energeticky efektivní výstavba. Tyto budovy označované jako nízkoenergetické šetří nejen náklady v provozní fázi, ale i životní prostředí, jelikož využívají obnovitelných zdrojů energie. Důležitým cílem této práce bylo prokázat, že nízkoenergetické domy můžeme považovat za ekologickou architekturu i ve fázi výrobní a porovnat je s běžným návrhem objektu. Proto se práce zabývá z celkového životního cyklu budovy pouze výrobní částí jednotlivých materiálů, nutných k samotné realizaci objektu.

Kapitola 2.3 stanovuje použitou metodiku určení hodnoty CO₂ zkoumaného objektu. Ta je založena na kvantifikaci uhlíkové stopy rodinného domu v nízkoenergetickém a běžném provedení a jejich vzájemného porovnání. Klasifikace z hlediska energetické náročnosti dvou provedení RD, bylo převzato z výpočtu Penb pro klasifikační třídu A, která představuje nízkoenergetický dům a klasifikační třídu C představující běžný návrh domu. Rozdílných tříd bylo dosaženo odlišným materiálovým řešením a lišícím se systémem vytápění. Velikost hodnoty oxidu uhličitého u jednotlivých materiálů byla určena podle katalogu materiálů Envimat, který sestavují odborníci z ČVUT zabývající se touto problematikou. Jelikož v dnešní době, stále nejsou spočítány zmiňované hodnoty uhlíkové stopy u všech materiálů, nebylo možné stanovit ekvivalent CO₂ pro celý objekt. Nicméně jsme byli schopni určit uhlíkovou stopu přibližně u 81 % z celkových použitých materiálů.

V části oceňování jsme se zabývaly možnostmi stanovení celkové ceny budovy podle oceňovací vyhlášky. Pro každý z objektů byl vypracován položkový rozpočet pro zjištění přibližných pořizovacích cen. Jednotlivé položky jsou oceněny databází dle cenové úrovně ÚRS a.s. a obsahují cenu práce a materiálu pro každou konstrukci. Z celkového rozpočtu byla provedena limitka materiálů, kterou bylo nutné upravit dle katalogu Envimatu.

V kapitole případové studie se věnujeme jednotlivým výpočtům, popsaných v teoretické části, pro celkové vyhodnocení dané problematiky. Po prvotním kčním a materiálovým řešením je vypočítán součinitel prostupu tepla obvodových stěn, podlahy

a střechy. Tyto hodnoty se použily do výpočtu Pnb, který jsme provedli v programu ENERGIE2015. Ceny výsledných variant objektu jsme stanovili položkovým rozpočtem a jsou ve výši 3 230 417 Kč a 2 958 158 Kč. Přičemž vyšší z cen je pro nízkoenergetický dům. Upravená limitka materiálů RD v klasifikační třídě A je zatížena cenou 1 762 824 Kč. Upravená limitka materiálů RD v klasifikační třídě C je zatížena cenou 1 444 605 Kč. V obou limitkách uvažujeme cenu systému vytápění. Rozdíl cen upravených limitek těchto dvou provedení je 318 219 Kč. Tato diference je způsobena především v použití různé tloušťky tepelné izolace a jiného systému vytápění. Po přiřazení uhlíkové stopy jednotlivým materiálům jsme zjistili u nízkoenergetického domu hodnotu 71,8 tun ekvivalentu CO₂. U běžného návrhu domu hodnotu 64,9 tun ekv. CO₂. Rozdíl 6,9 tun je opět představován hlavně tepelnou izolací a systémem vytápění. Následně jsme přiřadili ceny emisních povolenek uhlíkové stopě domu a získaly jsme cenu 13 476 Kč u nízkoenergetického a 12 184 Kč u běžného RD. U obou návrhů objektu není cena za produkci oxidu uhličitého výrobou materiálů vysoká. To je zapříčiněno nízkou cenou emisních povolenek, které jsme využili pro toto ocenění.

Po celkovém vyhodnocení práce nejsou výsledky zcela uspokojivé. Ceny za zatížení životního prostředí výrobou nízkoenergetického nebo běžného RD nejsou vysoké. Z toho vyplývá, že ani investoři, kteří disponují vyšším vstupním kapitálem, nemají motivaci pro realizaci ekologičtějších objektů. S tím souvisí i uvažování architektů a projektantů, kteří k takovýmto návrhům nejsou podněcováni. I kdyby se zavedly zákonné podmínky skrz uhlíkovou stopu vyprodukovanou realizací 1 objektu, nemělo by to zásadní vliv. Podobně zpracované studie by se měly do budoucna stát součástí každého stavebního objektu a architekti by se měli zabývat nejen ekonomickými, ale i ekologickými aspekty navrhovaného díla. Důkazem aktuálnosti této studie je i publikovaný výzkum vědců z university v Yale v jednom z nejprestižnějších vědeckých časopisů Nature.

Pokud budeme umět kvantifikovat jednotlivé dopady stavební výroby na životní prostředí, můžeme s těmito dopady dále pracovat, hodnotit je, porovnávat, snižovat jejich důsledky a vyvíjet šetrnější technologie výroby a zpracování. Vzhledem k vyspělosti společnosti je naší povinností radikálně snižovat produkci skleníkových plynů a tím zachovat životní prostředí ve stavu odpovídajícím vhodným podmínkám pro život.

POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

- [1] Planety astro- Atmosféra země [online] [cit. 15. 10. 2010]
dostupné z: <http://planety.astro.cz/zeme/1943-atmosfera-zeme>
- [2] Wikipedia [online] [cit. 30. 12. 2017] dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Sklen%C3%ADkov%C3%BD_efekt
- [3] ci2.co [online] [cit. 13. 6. 2013]
dostupné z: <http://ci2.co.cz/cs/co-je-uhlikova-stopa>
- [4] Asb.portal- Co říká a neříká uhlíková stopa budovy [online] [cit. 13. 6. 2013] dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/co-rika-a-co-nerika-uhlikova-stopa-budovy>
- [5] TŘEBICKÝ, V. *Metodika stanovení uhlíkové stopy*. Vydává: CI2, o.p.s., 2016. Praha 2
- [6] Businessdictionary [online] dostupné z:
<http://www.businessdictionary.com/definition/environment.html>
- [7] KELLER, J. *Až na dno blahobytu. 2.* Vydání. Praha: Nakladatelství Hnutí Duha, 1995, ISBN 80-902056-0-7. s. 12
- [8] *Zákon ČR č. 17/1992 Sb., o životním prostředí*
- [9] La-ma [online] [cit. 13. 6. 2013]
dostupné z: <http://www.la-ma.cz/?p=11>
- [10] Časopis stavebnictví- Využití průmyslových odpadních materiálů při výrobě [online] [cit. 11. 4. 2008]
dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/vyuziti-prumyslovych-odpadnich-materialu-pri-vyrobe-stavebnich-hmot_N753
- [11] Enviweb [online] , dostupné z: <http://www.enviweb.cz/eslovník/269>
- [12] TZB-info- Svázané hodnoty energie a emise [online] [cit. 1. 5. 2006]
dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3250-svazane-hodnoty-energie-a-emisistavitr-co2-v-systemech-tzb>
- [13] BELKOVÁ, A. *Kontejnerová architektura jako varianta ekologického stavitelství*. Diplomová práce, Masarykova universita. BRNO 2015
- [14] KOMA, KOL. AUTORŮ: *I love modul*. ČVUT Praha, 2012.
Citace: [1] Krebs, C.J. (1972). Ecology.

- [15] Kontejnerové domy - Kontejnerový domek v historické zástavbě [online] [cit. 23. 2. 2017] dostupné z: <http://kontejnerovedomy.cz/kontejnerovy-domek-v-historicke-zastavbe/>
- [16] ci2.co - Co je uhlíková stopa [online] [cit. 13. 6. 2013] dostupné z: <http://ci2.co.cz/cs/co-je-uhlikova-stopa>
- [17] Ekologická stopa- Uhlíková stopa [online], dostupné z: <http://www.ekologickastopa.cz/uhlikova-stopa/>
- [18] ci2.co - Ekologická stopa [online] dostupné z: <http://ci2.co.cz/cs/ekologicka-stopa>
- [19] Schmersal [online] [cit. 29. 2. 2014] dostupné z: <http://www.schmersal.cz>
- [20] PEČÍNKÁ, Pavel. *Zelená zleva?: Historie ekologických stran v Evropě*. [s.l.] : G plus G. ISBN 80-86103-58-7.
- [21] Pasivní domy- Co je pasivní dům? [online] [cit. 5. 9. 2015] dostupné z: http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2?utm_source=google-grants&utm_medium=ppc&utm_campaign=pasivnidomy-obec
- [22] *Norma ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov. Část 4: Výpočtové metody*
- [23] Z historie pasivních domů. [online] [27. 1. 2013] dostupné z: http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/basics/the_passive_house_-_historical_review
- [24] Nalezeno - Vyplatí se stavba nízkoenergetického domu? [online] [cit. 30. 1. 2012] dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/nizkoenergeticke-domy/vyplati-se-stavba-nizkoenergetickeho-domu.aspx>
- [25] Stavebnictví3000 - Dobrý materiál dělá kvalitní rodinný dům [online] [cit. 18. 5. 2010] dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/dobry-material-dela-kvalitni-rodinny-dum/>
- [26] Wikipedia- Stavební materiály [online] [cit. 5. 10. 2017] dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Stavebn%C3%AD_materi%C3%A1l
- [27] Stavební chemie - Úspora energie a udržitelnost vládne i ve stavebnictví [online] [cit. 13. 6. 2013] dostupné z: <http://www.stavebnichemie.info/zatepleni-tepelna-izolace/uspورا-energie-a-udrzitelnost-zdroju-vladne-i-ve-stavebnictvi-d93.html>
- [28] Wienerberger [online] [cit. 1. 2. 2015] dostupné z: <http://wienerberger.cz>

- [29] Náš dům - Jaká je optimální volba pro obvodové stěny [online] [cit. 13. 6. 2013] dostupné z: <http://www.nasdum.cz/novy-dum-krok-za-krokem/nas-dum-dum-bez-zavad/jaka-je-optimalni-volba-pro-obvodove-zdivo-rodinneho-domu-je-potreba-obvodove-steny-zateplovat>
- [30] Centrum pro studium demokracie a kultury - Existuje konzervativní zelená politika [online] [cit. 1. 3. 2006] dostupné z: <https://www.cdk.cz/existuje-konzervativni-zelena-politika>
- [31] Euroactiv - Česká zelená politika v Evropě zaklínadlem je konkurenceschopnost [online] [cit. 6. 11. 2014] dostupné z: <http://euractiv.cz/clanky/priority-evropske-politiky-cr/ceska-zelena-politika-v-evrope-zaklinadlem-je-konkurenceschopnost-012270/>
- [32] Stavba.tzb-info - Posouzení dopadů na životní prostředí u novostavby rodinného domu [online] [cit. 27. 3. 2017] dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/15545-posudenie-dopadov-na-zivotne-prostredie-u-novostavby-rodinneho-domu-1-cast>
- [33] GHG protocol [online] dostupné z: <http://www.ghgprotocol.org/product-standard>
- [34] Vítejte na zemi [online] dostupné z: <http://vitejtenazemi.cz>
- [35] O energetice - Největší producenti CO2 na světě [online] [cit. 22. 4. 2017] dostupné z: <http://oenergetice.cz/evropska-unie/nejvetsi-producenti-co2-na-svete/>
- [36] Adaptace ci2.co - Krnov klimaticky odpovědné město [online] [cit. 1. 7. 2017] dostupné z: <http://adaptace.ci2.co.cz/cs/2017-krnov-klimaticky-odpovedne-mesto>
- [37] Stavba.tzb-info - Vliv stavebních konstrukcí a materiálů na životní prostředí [online] [cit. 23. 4. 2012] dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/hruba-stavba/8519-envimat-vliv-stavebnich-konstrukci-a-materialu-na-zivotni-prostredi>
- [38] Envimat [online] [cit. 13. 6. 2013] dostupné z: <http://envimat.cz>
- [39] *ČSN ISO 14025 Environmentální značky a prohlášení – Environmentální prohlášení typu III – Zásady a postupy. Praha, 2011*
- [40] Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS. Ústřední věstník Evropské unie L 88/5, 4. 4. 2011. dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?>

- [41] JANČÁŘOVÁ, I. *Ekologická politika*. Edice učebnic č. 353, Masarykova universita, právnická fakulta. BRNO 2015
- [42] Solidworks [online] dostupné z: http://www.solidworks.com/sustainability/design/2722_ENU_HTML.htm
- [43] KOČÍ, V. *Posuzování životního cyklu*. EKOMONITOR 2009
- [44] Intergovernmental panel on climate change [online] dostupné z: <http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml>
- [45] OSN - Klimatický summit skončil [online] [cit. 23. 9. 2014] dostupné z: <http://www.osn.cz/klimaticky-summit-skoncil-ceho-bylo-dosazeno/>
- [46] Zprávy aktuálně [online] [cit. 25. 7. 2017] dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/>
- [47] Spanish.fansshare [online] dostupné z: <http://spanish.fansshare.com/gallery/photos/11261689/building-construction/?displaying>
- [48] TICHÁ, A., TICHÝ, Z., VYSLOUŽIL, R., ŠIMÁČEK, O. *Rozpočtování kalkulace ve výstavbě díl I*. Brno: CERM, 2004. ISBN 80-214-2639-X
- [49] Zákony pro lidi [online] [cit. 17. 12. 2013] dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-441>
- [50] Rozpočty - stavby [online] dostupné z: <http://www.rozpocety-stavby.cz/polozkovy/>
- [51] DOUBRAVA, L., *Vytápění staveb a jeho vliv na tržní hodnotu*. Praha, červen 2011 [online] dostupné z: https://is.bivs.cz/th/7261/bivs_b/BC.PRACE.pdf
- [52] Zákony.centrum - Zákon o oceňování majetku [online] [cit. 17. 6. 1997] dostupné z: <http://zakony.centrum.cz/zakon-o-ocenovani-majetku/cast-1-hlava-2?full=1>
- [53] Mzp - Pasivní domy [online] [cit. 11. 11. 2010] dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/articles_101112_pasivnidomy
- [54] Program ENERGIE 2015, [online] dostupné z: <http://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelna-technika/energie/>
- [55] O energetice - Evropský boj s emisemi aneb co je eu ets [online] [cit. 20. 8. 2015] dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/evropsky-boj-s-emisemi-aneb-co-je-eu-ets-kam-smeruje-2-dil/>

- [56] Zpravy.e15 - Emisní povolenky dál zdražují, projevují se problémy francouzský jaderných elektráren [online] [cit. 17. 10. 2017] dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/clanek/byznys/prumysl-a-energetika/emisni-povolenky-dal-zdrazuji-projevuji-se-problemy-francouzskych-jadernych-elektaren-1338628>
- [57] Gillingham, K., Carattini, S., Esty, D., 2017: *Lessons from first campus carbon-pricing scheme*. Nature, 551, 27- 29
- [58] E.P.JOHNSON, *Air-source heat pump carbon footprints: HFC impacts and comparison to other heat sources* . Energy policy, 2010
- [59] RTS, ČESKÉ stavební standardy [online] [cit. 2. 5. 2016], dostupné z: <http://www.stavebnistandardy.cz/default.asp?Typ=1&ID=6&Pop=1&IDm=6947521&Menu=Manu>
- [60] PUCHÝŘ B., Marková L., Tichá A.: *Ceny ve stavebnictví*, Nakladatelství AKCENT, s.r.o., Třebíč, 1993, Str. 91

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny	24
Tabulka 2 - Kalkulační vzorec	26
Tabulka 3 - Přehled zahraničních databází environmentálních profilů keí	33
Tabulka 4 - Kroky EU k zefektivnění systému povolenek	48
Tabulka 5 - Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny	54
Tabulka 6 - Výpočet součinitele prostupu tepla podlahy	54
Tabulka 7 - Výpočet součinitele prostupu tepla střechy	54
Tabulka 8 - Seznam materiálů s celkovou cenou a jejich procent. podílem	57
Tabulka 9 - Seznam materiálů s celkovou produkcí CO ₂ jejich výrobou	59
Tabulka 10 - Ocenění uhlíkové stopy u jednotlivých materiálů	61
Tabulka 11 - Výpočet součinitele prostupu tepla obvodové stěny	62
Tabulka 12 - Výpočet součinitele prostupu tepla podlahy	62
Tabulka 13 - Výpočet součinitele prostupu tepla střechy	63
Tabulka 14 - Seznam materiálů s celk. cenou a jejich procentuálním podílem	65
Tabulka 15 - Seznam materiálů s celkovou produkcí CO ₂ jejich výrobou	67
Tabulka 16 - Ocenění uhlíkové stopy u jednotlivých materiálů	69
Tabulka 17 - Srovnání pořizovacích nákladů jednotl. mat. bez ceny CO ₂	70
Tabulka 18 - Srovnání velikosti uhlíkové stopy jednotlivých materiálů	71
Tabulka 19 - Srovnání cen materiálů s obsaženou cenou uhlíkové stopy	72
Tabulka 20 - Celková cena uhlíkové stopy RD v roce 2016	75
Tabulka 21 - Celková cena uhlíkové stopy RD v roce 2017	75
Tabulka 22 - Celková cena uhlíkové stopy RD v roce 2018	75
Tabulka 23 - Celková cena uhlíkové stopy RD v roce 2019	76

Tabulka 24 - Celková cena uhlíkové stopy RD v roce 202076

Tabulka 25 - Celková cena uhlíkové stopy RD při plánované ceně EU.....76

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Planeta Země	13
Obrázek 2 – Znázornění produkce skleníkových plynů	15
Obrázek 3 – Životní cyklus budovy.....	18
Obrázek 4 – Komplex studentských kolejí „Qubic“ Amsterdam	21
Obrázek 5 – Logo ekologické politiky společnosti	22
Obrázek 6 – Pasivní dům Darmstadt Kranichstein.....	24
Obrázek 7 – Rozdělení životního cyklu budovy dle ČSN EN 15978.....	27
Obrázek 8 – Lineární molekula oxidu uhličitého	28
Obrázek 9 – Znázornění produkce skleníkových plynů	30
Obrázek 10 – Ukázka katalogu materiálů Envimat	34
Obrázek 11 – Rozčlenění RD na konstrukce	36
Obrázek 12 – Životní cyklus výrobku	40
Obrázek 13 – Modelový životní cyklus výrobku.....	41
Obrázek 14 – Přehled struktury nákladů v položkovém rozpočtu.....	45
Obrázek 15 – Princip cap and trade	46
Obrázek 16 – Fotografie rodinného domu	51
Obrázek 17 - Průkaz energetické náročnosti hodnocené budovy	55
Obrázek 18 – Znázornění rekapitulace položkového rozpočtu	56
Obrázek 19 – Průkaz energetické náročnosti hodnocené budovy	63
Obrázek 20 – Znázornění rekapitulace položkového rozpočtu	64

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Desítka zemí produkující největší množství CO ₂ z roku 2016.....	31
Graf 2 – Uhlíková stopa dehydratované gulášové polévky.....	32
Graf 3 – Vývoj cen emisních povolenek v roce 2016.....	49
Graf 4 – Procentuální podíl materiálů z celkové ceny upravené limitky	58
Graf 5 – Procentuální podíl materiálů z celkové uhlíkové stopy	60
Graf 6 – Procentuální podíl materiálů z celkové ceny upravené limitky	66
Graf 7 – Procentuální podíl materiálů z celkové uhlíkové stopy	68
Graf 8 – Znázornění rozdílů cen materiálů	73
Graf 9 – Znázornění rozdílů velikosti uhlíkové stopy v Kg.....	74
Graf 10 – Znázornění rozdílů cen velikosti uhlíkové stopy	74
Graf 11 – Vývoj ceny 1 tuny CO ₂	77

SEZNAM ROVNIC

Rovnice 1 – Ocenění objektu nákladovým způsobem.....	43
Rovnice 2 – Součinitel prostupu tepla.....	53
Rovnice 3 – Tepelný odpor.....	53

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Položkový rozpočet RD zařazeného do klasifikační třídy A Penb

Příloha 2 – Celková limitka materiálů RD v klasifikační třídě A

Příloha 3 – Upravená limitka materiálů RD v klasifikační třídě A včetně velikosti CO₂

Příloha 4 – Položkový rozpočet RD zařazeného do klasifikační třídy C Penb

Příloha 5 – Celková limitka materiálů RD v klasifikační třídě C

Příloha 6 – Upravená limitka materiálů RD v klasifikační třídě C včetně velikosti CO₂

SEZNAM POUŽITÝCH ZKTRATEK

CO ₂	Oxid uhličitý
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
ČVUT	České vysoké učení technické
EN	Evropská norma
EPS	Expandovaný polystyren
ERÚ	Energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
HSV	Hlavní stavební výroba
JKSO	Jednotná klasifikace stavebních objektů
kce	Konstrukce
kg	Kilogramy
ks	Kusy
kWh	Kilowatt hodiny
m ²	Metr čtvereční
NP	Nadzemní podlaží
Pa	Pascal
Penb	Průkaz energetické náročnosti budov
PSV	Přidružená stavební výroba
R	Tepelný odpor
RD	Rodinný dům

U Součinitel prostupu tepla
VRN Vedlejší rozpočtové náklady

Příloha 1

Položkový rozpočet RD zařazeného do klasifikační třídy A Penb

Příloha 2

Celková limitka materiálů RD v klasifikační třídě A
(zvýrazněné položky byly následně vymazány)

Příloha 3

Upravená limitka materiálů RD v klasifikační třídě A včetně velikosti CO₂

Příloha 4

Položkový rozpočet RD zařazeného do klasifikační třídy C Penb

Příloha 5

Celková limitka materiálů RD v klasifikační třídě C
(zvýrazněné položky byly následně vymazány)

Příloha 6

Upravená limitka materiálů RD v klasifikační třídě C včetně velikosti CO₂