

LVS³

Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě

PODKLADY NÁVRHU



Podklady návrhu

Partneři projektu a vydavatel této monografie nepřebírají odpovědnost za jakoukoli škodu vzniklou použitím informací v této monografii.

Reprodukce pro nekomerční účely je povolena pouze pod podmínkou uvedení zdroje. Veřejně dostupná distribuce této publikace prostřednictvím jiných zdrojů, než na webových stránkách uvedených níže, vyžaduje předchozí povolení od partnerů projektu.

Žádosti by měly být adresovány na koordinátora projektu: ARCELORMITTAL Belval & DIFFERANGE SA, Rue de Luxembourg 66, Esch-sur-Alzette, Lucembursko.

Tento dokument vztahující se k šíření projektu (RFS2 -CT- 2013-00016) LVS³- Nosné ocelové konstrukce z hlediska udržitelného rozvoje ve výstavbě byl spolufinancován z Výzkumného fondu pro uhlí a ocel (RFCS) Evropského společenství.

ISBN 978-80-01-05554-0

Tomáš Hána, Michal Netušil, František Wald, Helena Gervásio, Paulo Santos
Září 2014

OBSAH

1	ÚVOD	5
2	ZHODNOCENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU BUDOV	6
2.1	ŽIVOTNÍ CYKLUS.....	6
2.2	METODY A NÁSTROJE PRO ZHODNOCENÍ UDRŽITELNOSTI BUDOVY.....	7
2.3	NORMATIVNÍ RÁMEC LCA	9
2.3.1	Definování cíle a rozsahu.....	9
2.3.2	Inventarizační analýza životního cyklu.....	11
2.3.3	Zhodnocení dopadu životního cyklu	11
2.3.4	Interpretace životního cyklu	20
2.3.5	Ilustrativní příklad	20
2.4	EVROPSKÉ NORMY PRO ZHODNOCENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU BUDOV	22
2.4.1	CEN TC350.....	22
2.4.2	Úroveň budovy (EN 15978).....	23
2.4.3	Úroveň produktu (EN 15804)	28
2.5	DALŠÍ NORMY A NAŘÍZENÍ (HLAVNĚ PRO FÁZI UŽÍVÁNÍ)	29
3	ZJEDNODUŠENÉ METODY PRO ZHODNOCENÍ BUDOVY	31
3.1	ÚVOD	31
3.2	ALGORITMUS PRO ZHODNOCENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU ZALOŽENÉHO NA MAKRO-KOMPONENTECH	31
3.2.1	Obecné kroky	32
3.2.2	Kvóta (rozdělení) recyklace materiálů.....	35
3.2.3	Charakterizace makro-komponent.....	39
3.2.4	Ilustrativní příklad sestavení makro-komponent	40
3.3	ALGORITMUS PRO VYČÍSLENÍ ENERGIE (FÁZE UŽÍVÁNÍ)	45
3.3.1	Úvod	45
3.3.2	Umístění budovy a podnebí	45
3.3.3	Metoda výpočtu energetické potřeby	49
3.3.4	Kalibrace algoritmu	72
4	OVĚŘENÍ PŘIJATÉ METODIKY	80
4.1	POTVRZENÍ MAKRO-KOMPONENT	80
4.1.1	Popis názorného příkladu	80
4.1.2	Výběr makro-komponent.....	81
4.1.3	Aplikace makro-komponent.....	83
4.1.4	Porovnání s detailní analýzou životního cyklu	84
4.2	POTVRZENÍ PŘÍSTUPU PRO VÝPOČET ENERGETICKÝCH POTŘEB	86
4.2.1	Klimatické údaje a tepelné vlastnosti terénu a zemin	86
4.2.2	Údaje spojené s užíváním.....	86
4.2.3	Zařízení budovy	86

4.2.4 Skleněný plášť a provozní specifikace zastínění.....	87
4.2.5 Neprůhledný plášť.....	87
4.2.6 Výsledky energetického výkonu budovy.....	87
4.2.7 Porovnání s pokročilou numerickou simulací	88
4.3 ZÁVĚR	90
ODKAZY.....	91
PŘÍLOHA 1 – DATABÁZE MAKRO-KOMPONENT.....	94

1 ÚVOD

Cílem tohoto dokumentu je poskytnout podrobnější informace o vývoji a zhodnocení metodiky posuzování životního cyklu ocelových konstrukcí se zaměřením na trvale udržitelný rozvoj ve výstavbě. Tento dokument byl vytvořen v rámci diseminačního projektu LVS³: Zhodnocení nosných ocelových konstrukcí z hlediska udržitelnosti výstavby (RFS2 -CT-2013-00016).

Tento dokument se zaměřuje na dvě dílčí metody:

- (i) přístup založený na makro-prvcích řešící hodnocení životního cyklu budov a / nebo součástí budov kromě vyčíslení energie ve fázi užívání budovy
- (ii) přístup zaměřující se na fázi používání budovy a umožňující vyčíslení provozní energetické náročnosti budov

Oba přístupy byly vyvinuty a ověřeny v rámci evropského projektu RFCS SB_Steel: Udržitelnost ocelových budov (SB_Steel, 2014). Přijaté přístupy byly implementovány do dostupných softwarových nástrojů v rámci současného projektu LVS³. Dřívější byl implementován do LCA *kalkulačky*, což je nástroj vyvinutý na univerzitě v Coimbře (Portugalsko) spolu s ECCS pro iPad a iPhone aplikace; a AMECO, nástroj vyvinutý společností ArcelorMittal a CTICM. Pozdější byl zaveden CTICM do AMECO.

Dokument je rozdělen do tří hlavních částí. V první části (kapitola 2), stručný úvod do životního cyklu, následuje prezentace různých přístupů k hodnocení udržitelnosti budov a popisem obecného rámce analýzy životního cyklu v souladu s mezinárodními standardy(normami). Druhá část tohoto dokumentu (kapitola 3) obsahuje detailní popis přijatých přístupů k posuzování životního cyklu dopadů na životní prostředí a zhodnocení energetických potřeb budovy v průběhu provozní fáze životnosti. A v poslední části tohoto dokumentu (kapitola 4) je uveden názorný příklad, který byl použit pro ověření přijatých přístupů.

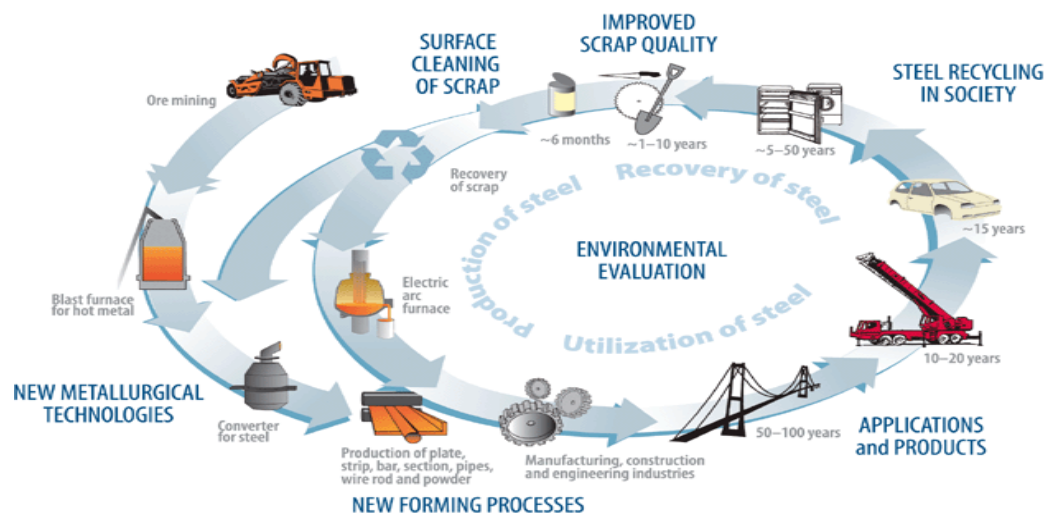
2 ZHODNOCENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU BUDOV

2.1 Životní cyklus

Analýza životního cyklu (LCA) je objektivní proces vyhodnocující ekologické zátěže spojené s procesem výroby nebo činností a hodnotící možnosti, jak ovlivnit zlepšení životního prostředí.

Identifikuje a kvantifikuje použití materiálů, požadavky na elektrickou energii, tuhé odpady a atmosférické a vodní emise v průběhu celého životního cyklu výrobku (tedy od získání suroviny až po skončení životnosti), jak je znázorněno na Obr. 2.1. Přístupy k životnímu cyklu jsou doporučovány Politikou integrovaných výrobků (COM 2003) pro posouzení možných nákladů a dopadů výrobků.

Potenciální dopady na životní prostředí se vyskytují ve všech fázích životního cyklu budovy nebo jiné konstrukce. Hlavní výhodou analýzy životního cyklu je to, že se vyhne možnosti přesouvání zátěže z jedné fáze životního cyklu do druhé, z jedné geografické oblasti do druhé a z jedné složky životního prostředí (například kvality ovzduší) do jiné (například vody nebo půdy) (UNEP, 2004).



Obr. 2.1: Metodologie životního cyklu

Navíc přístupy životního cyklu umožní lépe se rozhodovat v dlouhodobějším horizontu. To znamená, že všichni v celém řetězci životního cyklu výrobku, od počátku až do konce, mají odpovědnost a roli, přičemž se vezmou v úvahu všechny relevantní dopady na životní prostředí (UNEP, 2004). Vyčíslování a kvantifikace všech emisí do ovzduší, vody a půdy, které se odehrávají v každé fázi životního cyklu, umožňuje identifikovat kritické procesy výrobku nebo systému

života, čímž se zvýší potenciál pro zlepšení životního prostředí v celém řetězci produktu .

Typ této analýzy má však nějaké nevýhody:

- ✓ LCA zabere obvykle hodně času a vyžaduje odbornou znalost
- ✓ LCA není obecně přijatá a akceptovaná metodika
- ✓ Některé z předpokladů přijatých v LCA mohou být subjektivní (například stanovení hranice, zdroj údajů a dat a volba posouzení dopadů)
- ✓ Výsledky LCA mohou být zaměřeny na celostátní a regionální úrovni, a proto nemusí být vhodné pro místní aplikace
- ✓ Správnost studie LCA závisí na kvalitě a dostupnosti příslušných údajů

Přístupy analýzy životního cyklu přijaté v tomto projektu mají za cíl překonat některé z výše uvedených nevýhod, jak je popsáno v následující kapitole. V dalším odstavci této kapitoly je představen stručný přehled různých metodik a nástrojů pro posuzování stavební udržitelnosti.

2.2 Metody a nástroje pro zhodnocení udržitelnosti budovy

Konstrukce je odpovědná za významnou část dopadů na životní prostředí v průmyslovém sektoru. V posledních letech došlo k rostoucímu zájmu o posouzení dopadů budovy na životní prostředí.

V současné době existují dvě hlavní skupiny nástrojů pro posouzení : (Reijnders and Roekel, 1999):

- (i) Kvantitativní nástroje založené na kritériích
- (ii) Nástroje používající kvantitativní analýzy vstupů a výstupů založených na přístupu (postoji) analýzy životního cyklu

V rámci první skupiny nástrojů existují systémy jako je LEED (v USA), (ve Velké Británii), GBTool (International Initiative for Sustainable Built Environment (iiSBE)) atd. Tyto metody, také známé jako ratingové systémy, jsou obvykle založeny na auditu budov a na přidělení hodnot předdefinovaných parametrů. Některé kvalitativní parametry mohou být převážně také kvantitativní a to i při použití Analýzy životního cyklu (LCA) a to hlavně ve vyčíslování materiálových vlastností. Obvykle se tyto systémy používají pro získání certifikace *zelených* budov a eko-štítků. Nicméně, tento druh nástrojů je mimo rozsah tohoto dokumentu, takže se v následujícím budeme zaměřovat na druhou skupinu nástrojů, které jsou založeny na přístupu životního cyklu.

LCA lze přímo aplikovat na odvětví stavebnictví. Nicméně, vzhledem ke svým vlastnostem existují další problémy v aplikaci standardního životního cyklu budov a ostatních konstrukcí. Hlavní příčiny mohou být uvedeny jako (IEA, 2001):

- (i) Životnost budov je dlouhá a neznámá, a proto jsou nejistoty na vysoké úrovni
- (ii) Budovy jsou závislé na umístění a mnoho dopadů je právě místních
- (iii) Stavební výrobky jsou obvykle vyrobeny z kompozitních materiálů, z čehož vyplývá větší množství dat, které mají být shromažďovány a spojeny s výrobním procesem
- (iv) Energetická spotřeba ve fázi užívání je velmi závislá na chování a přístupu uživatelů a zařízení
- (v) Budova je vysoce multi- funkční, což ztěžuje možnost zvolit si odpovídající funkční celek(jednotku)
- (vi) Budovy jsou úzce spojeny s dalšími stavebními prvky okolního prostředí, zejména s městskou infrastrukturou jako jsou silnice, potrubí, zeleně a léčebná zařízení a provádět LCA pro izolovanou budovu může být velmi zavádějící.

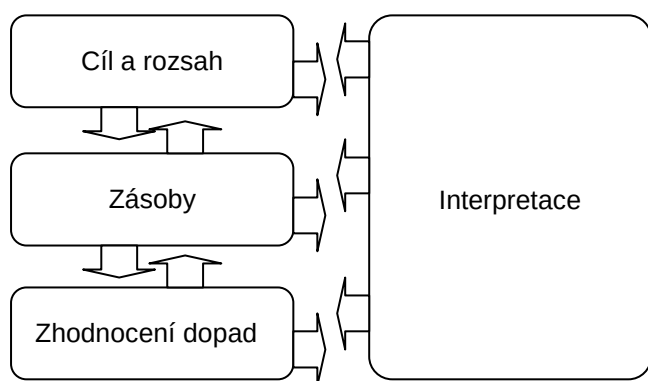
Ve vztahu k posuzování životního cyklu budov a jejich složek se rozlišuje mezi nástroji LCA vyvinutými s cílem vyhodnocení stavebních materiálů a prvků (například BEES Lippiatt, 2002) a LCA přístupy k hodnocení budovy jako celku například Athena (Trusty, 1997), Envest (Howard a kol. 1999), EcoQuantum (Kortman a kol., 1998). Posledně uvedené jsou obvykle složitější, protože celkové vyhodnocení budovy závisí na interakci mezi jednotlivými složkami a dílčími systémy jako je vzájemná interakce s obyvateli a okolním prostředím. Výběr vhodného nástroje závisí na konkrétních environmentálních cílech projektu.

Přesnost a relevance nástroje LCA jako pomoci při návrhu byly analyzovány v rámci projektu vyvinutého v rámci Evropské tematické sítě Presco (Praktická doporučení pro *udržitelnou konstrukci*-Kellenberger, 2005). V rámci tohoto projektu, bylo porovnáno několik nástrojů LCA na základě praktických příkladů s celkovým cílem harmonizace LCA založené na nástrojích pro hodnocení budov. Ostatní srovnávací analýzu, pokud jde o nástroje pro hodnocení životního prostředí, lze nalézt v Jönsson (2000) a Forsberg a von Malmberg (2004).

Jak již je uvedeno, tento dokument se zaměřuje na LCA a zejména její aplikace na ocelové konstrukce. V následujících podkapitolách je uveden normativní rámec pro LCA. Za prvé, mezinárodní normy ISO 14040 (2006) a ISO 14044 (2006), které stanovují obecný rámec pro LCA, jsou prezentovány a následovány novými evropskými normami pro udržitelnost stavebních prací. Je třeba poznamenat, že zatímco prvně jmenované mají obecnou působnost, tak evropské normy jsou zaměřeny na hodnocení budov a dalších stavebních prací.

2.3 Normativní rámec LCA

Mezinárodní normy ISO 14040 (2006) a 14044 (2006) určují obecný rámec, zásady a požadavky na provádění a podávání zpráv studií zahrnujících posouzení životního cyklu. Pokud jde o tyto normy, mělo by posouzení životního cyklu zahrnovat definice cíle a rozsahu, inventarizační analýzu, posouzení dopadu a interpretaci výsledků. Jak je znázorněno na Obr. 2.2, různé fáze jsou navzájem propojené, a někdy je nutné provést iterační postup, aby byly splněny cíle a cíl studie. Jednotlivé fáze jsou podrobně popsány v následujících podkapitolách.



Obr. 2.2: LCA obecný rámec (ISO 14044:2006)

2.3.1 Definování cíle a rozsahu

Cíl LCA studie musí jednoznačně uvádět účel použití, důvody pro provedení studie a cílovou skupinu, které mají být výsledky studie sděleny.

Hlavní otázky (problémy) v rámci LCA, které mají být zváženy a jasně popsány, jsou funkční jednotky a systémové hranice.

2.3.1.1 Funkce a funkční jednotka

Rozsah LCA studie jasně určí funkce systému. Funkční jednotka je míra výkonu funkčních výstupů systémového výrobku.

Primárním účelem funkčního celku je poskytnout posudek, na který se vztahují vstupy a výstupy. Tento posudek je nezbytný pro zajištění srovnatelnosti výsledků LCA. Srovnatelnost výsledků je zvláště důležitá tehdy, když jsou posuzovány různé systémy, aby bylo zajištěno, že takové srovnání je provedeno na společném základě.

2.3.1.2 Systémové hranice

Systémové hranice určují, které procesní jednotky musí být zahrnuty do LCA. Pro obecný materiál zahrnuje LCA všechny etapy od výroby surového materiálu do konce životnosti, jak je znázorněno na Obr. 2.3.



Obr.2.3: Procesy zahrnuté v LCA

Když se LCA vztahuje pouze na počáteční fáze výroby materiálu, pak je nazývána analýzou *“kolébky k bráně”*. Pokud je uvažován celý cyklus (z produkce surového materiálu do konce životnosti), pak je analýza nazývána od *“kolébky až do konce”*. Když jsou recyklační procesy zvažovány na konci životnosti a druhotné materiály vylučují produkci nových materiálů, pak je analýza často nazývána *kolébky do kolébky*.

Hranice systému určuje několik faktorů, včetně zamýšleného použití studie, vytvořených předpokladů, Cut-off kritérií, dat, omezení nákladů, a zamýšlené cílové skupiny.

Výběr vstupů a výstupů, úroveň shromáždění do kategorií dat a modelování systému by měly být vytvořeny tak, že vstupy a výstupy a jejich hranice jsou základními toky (jednotkami).

2.3.1.3 Požadavky na kvalitu dat

Za účelem splnění cílů a rozsahů analýzy jsou tyto požadavky uvedeny v ISO 14044:

- pokrytí souvisejících s časem: stáří údajů a minimální doba, po kterou je třeba shromažďovat údaje
- Geografické vyjádření: geografická oblast, ze které data pro každou jednotku shromažďována
- Technologie: specifické technologie nebo směs (souhrn) technologií
- přesnost: míra variability hodnot pro všechna data (např. odchylka)
- úplnost: procento toku, které je zjištěné nebo předpokládáné
- reprezentativnost: kvalitativní posouzení tj. do jaké míry odráží nastavená data skutečnost
- Konzistence: kvalitativní posouzení, zda je metodika studie jednotně uplatňována na rozličné, různé
- reprodukovatelnost: kvalitativní posouzení do jaké míry jsou informace o metodice a datech reprodukovatelná

- hodnoty by měly umožnit nezávislým provozovatelům reprodukovat výsledky studie
- Nejistota a nepřesnost informací (například údaje, modely a předpoklady)

2.3.2 Inventarizační analýza životního cyklu

Inventarizační analýza zahrnuje sběr dat a postupy výpočtu pro vyčíslení příslušných vstupů a výstupů systémového výrobku. Tyto vstupy a výstupy mohou zahrnovat využívání zdrojů a uvolňování do ovzduší, vody a půdy, spojených se systémem.

Kvalitativní a kvantitativní údaje o zařazení do soupisu by měly být shromažďovány pro každou procesní jednotku, která je obsažena v rámci systémových hranic a omezení. Zdrojem může být sběr dat. Praktické omezení týkající se shromažďování údajů by mělo být rámcově zdokumentováno ve zprávě o studii

2.3.3 Zhodnocení dopadu životního cyklu

2.3.3.1 Obecná metoda výpočtu

Fáze posouzení dopadů LCA je zaměřena na hodnocení závažnosti možných vlivů na životní prostředí s využitím výsledků inventarizační analýzy životního cyklu. Obecně platí, že tento proces zahrnuje přiřazení údajů s konkrétními dopady na životní prostředí a skládá ze dvou částí:

- Povinné prvky, jako jsou například klasifikace a charakteristika
- Volitelné prvky, jako jsou normalizace (uvedení do normálního stavu), hodnocení, seskupování a přiřazování.

Klasifikace vyjadřuje předchozí výběr vhodných kategorií dopadů, v závislosti na cíli studie a přiřazení výsledků LCI do vybraných kategorií dopadu. Dále jsou pak použity charakterizující faktory a představují relativní přínos v důsledku LCI na výsledku ukazatele kategorie dopadu. Podle tohoto způsobu kategorie jsou dopadu lineární funkce, tedy charakterizující faktory, nezávislé na velikosti zásahu na životní prostředí, jak je uvedeno výrazem 2.1:

$$impact_{cat} = \sum_i m_i \times charact_factor_{cat,i}$$

Eq. (2.1)

kde m_i je hmotnost toku zásob a $charact_factor_{cat,i}$ je charakterizující faktor(součinitel) toku zásob pro kategorii dopadu.

Ve vztahu k volitelných krokům v LCA je obvykle zapotřebí ukázat, do jaké míry má kategorie dopadu významný podíl na celkovém vlivu na životní prostředí. Ve váženém podílu jednotlivých kroků normalizovaných výsledků ukazatelů jsou pro každou kategorii dopadu přiřazeny číselné faktory podle jejich relativní důležitosti. Vážený podíl je založen na hodnotových volbách více než na přírodních vědách a hodnotách, tak standardní normy ISO 14044 rozlišují mezi interními a externími aplikacemi. Pokud mají být výsledky porovnány a prezentovány veřejnosti, pak by vážený podíl neměl být používán.

Seskupení je další volitelný krok posuzování životního cyklu, ve kterém jsou kategorie dopadu agregovány do jednoho nebo více souborů. V tomto případě, v souladu s ISO 14044, mohou být použity dva možné postupy: třídění ukazatelů kategorie na nominálním základě a hodnocení ukazatelů kategorie na číselné stupnici.

Tento dokument se zaměřuje na povinné kroky LCA, tudíž volitelné kroky (prvky) uvedené výše nejsou dále v tomto textu řešeny.

2.3.3.2 Výpočet potencionálních dopadů na životní prostředí

Je třeba podotknout, že cílem LCA je zhodnotit potenciální dopady na životní prostředí spojené s identifikovanými vstupy a výstupy. V následujících odstavcích je stručný úvod do nejčastějších enviromentálních kategorií dostupných v LCA, společně s příslušnou metodou výpočtu přijatou ve zjednodušeném postupu.

2.3.3.2.1 Potenciál globálního oteplování (GWP)

" Skleníkový efekt ", zobrazený na Obr. 2.4 je díky (IR) aktivním plynům, které se přirozeně vyskytují v zemské atmosféře (například H_2O , CO_2 a O_3) a které absorbují pozemní (infračervenou) energii (nebo záření), opouštějící zemský povrch a odráží některé teplo vracející se zpátky na zem, což přispívá k zahřátí zemského povrchu a spodní atmosféry.

Koncentrace těchto plynů, také známých jako skleníkové plyny (GHG), se od doby průmyslové revoluce zvýšila a zesiluje skleníkový efekt, což způsobuje zvýšení teploty na zemském povrchu a vyvolává obavy z možných globálních změn klimatu.



Obr.. 2.4: Globální oteplování (EPS, 2009)

Zatímco CO_2 je nejrozšířenější skleníkový plyn, existuje celá řada dalších plynů, které přispívají ke změně klimatu stejně jako CO_2 . Účinek různých skleníkových plynů se určuje pomocí potenciálu globálního oteplování (GWP).

GWP je relativní míra množství CO_2 , který by musel být vypuštěn do atmosféry, aby měl stejné radiační působení účinek jako uvolnění 1 kg emisí skleníkových plynů po určité časové období. GWP je tedy způsob, jak vyčíslit potenciální dopad na globální oteplování způsobené konkrétním plynem.

GWP byly vypočteny Mezinárodním Týmem zabývajícím se změnou klimatu (IPCC, 2007) po dobu tří časových horizontů 20,100 a 500 let a jsou uvedeny v tabulce 2.1 pro tři z nejvýznamnějších skleníkových plynů a pro tři časové horizonty.

Tabulka 2.1 – GWP pro zadané časové horizonty (v $\text{kg CO}_2 \text{ eq./kg}$) (IPCC, 2007)

	20 let	100 let	500 let
Oxid uhličitý (CO_2)	1	1	1
Methan (CH_4)	62	25	7
Oxid dusný (N_2O)	275	298	156

Proto je podle výrazu (2.2) stanovení ukazatele " globálního oteplování " dáno ,

$$\text{GlobalWarming} = \sum_i \text{GWP}_i \times m_i$$

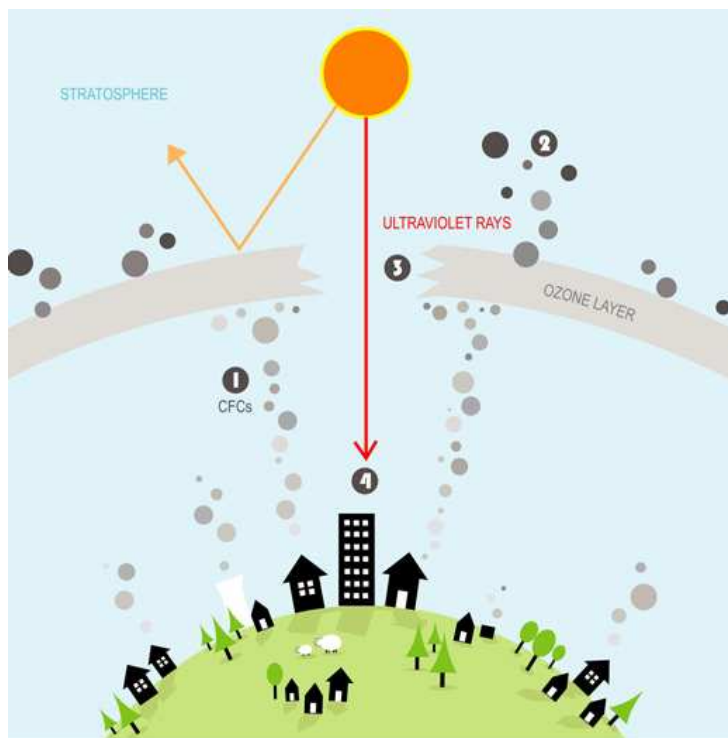
Eq. (2.2)

kde, m_i je hmotnost látky i vypuštěné (v kg). Tento ukazatel je vyjádřen ve stejném množství jako CO_2 tedy v kg.

V přijatém přístupu se bere v úvahu pouze časový horizont 100 let.

2.3.3.2 Potenciál poškození ozonu (ODP)

Plyny poškozující ozonovou vrstvu způsobují poškození stratosférického ozónu nebo "ozonové vrstvy" prostřednictvím uvolňování molekul volných radikálů, které porušují ozón (O_3)



Poškození ozonové vrstvy snižuje jeho schopnost zabraňovat ultrafialovému (UV) světlu prostoupit zemskou atmosférou a zvyšuje množství karcinogenního UVB světla dopadajícího na zemský povrch.

To má za následek zdravotní problémy, jako je rakovina kůže nebo šedý zákal a také to může mít neblahý vliv na zvířata nebo plodiny. Mezi hlavní plyny poškozující ozonovou vrstvu, jsou CFC, HCFC a halony.

Obr.. 2.5: Poškození ozonu (Blendspace, 2013)

Rostoucí obavy vedly v roce 1980 k celosvětovému úsilí o omezení ničení ozonové vrstvy podpisem Montrealského protokolu, který zakázal mnohé z nejsilnějších plynů poškozujících ozonovou vrstvu.

Potenciál poškozování ozonové vrstvy je vyjádřen jako celková ztráta ozonu v důsledku látky ve srovnání se globální ztrátou ozonu vztaženou k referenční látce CFC-11. To udává ODP a odpovídající referenční jednotka je v kg chlorfluoruhlovodíku-11 (CFC-11). Charakterizující model byl vyvinut Světovou meteorologickou organizací (WMO) a definuje potenciál poškození ozonové vrstvy různými plyny. Proto jsou OPDS, za předpokladu ustáleného stavu, uvedeny v tabulce 2.2 pro vybrané látky (Heijungs et al., 1999)

Tabulka 2.2 – OPDs pro některé látky (in kg CFC-11 eq./kg) (Heijungs et al., 1999)

	Ustálený stav ($t \approx \infty$)
CFC-11	1
CFC-10	1.2
Halon 1211	6.0
Halon 1301	12.0

To znamená, že stanovení ukazatele poškození ozonu je dáno

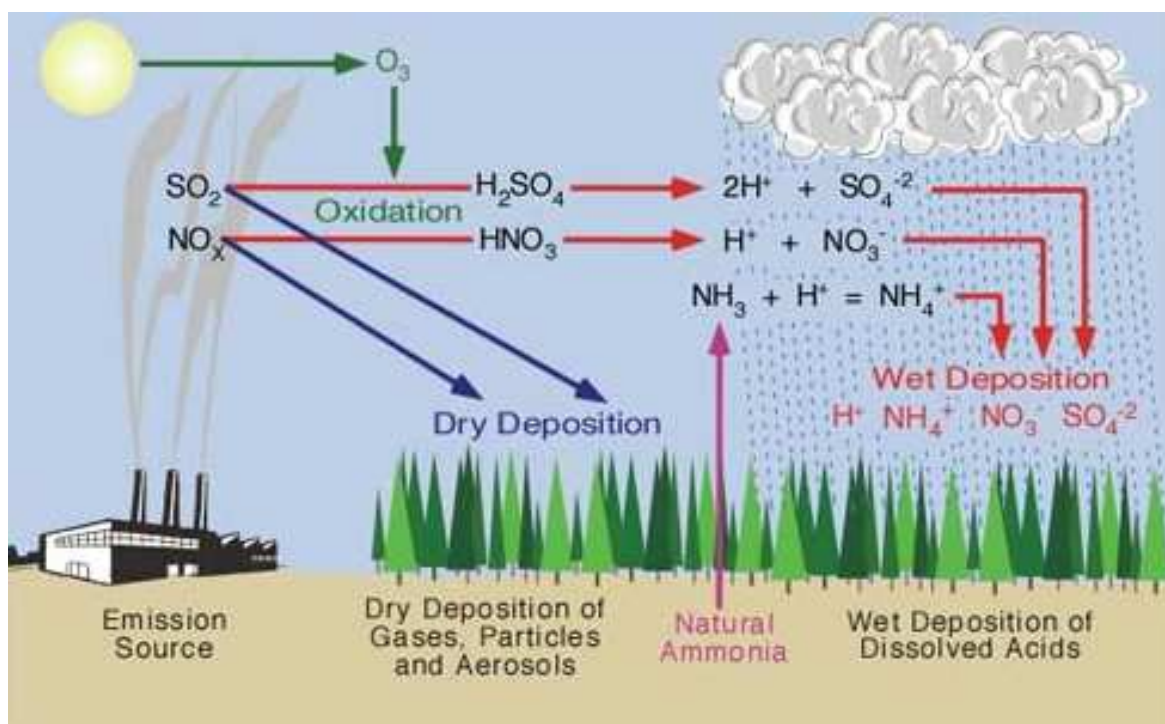
$$\text{Ozone Depletion} = \sum_i \text{ODP}_i \times m_i$$

Eq. (2.3)

kde m_i je hmotnost uvolněné látky i (v kg). Tento ukazatel je vyjádřen ve stejném množství CFC-11 v kg.

2.3.3.2.3 Acidifikační potenciál (AP)

Okyselení je proces, při kterém je znečištění ovzduší (hlavně amoniakem (NH_3), oxidem siřičitým (SO_2) a oxidy dusíku (NO_x)) převedeno na kyselé látky, jak je znázorněno na Obr.2.6. Kyselé látky vypouštěné do ovzduší jsou transportovány větrem a ukládány jako kyselé částice, kyselé deště, nebo sníh. Když prší, tak dochází (často do značné vzdálenosti od původního zdroje plynu) v různé míře k poškození ekosystému a to v závislosti na povaze krajinných ekosystémů.



Obr.. 2.6: Acidifikační potenciál (Energetické znázornění, 2013)

Acidifikační potenciál je měřen pomocí schopnosti látky uvolňovat H^+ ionty, což je příčinou acidifikace, nebo může být měřen v závislosti na odpovídajícím uvolnění SO_2 .

(Charakterizující faktory zahrnuté v této práci jsou založeny na modelu RAINS-LCA, který bere v úvahu období a historii, okolní úložiště a vlivy (Huijbregts, 2001)).

To znamená, že průměrné evropské charakteristické acidifikační faktory jsou zastoupeny v tabulce 2.3.

Tabulka 2.3 – Acidifikační potenciály (v kg SO₂ eq.) (Huijbregts, 2001)

	Amoniak (NH ₃)	Oxidy dusíku (NO _x)	Oxidy síry (SO ₂)
AP _i	1.60	0.50	1.20

Tudíž je určení ukazatele acidifikace (okyselení) vyjádřeno jako:

$$Acidification = \sum_i AP_i \times m_i$$

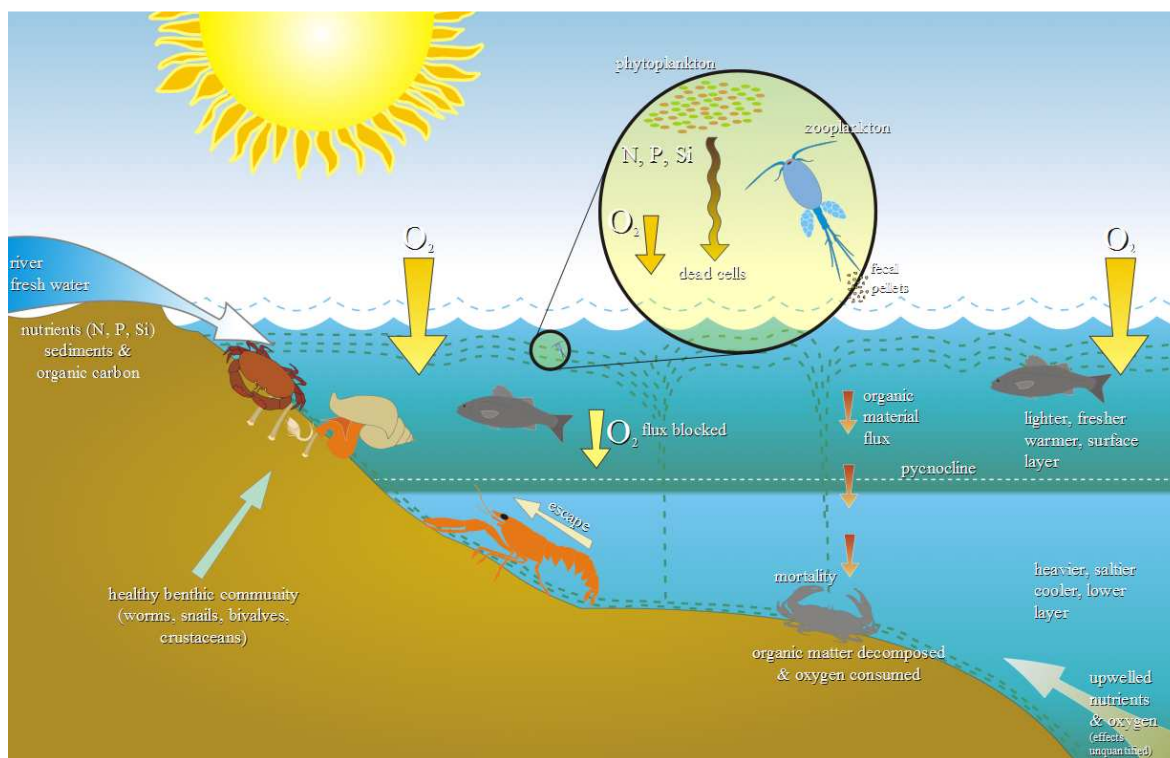
Eq. (2.4)

kde m_i je hmotnost uvolněné látky i (v kg). Tento ukazatel je vyjádřen ve stejném množství SO₂ v kg.

2.3.3.2.4 Eutrofizační potenciál (EP)

Živiny jako jsou dusičnany a fosforečnany, se obvykle přidávají do půdy prostřednictvím hnojení, aby byl stimulován růst rostlin a zemědělských produktů. Tyto živiny jsou nezbytné pro život, ale když skončí v citlivých přírodních vodních tocích nebo suchozemských oblastech, může toto nezamýšlené hnojení vyústit v nadprodukcii rostlin nebo řas, které mohou udusit jiné organismy, pakliže zemřou a začnou se rozkládat. Tudíž eutrofizace nebo obohacení živinami, jak je znázorněno na Obr .2.7, může být klasifikována jako nadměrné obohacování vodních toků. Její výskyt může vést k poškození ekosystémů, zvyšuje úmrtnost vodních živočichů a rostlin a úbytek živočišných druhů závislých na prostředí s nízkým obsahem živin. To vede k celkovému snížení biodiverzity těchto prostředí a má řetězový účinek na suchozemské živočichy a lidi, kteří spoléhají a závisí na těchto ekosystémech.

Eutrofizace je měřena pomocí referenční jednotky stejného množství dusíku a fosfátu v kg. Jako takový je měřítkem rozsahu, v němž látka ve vodě způsobuje šíření řas. Hlavními původci eutrofizace jsou dusíkaté sloučeniny, jako jsou dusičnany, amoniak, kyseliny dusičné a fosforečné sloučeniny, včetně fosfátů a kyseliny fosforečné.



Obrázek. 2.7: Eutrofizační potenciál (Wikipedia, 2013a)

Vezmeme-li fosfát jako referenční látku, jsou charakterizující faktory pro vybrané látky uvedeny v tabulce 2.4 (Heijungs et al., 1999).

Tabulka 2.4 – Eutrofizační potenciály (in kgPO_4^{3-} eq.) (Heijungs et al., 1999)

	Amoniak (NH_3)	Oxidy dusíku (NO_x)	Dusík (N)	Fosfor (P)
EPi	0.35	0.13	0.10	1.00

Ukazatel eutrofizace je vyjádřen jako:

$$\text{Eutrofication} = \sum_i EP_i \times m_i$$

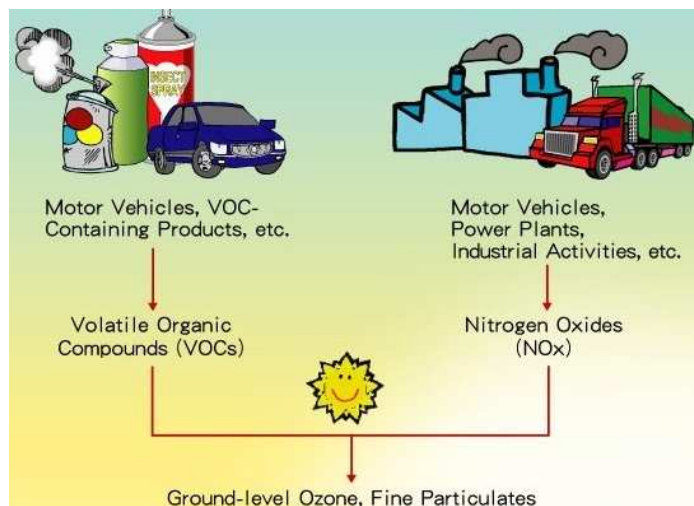
Eq. (2.5)

kde m_i je hmotnost látky i uvolněné do ovzduší, vody nebo půdy. Tento ukazatel je vyjádřen ve stejném množství PO_4^{3-} v kg.

2.3.3.2.5 Potenciál tvorby fotochemického ozonu (POCP)

V atmosféře obsahující oxidy dusíku (NO_x), časté znečišťující látky, těkavé organické látky (VOC), ozón a další látky znečišťujících ovzduší mohou být tyto vytvořeny za přítomnosti slunečního světla. Ačkoli ozón je rozhodující v horních

vrstvách atmosféry jako ochrana proti ultrafialovému (UV) záření, nízká úroveň ozonu se podílí na poškození úrody, na zvýšeném výskytu astmatu a dalších respiračních potížích.



Obr.2.8: Potenciál tvorby fotochemického ozonu (EPD, 2013)

Nejběžnějším projevem vlivu vysoké hladiny POCP-přispívajících plynů je smog, který je v letních měsících vidět ve velkých městech, jako jsou Los Angeles nebo Peking. Hlavním zdrojem emisí NO_x je spalování paliva, zatímco VOCs se obvykle uvolňují z rozpouštědel, která jsou používána v nátěrových hmotách.

Kategorie dopadu POCP je měřítkem relativní schopnosti látky produkovat ozon za přítomnosti NO_x a slunečního záření. POCP je vyjádřena pomocí referenční látky-ethylenu. Byly vyvinuty popisující faktory POCP pomocí Hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN).

Byly vypočteny dvě možnosti (Heijungs et al., 1999):

- (i) možnost s relativně vysokou okolní koncentrací NO_x
- (ii) možnost s relativně nízkou okolní koncentrací NO_x

Tyto dva charakterizační faktory jsou zobrazeny v Tabulce 2.5 pro nějaké zvolené látky

Tabulka 2.5 – POCPs pro rozdílnou koncentraci NO_x a pro některé látky (v $\text{kg C}_2\text{H}_4 \text{ eq./kg}$) (Heijungs et al., 1999)

	Vysoké- NO_x POCPs	Nízké- NO_x POCPs
Acetaldehyd (CH_3CHO)	0.641	0.200
Butan (C_4H_{10})	0.352	0.500
Oxid uhelnatý (CO)	0.027	0.040
Ethin (C_2H_2)	0.085	0.400
Metan (CH_4)	0.006	0.007
Oxid dusíku (NO_x)	0.028	no data
Propan (C_3H_8)	1.123	0.600
Oxid síry (SO_x)	0.048	no data
Toluen ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$)	0.637	0.500

Tudíž je stanovení pro ukazatel tvorby Foto-oxidantů vyjádřen jako:

$$\text{Photo-oxidant formation} = \sum_i \text{POCP}_i \times m_i$$

Eq. (2.6)

kde, m_i je hmotnost uvolněné látky i (v kg). Tento ukazatel je vyjádřen ve stejném množství (C_2H_4) v kg.

V přijatém přístupu jsou vzhledem k situaci s vysokou koncentrací NO_x v okolí uvažovány pouze charakterizující faktory.

2.3.3.2.6 Potenciál abiotického poškození

Ukazatelé abiotického vyčerpání (poškození) se snaží zachytit klesající dostupnosti neobnovitelných zdrojů v důsledku jejich těžby. Zde jsou uvažovány dva typy ukazatelů:

- Vyčerpání abiotických prvků, řešící těžbu vzácných prvků (a jejich rud);
- Vyčerpání abiotických energií/fosilních paliv, řešící využívání fosilních paliv jako ropné produkty nebo suroviny.



Obr. 2.9: Potenciál abiotického poškození (Wikipedia, 2013b)

Potenciál vyčerpání abiotických prvků ($\text{ADP}_{\text{prvky}}$) je určen pro každou těžbu prvků na základě zbývajících rezerv a míře dané těžby. ADP je založena na rovnosti výroby/konečné rezervy, která je srovnána s referenčním případem, antimon (Sb) (Guinée et al., 2002). Existují různá opatření jak použít konečnou zásobu v zemské kůře.

Tudíž je potenciál abiotického vyčerpání zdroje i (ADP_i) dán poměrem mezi množstvím vytěženého zdroje a obnovitelných zásob tohoto zdroje, vyjádřených v kilogramech referenčního zdroje, antimonu a charakteristických faktorů pro některé zvolené prostředky, které jsou uvedeny v tabulce 2.6 .

Tabulka 2.6 – Potenciály abiotického vyčerpání pro některé prvky (v Sb eq./kg) (Guinée et al.,2002)

Zdroj	ADP součást
Hliník	1.09E-09
Kadmium	1.57E-01
Měď	1.37E-03
Železo	5.24E-08
Olovo	6.34E-03

Tudíž je stanovení ukazatele Abiotického vyčerpání vyjádřeno jako:

$$Abiotic\ Depletion = \sum_i ADP_i \times m_i$$

Eq. (2.7)

kde, m_i je množství vytěženého zdroje i (v kg). Tento ukazatel je vyjádřen v kg antimonu(referenční zdroj).

Fosilní paliva byla původně měřena stejným způsobem, ale od roku 2010 už byla vypočtena poněkud odlišně. V tomto případě je uznáváno absolutní opatření spočívající na energetickém obsahu fosilních paliv (Guinée et al., 2002). Toto nebere v úvahu relativní nedostatek různých fosilních paliv (jakože jsou fosilní paliva zdroje velmi přenosné), ale ve skutečnosti se liší jen mezi uhlím (nejběžnější) a zemním plynem (nejvíce nedostatkové) a to o 17%. Ukazatel Abiotického vyčerpání fosilních je vyjádřen v MJ.

2.3.4 Interpretace životního cyklu

Interpretace je posledním krokem LCA , ve kterém jsou nálezy z inventarizační analýzy a posuzované dopady spojeny dohromady. Hlavním cílem této etapy je formulovat závěry, které lze vyvodit z výsledků LCA.Kromě toho, výsledky předchozích fází LCA a rozhodnutí učiněných v průběhu celého procesu, předpoklady, modely, parametry a data užívaná pro LCA by měly být v souladu s cílem a rozsahem studie.

2.3.5 Ilustrativní příklad

Pro ilustraci různých kroků posuzování životního cyklu popsanych v předchozích odstavcích, je zde uveden malý příklad. Za předpokladu výroby 1kg generického

izolačního materiálu, (viz tabulka 2.7) byly shromážděny tyto emise ve fázi inventarizace:

Tabulka 2.7 –Emise nashomážděné při výrobě 1 kg izolačního materiálu

Emise	Hodnota (v kg)
Oxid uhelnatý (CO)	0.12
Oxid uhličitý (CO ₂)	0.60
Amoniak (NH ₃)	0.01
Metan (CH ₄)	0.05
Oxidy dusíku (NO _x)	1.02
Fosfor (P)	0.35
Oxid siřičitý (SO ₂)	0.10

V následujícím kroku jsou vybrané kategorie ochrany životního prostředí jako například:

- (i) potenciál globálního oteplování (GWP)
- (ii) acidifikační potenciál (AP)
- (iii) Eutrofizační potenciál (EP)

Charakterizující faktory každé emise pro každou kategorii v oblasti životního prostředí jsou uvedeny v Tabulce 2.8

Tabulka 2.8 –Charakterizující faktory pro zvolenou kategorii v oblasti životního prostředí

	GWP	AP	EP
	(kg CO ₂ eq.)	(kg SO ₂ eq.)	(kg PO ₄ ⁻ eq.)
Oxid uhelnatý (CO)	1.53	-	-
Oxid uhličitý (CO ₂)	1.00	-	-
Amoniak (NH ₃)	-	1.60	0.35
Metan (CH ₄)	25.00	-	-
Oxidy dusíku (NO _x)	-	0.50	0.13
Fosfor (P)	-	-	3.06
Oxidy síry (SO ₂)	-	1.20	-

Výsledky jednotlivých kategorií v oblasti životního prostředí jsou získány z výroby každé přispívající emise svým příslušným charakterizačním faktorem (například, pro GWP : $0,12 \times 1,53 + 0,60 \times 1,00 + 0,05 \times 23 = 1,93$ kg CO₂ ekv.), což vede k výsledkům zobrazeným v tabulce 2.9 .

Tabulka 2.9 Konečné výsledky vybraných ukazatelů v oblasti živ.prostředí

GWP (kg CO ₂ eq.)	AP (kg SO ₂ eq.)	EP (kg PO ₄ ⁻ eq.)
1.93	0.65	1.21

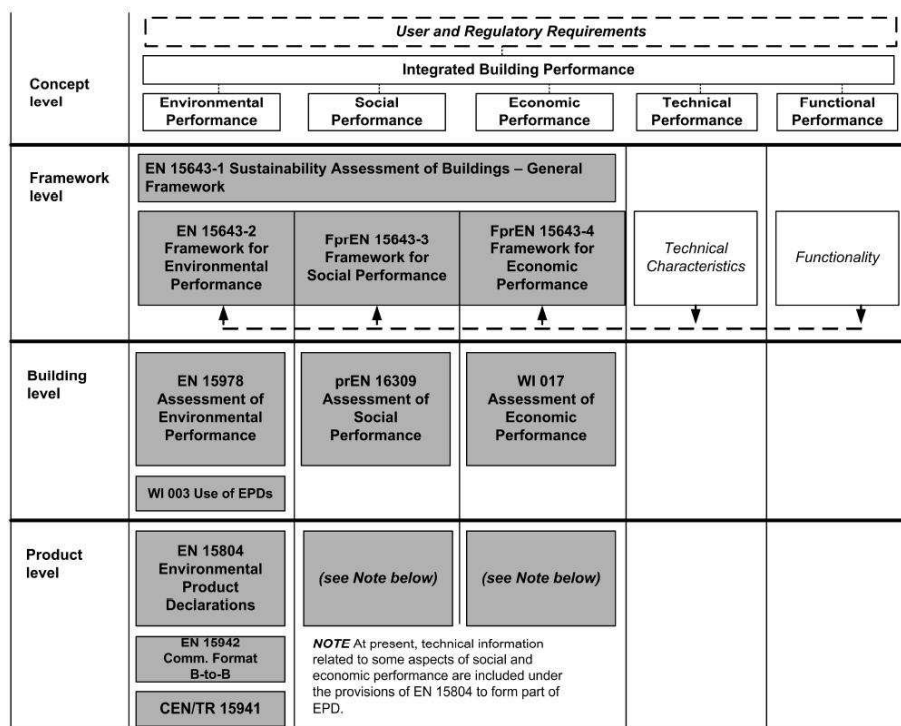
2.4 Evropské normy pro zhodnocení životního cyklu budov

2.4.1 CEN TC350

Evropský výbor pro Normalizaci (CEN), byl v roce 2004 pověřen rozvojem horizontálních standardizovaných metod pro posouzení a zhodnocení integrované environmentální výkonnosti budov.

CEN TC350 rozšířila tento mandát na udržitelnost a zvolila si životní cyklus jako základ pro všechna hodnocení. Proto TC vyvíjí standard technické zprávy a technické specifikace, aby byly poskytnuty metodiky a indikátory pro hodnocení udržitelnosti budov.

Normativní rámec pro zhodnocení udržitelnosti budov, poskytující soustavu norem od CEN-TC 350, pokrývá enviromentální, ekonomické a sociální aspekty (EN 15643-1, 2010), jak je znázorněno na obrázku 2.10



Obrázek. 2.10: Pracovní program of the CEN TC350 (EN 15643-1, 2010)

Jak vyplývá ze zjištění z Obr.2.10 TC pracuje na čtyřech úrovních (koncept /rámec/objekt/výrobek) a na čtyřech typech výkonů (enviromentální/společenský/ekonomický/technický/funkční). Enviromentální hodnocení je nejpokročilejší aspekt spolu s normami (standards) vypracovávanými na úrovni budovy a na úrovni výrobku.

Environmentální přístup přijatý v tomto projektu následuje dvě normy určené k hodnocení nákladů a dopadů staveb na životní prostředí: v EN 15978 (2011) a EN 15804 (2012).

2.4.2 Úroveň budovy (EN 15978)

EN 15978 (2011) stanovuje pravidla výpočtu pro posouzení vlivu z nových a stávajících budov na životní prostředí na základě přístupu založeného na životním cyklu. Je určena na podporu rozhodovacího procesu a na podporu dokumentace posouzení vlivu budovy na životní prostředí. Pro kompletní přehled metodiky výkladu normy je uvedeno následující: tato část se zaměřuje na následující klíčové aspekty: funkční ekvivalent, fáze životního cyklu a environmentální ukazatele.

2.4.2.1 Funkční ekvivalent

Funkční ekvivalent je normou definován jako "kvantifikované funkční požadavky a/nebo technické požadavky pro budovy nebo podružné systémy, které jsou brány jako základ pro srovnávání". Z tohoto důvodu bude srovnání mezi budovami nebo systémy přijatelné pouze v případě, že uvedené funkce budou stejné. Následující aspekty mají být zahrnuty do funkčního ekvivalentu budovy:

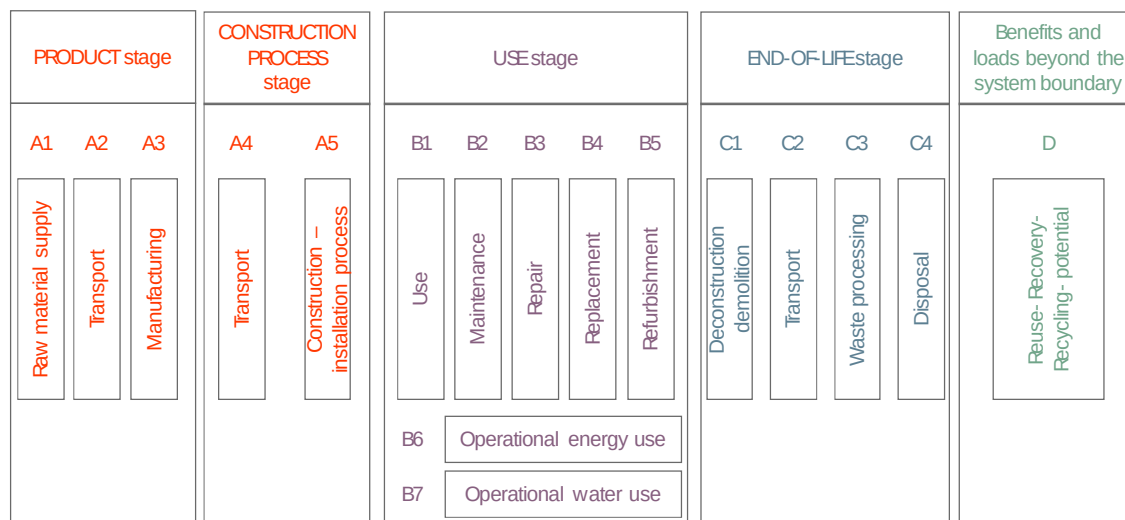
- (i) typologie budovy (např. bytový dům, atd.)
- (ii) schéma a způsob používání
- (iii) relevantní technické a funkční požadavky
- (iv) požadovaná životnost

2.4.2.2 Fáze životního cyklu

Hranice systému stanovují rozsah analýzy životního cyklu, tedy určují procesy, které jsou při analýze brány v úvahu. Jak je uvedeno v normě, posuzování životního cyklu "zahrnuje všechny procesy potřebné pro vytvoření a udržování všech funkcí budovy".

Samozřejmě, že jsou požadované údaje týkající se výrobků začleněných do budovy pro posouzení vlivu budovy na životní prostředí pro její zvolenou úroveň. Tyto informace by měly být v souladu, a proto by měly dodržovat pravidla definované v EN 15804 (viz následující pododdíl).

V této normě je životní cyklus budovy reprezentován následujícím pojetím, jak je znázorněno na Obr.2.11.



Obr. 2.11: Moduly životního cyklu budovy (EN 15978, 2011)

Výrobní fáze zahrnuje moduly A1 až A3, fáze výstavby zahrnuje moduly A4 a A5, fáze užívání zahrnuje moduly B1 až B7, fáze konce životnosti zahrnuje C1 až C4 a modul D zahrnuje výhody a zátěže nad rámec systému. V následujících odstavcích je uveden stručný popis každé fáze a její odpovídající moduly.

2.4.2.2.1 Výrobní fáze

Výrobní fáze zahrnuje informační moduly A1 až A3. Systémové hranice jsou nastaveny tak, aby zahrnovaly ty procesy, které poskytují materiálové a energetické vstupy do systému a následující výrobní a transportní procesy až na expediční fáze, jakož i zpracování jakýchkoliv odpadů vzniklých z těchto procesů. Tato fáze zahrnuje:

- ✓ A1-Těžba a zpracování surovin; opětovné použití výrobků nebo materiálů z předchozích; zpracování druhotných surovin používaných jako vstup pro výrobu produktu;
- ✓ A2 -Přepravu až do tovární brány a vnitřní přepravu
- ✓ A3 - Výrobu pomocných materiálů, výrobu produktů a vedlejších produktů a výrobu obalů.

2.4.2.2.2 Fáze výstavby

Výrobní fáze zahrnuje informační moduly pro:

- ✓ A4 - Přepravu z výroby až na staveniště

- ✓ A5-Instalaci výrobku do budovy, včetně výroby a přepravy pomocných materiálů a jakékoliv energie nebo vody potřebné pro zřízení a provoz staveniště. Rovněž se zahrnují operace prováděné na místě výstavby.

2.4.2.2.3 Fáze užívání

Fáze užívání zahrnuje dva typy informačních modulů. Moduly týkající se konstrukce budovy (moduly B1-B5) a moduly spojené s provozem budovy (modulů B6-B7) :

- ✓ B1 - Použití nainstalovaného výrobku pokud jde o jakékoli uvolňování emisí do životního prostředí z jednotl. složek budovy při jejich normálním používání ;
- ✓ B2 - Údržba zahrnuje kombinaci všech plánovaných technických a s nimi souvisejících administrativních činností v průběhu životnosti, aby byl výrobek instalovaný do budovy zachován v takovém stavu, v němž může podávat požadované funkční a technické výkony, a aby byly zachovány jeho estetické kvality.
- ✓ B3 - Oprava se týká kombinace všech technických a s nimi souvisejících administrativních činností v průběhu životnosti související s korekční nebo nutnou opravou stavebního výrobku nebo jeho části instalované v budově, za účelem dostat ho zpět do přijatelného stavu, v němž může vykonávat požadované funkční a technické výkony
- ✓ B4 - Výměna se týká kombinace všech technických a také administrativních činností v průběhu životnosti spojených s návratem konstrukčního výrobku do stavu, v němž může podávat požadovaný funkční a technický výkon prostřednictvím výměny celého stavebního prvku
- ✓ B5 - Rekonstrukce se týká kombinace všech technických a administrativních činností v průběhu životnosti produktu spojených s návratem budovy do stavu v němž může plnit požadované funkce
- ✓ B6 - Potřeba energie na provoz integrovaných technických systémů do budovy, spolu s jejich přidruženými environmentálními aspekty a dopady, zahrnuje také zpracování a přepravu všech odpadů vzniklých na místě při používání energie
- ✓ B7 - Použití provozní vody integrovanými technickými systémy v budově, spolu s jejich přidruženými environmentálními aspekty a dopady se zřetelem na životní cyklus vody, včetně výroby, dopravy a čištění odpadních vod.

2.4.2.2.4 Fáze konce životnosti

Konec životnosti stavby zahrnuje všechny výstupy, které dosáhly stavu "Konec odpadu", vyplývajícího z demontáže, rozebírání nebo demolice budovy. Fáze konce životnosti obsahuje volitelné informační moduly:

- ✓ C1 - Rozebrání, včetně demontáže a demolice výrobku z budovy včetně počátečního třídění jeho materiálu na staveništi (na místě).
- ✓ C2 - Dopravu vyřazených výrobků jako součást zpracování odpadů do místa recyklace a přepravu odpadů pro konečnou likvidaci.
- ✓ C3 - Zpracování odpadů, například sběr částí odpadů z dekonstrukce a zpracování materiálových objemů určených k opakovanému použití recyklaci a k obnově a získání energie
- ✓ C4 - Likvidace odpadů včetně jejich fyzického přetřídění a řízeného skládkování

2.4.2.2.5 Výhody a zátěže nad rámec systému

Informační Modul D zahrnuje všechny čisté přínosy nebo zátěže pramenící z recyklovatelných výrobků, recyklovatelných materiálů a/nebo z nosičů energie opuštějící výrobní systém jako např. druhotné suroviny nebo paliva.

2.4.2.3 Zhodnocení nákladů a dopadů životního cyklu

Pro fázi zhodnocení nákladů a dopadů životního cyklu se uvažují dva typy enviromentálních kategorií podle EN 15978: enviromentální ukazatele popisující náklady a dopady na životní prostředí a enviromentální ukazatele popisující vstupní a výstupní toky. Oba dva typy těchto ukazatelů jsou uvedeny v následujících odstavcích.

2.4.2.3.1 Ukazatelé popisující náklady a dopady na životní prostředí

Pro popis nákladů a dopadů na životní prostředí je uvedeno šest ukazatelů, které jsou zobrazeny v Tabulce 2.10.

Tabulka 2.10 –Ukazatelé popisující enviromentální dopady (EN15978)

Ukazatel	Jednotka
Potenciál globálního oteplování, GWP	kg CO ₂ equiv
Potenciál poškození stratosférické ozonové vrstvy, ODP;	kg CFC 11 equiv
Acidifikační potenciál půdy a vody; AP;	kg SO ₂ ²⁻ equiv
Eutrofizační potenciál, EP;	kg (PO ₄) ³⁻ equiv
Potenciál tvorby fotochemických troposférických oxidů	kg Ethene equiv

ozonu,POCP	
Potenciál vyčerpání abiotických zdrojů pro jednotl.prvky,ADP-prvky	kg Sb equiv
Potenciál vyčerpání abiotických zdrojů fosilních paliv ADP-paliva	MJ

Tyto ukazatele už byly prezentovány v předchozí části tohoto dokumentu.

2.4.2.3.2 Ukazatelé popisující vstupní a výstupní toky

Uvádíme další ukazatele, které jsou používány pro popis vstupních a výstupních toků. Ukazatelé popisující použití zdrojů jsou uvedeny v tabulce 2.11. Tyto ukazatelé popisují použití obnovitelné a neobnovitelné primární energie a vodních zdrojů a jsou vypočteny přímo ze vstupních údajů (toků) LCI.

Tabulka 2.11 – Ukazatelé popisující použití zdrojů (EN15978)

Ukazatel	Jednotka
Použití obnovitelné primární energie kromě energie ze zdrojů používaných jako suroviny	MJ, čistá hodnota
Použití zdrojů obnovitelné primární energie používaných jako suroviny	MJ, čistá hodnota
Použití neobnovitelné primární energie kromě primární energie ze zdrojů používaných jako suroviny	MJ, čistá hodnota
Použití neobnovitelných zdrojů primární energie používaných jako suroviny	MJ, čistá hodnota
Použití druhotných materiálů	kg
Použití obnovitelných druhotných paliv	MJ
Použití neobnovitelných druhotných paliv	MJ
Použití čisté čerstvé vody	m ³

Ukazatele popisující kategorie odpadu a výstupní údaje jsou založeny přímo na vstupních údajích (tocích) LCI. Prvně uvedené jsou zobrazeny v tabulce 2.12 a druhé jsou v tabulce 2.13. Kromě toho jsou pro vyčíslení těchto ukazatelů a možností stanoveny scénáře pro příslušné procesy a fáze.

Tabulka 2.12 – Ukazatelé popisující kategorie odpadu(EN15978)

Ukazatel	Jednotka
Likvidace nebezpečného odpadu	kg
Likvidace běžného odpadu	kg
Likvidace radioaktivního odpadu	kg

Tabulka 2.13 – Ukazatele popisující výstupní toky(údaje) ze systému (EN15978)

Ukazatel	Jednotka
Komponenty pro znovupoužití	kg
Materiály pro recyklaci	kg
Materiály pro obnovu energie (nikoliv spalováním odpadu)	kg
Exportovaná energie	MJ pro každý nosič energie

2.4.3 Úroveň produktu (EN 15804)

Na úrovni výrobku definuje norma EN 15804 pravidla pro kategorie výrobku pro rozvoj Environmentálních Prohlášení (EPD) stavebních výrobků a prvků. EPD (Typ III) jsou environmentální prohlášení podle normy ISO 14025 (2006) a jsou také často dobrým zdrojem environmentálních údajů pro analýzu životního cyklu.

EPD je zvláštní typ LCA, který používá definovaný soubor Pravidel Výrobní kategorie (PCR), jak je znázorněno na Obr. 2.12. Mnoho PCR lze použít pro stavební výrobky (CPA ,2012), ale lze srovnávat pouze EPD dodržující stejné PCR.



Obrázek. 2.12: proces EPD (2012)

Cílem společného souboru pravidel v EN 15804 je poskytnout konzistentní posuzovatele, srovnatelné a spolehlivé údaje, které umožňují agregaci na úrovni budovy.

Pravidla výpočtu pro LCA na úrovni materiálu, jsou podobné s těmi, které jsou popsány dříve na úrovni budovy. Rozsah LCA prováděné na úrovni materiálu může být stejný jako ten, který je popsán na úrovni budovy (viz obr. 2.11).

Avšak podle EN 15804 je pouze prohlášení o fázi výroby (modul A1 až A3) povinné, prohlášení o dalších fázích životního cyklu je volitelné. V této normě poskytuje funkční jednotka zmínku o tom, které materiálové údaje (toky) stavebních výrobků LCA jsou normalizovány. V této normě je také uvedena tzv.

deklarovaná jednotka. Deklarovaná jednotka může být použita místo funkční jednotky, když funkce výrobku na úrovni budovy není uvedena nebo je neznámá.

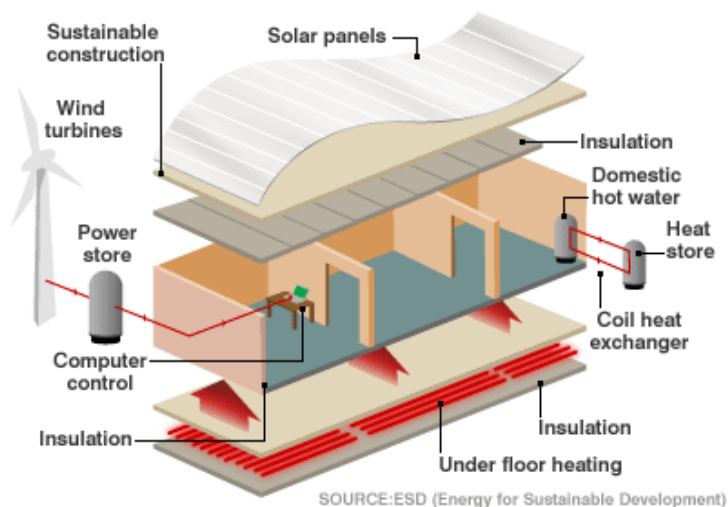
2.5 Další normy a nařízení (hlavně pro fázi užívání)

Jak již bylo zmíněno dříve EN15978 (2011) přiřazuje všechny potenciální dopady na životní prostředí všech aspektů souvisejících s budovou po celou dobu jejího životního cyklu v modulárním systému (obr.2.11). V tomto systému odpovídá modul B provozní energii, tedy energii integrovaných technických systémů v budově v provozní fázi. To zahrnuje spotřebu energie na chlazení, vytápění, ohřev teplé užitkové vody (TUV), napájení, větrání, osvětlení a pomocnou energii do čerpadel, řízení a automatizaci. EN15978 neposkytuje pravidla pro výpočet energie, nicméně prohlašuje, že by měl být v souladu se směrnicí o Energetické Účinnosti budov (EU 2002) a její národní přílohou.

Směrnice o energetické náročnosti budov je hlavním legislativním nástrojem na úrovni EU za účelem jednotného popisu energetické účinnosti budov. Čtyři klíčové otázky EPBD, které mají být uplatňovány členskými státy, jsou následující (EU 2002):

- ✓ Společná metodika pro výpočet energetické náročnosti budov
- ✓ Minimum norem, týkajících se energetické náročnosti nových budov a stávajících budov, které jsou předmětem větší renovace
- ✓ Systémy pro energetickou certifikaci nových a stávajících budov a zvláště pro veřejné budovy
- ✓ Pravidelná kontrola kotlů a centrálních klimatizačních systémů v budovách a posuzování otopných zařízení, v nichž jsou kotle starší než 15 let

Přepracování směrnice EPBD (v roce 2010) stanovuje právní rámec pro modernizaci národních stavebních předpisů a představuje politiku budov s téměř nulovou spotřebou energie tak, aby všechny nové budovy měly téměř nulovou spotřebu energie od roku 2020 (například klíčové systémy pro nulové emise uhlíku budovami jsou uvedeny v obr.2.13).



Obr. 2.13: Klíčové funkce pro nulové emise uhlíku

Navzdory obecným požadavkům poskytnutým směrnici EPBD není stanoven způsob výpočtu a každý členský stát EC má možnost zvolit si svou vlastní implementaci/metodiku. Většina zemí tvrdí, že do určité míry používají normy CEN nebo jiné mezinárodní normy. V tomto ohledu jsou v tomto dokumentu uvažovány další dvě normy:

- (i) ISO 13790 (2008), která zahrnuje všechny aspekty složek tepla zahrnutých do tepelných výpočtů a poskytuje korelační součinitele, které jsou vzaty do úvahy při výpočtu dynamických tepelných účinků
- (ii) EN 15316-3-1(2007), která se zaměřuje na potřeby energie pro ohřev domácí teplé vody-teplovodní systém (TUV).

3 ZJEDNODUŠENÉ METODY PRO ZHODNOCENÍ BUDOVY

3.1 Úvod

Stavebnictví je stále více vystaveno tlaku na deklaraci udržitelnosti výstavby, prohlášení o vlivu výrobku na životní prostředí, nízkoenergetické budovy, atd. Zúčastněné strany nejsou vždy řádně vyškolené tak, aby mohly sami analyzovat vliv stavebních výrobků na životní prostředí.

Tepelné výkony nových budov byly po několik let orámovány předpisy a zkušenosti stavitelé měli dobrou kontrolu a znalosti ve fázi užívání budov. Na opačné straně vtělená energie a uhlíková stopa materiálů jsou méně známé aspekty, které jsou však postupně začleňovány do výzev pro podávání nabídek. Pár aktérů v této oblasti má odborné znalosti k řešení obou těchto aspektů.

Proto s cílem podpořit prováděcí analýzu životního cyklu ve stavebním odvětví představuje tato kapitola dva zjednodušené přístupy:

- (i) přístup pro zjednodušený životní cyklus, který je založen na makro-komponentech
- (ii) přístup pro výpočet energie potřebné pro prostorové chlazení a vytápění budovy se zahrnutím energie potřebné pro výrobu domácí teplé vody (teplovodní systém)

Oba přístupy byly vyvinuty v rámci projektu Evropský Výzkum *SB_Steel* (2014) a jsou založeny na principech Evropských norem EN 15978 a AN 15804.

Přístup k hodnocení životního cyklu je popsán a je následovaný zjednodušeným přístupem pro výpočet energie a příslušným kalibračním postupem.

3.2 Algoritmus pro zhodnocení životního cyklu založeného na makro-komponentech

Vnitřní a vnější konstrukce budovy hrají důležitou roli v chování budovy z hlediska spotřeby energie a zátěže životního prostředí. To vedlo k vytvoření prefabrikovaných řešení pro hlavní části budovy, tedy makro-prvků. Makro-prvky jsou předem definované seskupení různých materiálů, které tvoří stejnou součást budovy (Gervásio et al., 2014).

Pro každou součást budovy byla předem stanovena různá řešení a také model na základě makro-komponent, použitý pro analýzu životního cyklu budovy. Vše je podrobně popsáno v následujících odstavcích.

3.2.1 Obecné kroky

3.2.1.1 Rámec a cíl

Cílem tohoto nástroje je vyčíslit dopady jednotlivých prvků budovy nebo jednoduché budovy (v m²) na životní prostředí s využitím předdefinovaných makro-komponent. Tudiž přístup umožňující posouzení má být proveden na dvou různých úrovních: (i) na úrovni komponentů (prvků) a (ii) na úrovni budovy .

3.2.1.1.1 Funkční jednotka

Na úrovni budovy je funkční jednotkou budova s definovanou typologií (např. bytový dům) projektovaný pro stanovenou dobu životnosti (např. 50 let) a splňující všechny normové požadavky.

Na úrovni stavebních komponentů (prvků) je funkční jednotka (v m²) stavební prvek, který má definovanou typologii (například vnější stěny, vnitřní desky, atd) používané a projektované na dobu životnosti (například 50 let). V tomto případě může být funkce stavebního prvku (komponenty budovy) zahrnuta nebo ne (v případě srovnávacích tvrzení by měla být funkce stavebního prvku-komponenty budovy zahrnuta).

3.2.1.1.2 Systémové hranice-omezení

Enviromentální analýza životního cyklu uvažuje fázi výroby materiálu (modul A1 až A3), fáze výstavby (modul A4), fázi užívání (moduly B1 až B5), fázi na konci životnosti (moduly C1 až C4) a přínosy a zátěže v důsledku k recyklace (modul D), jak je uvedeno v tabulce 3.1 .

Modul B6 se v tomto přístupu neuvažuje, nicméně metodologie uvedená v další části se zaměřuje na aspekty zahrnuté i v tomto modulu.

Podobně moduly A5, B1 a B7 také nejsou zahrnuty. Význam dopadů v důsledku procesu výstavby (modul A5) (včetně používání zařízení, provoz staveniště a produkce odpadů), byly na úrovni budovy zjevně zanedbány (Gervásio et al.,2014).

Modul B1 se týká emisí v důsledku použití instalovaných materiálů do konstrukce budovy, které nejsou uvažovány ve zbývajících modulech fáze životnosti.

Tabulka 3.1: Informační moduly životního cyklu budovy (podle EN 15643-2:2011)

Výrobní fáze	Fáze výstavby	Fáze užívání	Konec životnosti	fáze
--------------	---------------	--------------	------------------	------

Dodávka materiálů	Přeprava	Výroba	Přeprava	Proces výstavby	Použití	Údržba	Oprava	Nahrazení	Refurbishment	Použití provozní energie	Použití provozní vody	Demolice	Přeprava	Zpracování odpadů	Likvidace	Znovupoužití/Potenciál recyklace
A1	A2	A3	A4	A5	B 1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x

Vzhledem k tomu, že v současné době se vzhledem k přísným právním předpisům vyrábějí stavební materiály při nízkých emisích, má tento modul jen malý význam. Vyčíslení užívání vody (modul B7) se neuvažuje a také nezávisí na možnostech výstavby .

3.2.1.2 Životní cyklus zásob

Jak již bylo zmíněno dříve, je kvalita kontroly dat LCA požadavek norem. Tudiž pokud se jedná o stavební výrobky, tak by měla být data kontrolována podle EN 15804:

- Časové rozmezí: datové soubory měly být aktualizovány během posledních 10 let pro generická data a do posledních 5ti let-konkrétní údaje pro výrobce
- Datové soubory mají být založeny na ročních průměrných datech
- Geografické rozmezí: datové soubory by měly odrážet geografické oblasti pro deklarovaný výrobek nebo skupinu výrobků
- Technologické rozmezí: datové soubory by měly odrážet fyzikální realitu pro deklarovaný výrobek nebo skupinu výrobků
- Úplnost: Datové soubory by měly být dokončeny podle systémové hranice v rámci limitů stanovených kritérií pro vyloučení vstupů a výstupů.

Většina enviromentálních datových souborů je poskytována z PE Mezinárodní databáze (*International database 2006*), s výjimkou údajů o oceli. Datové soubory o oceli jsou poskytnuty *Worldsteel Association* (2002), ve spolupráci s PE *International*. Proto je metoda velmi podobná. To zaručuje dobrou shodu v otázce shromažďování a správy údajů, jakož i metodiku pro přidělování a upravování pravidel, jak je uvedeno v tabulce 3.2, pro hlavní materiály použité v makro-prvcích-komponentech .

Tabulka 3.2: Kontrola kvality pro hlavní materiály makro-komponent

3.2.1.3	Časové rozmezí		Geografické rozmezí	Technologické rozmezí	Úplnost
Ocelový profil	2007, průměr	roční	Evropa	Evropští výrobci	> 99% hmoty a energie
Ocelová výztuž	2007, průměr	roční	Svět	Světoví výrobci	> 99% hmoty a energie
Ocelový svitek	2007, průměr	roční	Evropa	Evropští výrobci	> 99% hmoty a energie
Beton C20/25	2011, průměr	roční	Německo	Němečtí výrobci	> 95% hmoty a energie
OSB deska	2008, průměr	roční	Německo	Němečtí výrobci	> 99% hmoty a energie
Sádrokarton	2008, průměr	roční	Evropa	Evropští výrobci	> 95 hmoty a energie
Cihly	2011, průměr	roční	Německo	Němečtí výrobci	> 95% hmoty a energie
Minerální vlna	2011, průměr	roční	Evropa	Evropští výrobci	> 95% hmoty a energie
Expandovaný polystyrén EPS	2011, žádná data		Evropa	No data	Žádná data
Extrudovaný polystyrén XPS	2011, průměr	roční	Německo	Němečtí výrobci	> 95% hmoty a energie
Polyuretanová tuhá pěna PUR	2011, průměr	roční	Německo	Němečtí výrobci	> 95% hmoty a energie
Expandovaný korek	2011, průměr	roční	Německo	Němečtí výrobci	> 95% hmoty a energie
Skelná vlna	2011, průměr	roční	Evropa	Evropští výrobci	> 95% hmoty a energie
Polyuretanová pěna PE	2011, průměr	roční	Německo	Němečtí výrobci	> 95% hmoty a energie

3.2.1.4 Zhodnocení nákladů a dopadů životního cyklu

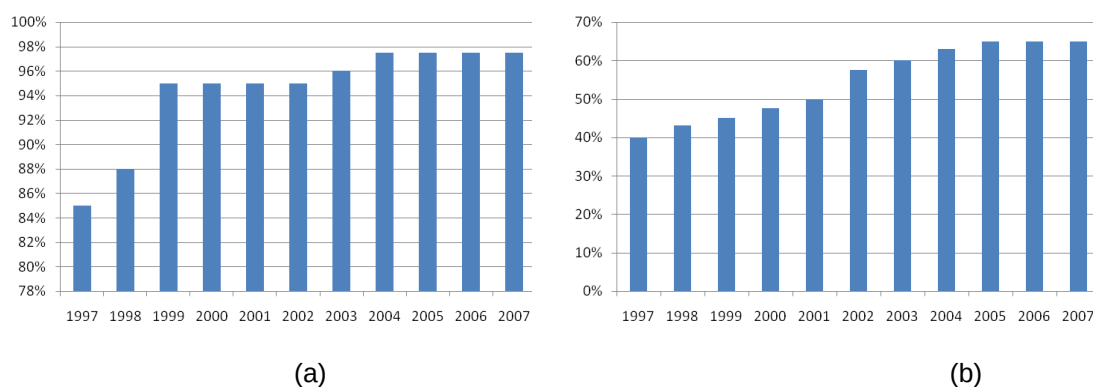
Vybrané enviromentální kategorie, které popisují dopady stavby na životní prostředí, jsou uvedeny v tabulce 2.10 a odpovídají enviromentálním kategoriím, které jsou doporučeny evropskými normami pro posuzování ekologické náročnosti budov (ČSN EN 15643-2 a ČSN EN 15978).

Modulární koncepce výše uvedených norem byla přijata v celk. řešení. Proto je výstup enviromentální analýzy životního cyklu jednotlivých makro-komponent poskytnutý module nebo celkovou hodnotou každé fáze. Enviromentální analýza

životního cyklu každé makro–složky (komponenty) byla provedena pomocí softwaru *Gabi* (2012).

3.2.2 Kvóta (rozdělení) recyklace materiálů

Ocel je 100% recyklovatelná a odpad může být převeden na stejnou kvalitu jako původní ocel a to v závislosti na hutnictví a recyklačnímu procesu (*Worldsteel Association 2009*). Proto je konstrukce na konci životnosti pravděpodobně rozebrána a ocel je předána k recyklaci nebo opětovnému použití (částečně nebo úplně). Podle údajů od *Steel Recycling Institute* (2009) je v Severní Americe míra recyklace z konstrukční oceli okolo 97,5%. Grafy jsou znázorněny na Obr.3.1 a ukazují trend míry recyklace konstrukční oceli a ocelové výztuže ve stavebním sektoru.



Obrázek. 3.1: Míra recyklace konstrukční oceli (a) a výztužné oceli (b) (*Steel Recycling Institute, 2009*)

Opětovné použití a recyklaci oceli je obecný problém, který vyžaduje použití správného procesu přidělování a kvót, jak je popsáno v následujícím textu.

3.2.2.1 Úvod

Většina průmyslových procesů je multifunkční. To znamená, že jejich výstup s sebou nese více než jeden produkt a vstupy pro výrobu produktů často obsahují meziprodukty nebo vyřazené výrobky. K problému rozdělení dochází, když je potřeba příslušné rozhodnutí za účelem správného přiřazení vstupních / výstupních toků do funkčních jednotek, poskytnutých výrobním systémem.

Rozdělení je definováno v ISO 14040 (2006) jako "rozdělení vstupních nebo výstupních toků procesu nebo výrobního systému mezi výrobní systém v rámci studie a jeden nebo více jiných výrobních systémů". Tudiž systém přidělování řeší rozdělení toků mezi jednotkové procesy či výrobní systémy.

Podle normy ISO 14044 (2006) je třeba se rozdělení vyhnout buď dělením jedné procesní jednotky do dvou nebo více dílčích procesů a sběrem vstupních a

výstupních dat vztahujících se k těmto dílčích procesům, nebo rozšiřováním výrobního systému, aby bylo zahrnuto další portfolio funkcí souvisejících s produkty a výrobky (rozšíření systému).

Rozšíření systému zahrnuje vyhnout se zátěžovému přístupu, který eliminuje nadbytečné funkce z multifunkčního procesu odečtením rovnocenných monofunkčních procesů pro získání procesu monofunkčního.

Když nejsou proveditelná ani členění procesů, ani rozšíření systému v rámci rozsahu a cíle studie, pak je rozdělení nevyhnutelné. V tomto případě jsou doporučené dvě alternativy prostřednictvím ISO 14044 (2006): (i) rozdělení vstupů a výstupů systému je založeno na fyzikálních (chemických nebo biologických) kauzálních vztazích; nebo (ii) je rozdělení založeno na jiných vztazích (například na ekonomické hodnotě výrobků).

Zvážení opětovného použití a recyklace materiálů je obecný problém, což představuje použití rozdělovacích (přidělovacích) procesů. Zásady přidělování a postupy uvedené výše se také vztahují na recyklaci a opětovné použití, když v tomto případě mají být vzaty v úvahu změny v přirozených vlastnostech materiálů při volbě postupu přidělování a rozdělování dle ISO 14044, 2006).

V tomto případě se mohou vyskytnout tři hlavní situace (Werner 2005):

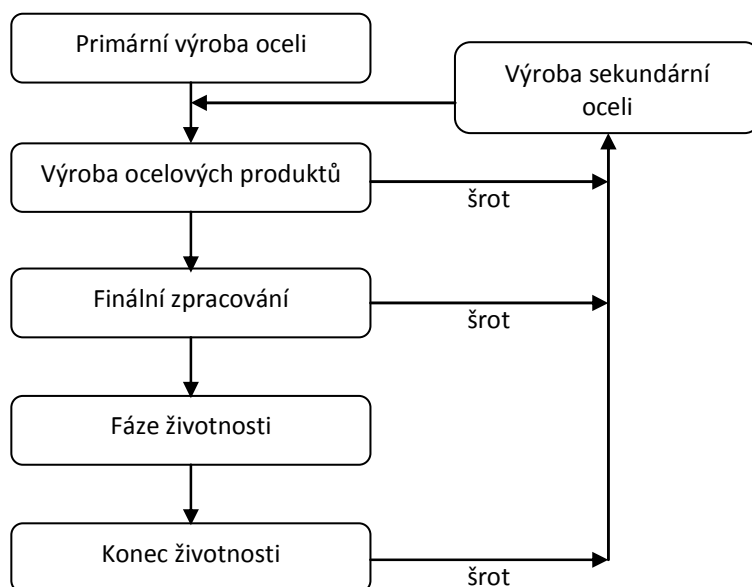
- i) Vlastní vlastnosti materiálu se nemění v průběhu posuzovaného výrobního systému a materiál má být znovu použitý ke stejnému účelu
- ii) Vlastní vlastnosti materiálu se mění v průběhu posuzovaného výrobního systému a materiál má být znovu použitý ke stejnému účelu
- iii) Vlastní vlastnosti materiálu se mění v průběhu posuzovaného výrobního systému a materiál má být použitý k jiným účelům

V prvním případě je situace v uzavřené smyčce, ve kterém se předpokládá, že náhrada primárního materiálu je úplná, a tudíž nejsou přiřazeny žádné ekologické zátěže z prvovýroby materiálu nebo jeho konečné likvidace do výrobního systému. Druhý případ odpovídá otevřené smyčce. V tomto případě jsou změněné vlastnosti materiálů považovány za irelevantní a recyklace je určena (provedena) jako situace uzavřené smyčky. Nakonec je v posledním případě uvažována situace s otevřenou smyčkou, kde se předpokládá částečné nahrazení primárního materiálu. V tomto případě má být ekologická zátěž v důsledku primární výroby materiálu nebo jeho konečná likvidace částečně zařazena do systému v rámci studie.

3.2.2.2 Vyhýbání se rozdělování šrotu

V průběhu životního cyklu oceli vzniká šrot při výrobní fázi, při konečné fázi zpracování a ve fázi konce životnosti (viz obr.3.2). Takže je postup přidělení šrotu třeba vzít v úvahu pro jeho výstupy z celého životního systému (cyklu). Kromě

toho, jak je uvedeno dále v textu, je ocel zpracována na různých výrobních linkách a rozdělování šrotu do výroby oceli je další otázkou, kterou je třeba zvážit.



Obr. 3.2: Systémové hranice a omezení LCI včetně dat konce životnosti pro šrot (LCI, 2002)

Ocel může být recyklována nebo několikrát opětovně použita a vhodnou metodou rozdělování a přidělování je třeba řešit multi-recyklace i a opětovné použití ocelových dílů.

Tudíž přijatá metodika pro řešení problému přidělení/rozdělení oceli je uzavřená smyčka recyklace materiálu vyvinutá Worldsteel Association (LCI, 2002). Tato metodika byla vyvinuta s cílem vytvořit LCI údaje ocelářských výrobků, což představuje recyklaci na konci životnosti. Přijetí přístupu s uzavřenou smyčkou je odůvodněno tím, že odpad se znovu taví za účelem výroby nové oceli s malou nebo žádnou změnou ve svých vlastnostech. V tomto případě (dle normy ISO14044) je potřeba se přidělení vyhnout, neboť využití druhotných surovin nahradí využívání primárních materiálů.

Ocel může být produkována prostřednictvím dvou hlavních cest: Vysoká pec (BF) a elektrická oblouková pece (EAF). Hlavní rozdíl mezi těmito dvěma cestami je přidání šrotu v procesu výroby oceli: ve vysoké peci se ocel vyrábí téměř výhradně ze surovin, zatímco v elektrické obloukové peci je výroba oceli založena převážně přidaném šrotu.

S ohledem na dva hlavní způsoby pro zpracování oceli a s uvažováním dat LCI pro výrobu oceli ve vysoké peci (tj. za předpokladu 100 % surového materiálu) udanou hodnotou X_{PR} a údaji LCI pro výrobu oceli pomocí elektrické obloukové pece (za předpokladu 100 % druhotných materiálů) udanou hodnotou X_{RE} jsou pak data LCI spojená se šrotem dána výrazem (3.1)

$$LCI_{scrap} = Y(X_{pr} - X_{re})$$

Eq. (3.1)

kde Y je kovový výtěžek, což představuje účinnost sekundárního procesu při přeměně šrotu na ocel. Podle sdružení worldsteel (LCI,2002) je zapotřebí cca 1,05 kg šrotu k výrobě 1 kg druhotné oceli.

Uvažujeme-li výrobu ve vysoké peci za předpokladu 100% vstupu surového materiálu a určité míry obnovy (část oceli vykoupená jako šrot během jejího životního cyklu) tak na konci životního cyklu je udána čistá produkce šrotu pomocí RR. Tudíž je LCI pro 1 kg oceli, vč konce životnosti, udán hodnotou LCI pro primární výrobu s ohledem na vyrobený šrot a vyjádřen výrazem (3.2):

$$LCI = X_{pr} - RR[Y(X_{pr} - X_{re})]$$

Eq. (3.2)

Na druhé straně za předpokladu, že 1 kg sekundární oceli je použit k výrobě nové oceli v elektrické obloukové peci a na konci životnosti RR kg oceli určené k recyklaci, je tedy čistý spotřebovaný odpad dán vztahem $(1/Y - RR)$. V tomto případě LCI na 1 kg oceli včetně konce životnosti je dáno prostřednictvím LCI pro druhotnou výrobu s inkasem pro spotřebovaný šrot, jak je vyjádřeno v (3.3)

$$LCI = X_{re} + (1/Y - RR)[Y(X_{pr} - X_{re})]$$

Eq. (3.3)

Změna uspořádání výrazu (3.3) vede k výrazu (3.2), což znamená, že LCI systému nezávisí na zdroji materiálu. Závisí na poměru recyklace oceli na konci životnosti a procesu výnosu spojeného s recyklačním procesem. Z toho důvodu, výraz (3.3) umožňuje rozdělení ocelového šrotu nezávisle na způsobu výroby oceli.

Předchozí výrazy byly odvozeny za předpokladu 100% primární výroby nebo 100% druhotné výroby. Ve skutečnosti mohou ocelové výrobky vyráběné ve vysokých pecích obsahovat nějaké procento šrotu a výrobky vyráběné v elektrických obloukových pecích mohou zahrnovat malou část surových materiálů. V tomto případě je příspěvek dán vztahem:

$$LCI_{scrap} = (RR - S) \times Y(X_{pr} - X_{re})$$

Eq. (3.4)

kde $(RR-S)$ vyjadřuje čistý šrot na konci životnosti. S ohledem na údaje LCI hotového ocelového výrobku dané hodnotou X je pak LCI pro výrobek, včetně recyklace na konci životnosti dán:

$$LCI = X' - [(RR - S) \times Y(X_{pr} - X_{re})]$$

Eq. (3.5)

Výraz (3.5) je přijat v metodikách LCA uvedených v následující kapitole včetně recyklace po skončení životnosti.

3.2.3 Charakterizace makro-komponent

Makro-prvky (komponenty) byly definovány pro různé stavební prvky podle klasifikačního schématu Unifomat (2010). Jsou uvažovány následující kategorie (A) Spodní konstrukce, (B) Plášť a (C) Vnitřní prostory. Každá hlavní kategorie se následně ještě dělí. Detailní klasifikační schéma je zobrazeno v Tabulce 3.3.

Tabulka 3.3: Klasifikační schéma stavebních prvků (UniFormat, 2010)

(A) Spodní konstrukce	(A40) Desky na terénu	(A4010) Standartní deska na terénu	
(B) Plášť	(B10) Nadz.konstrukce	(B1010) Konstrukce podlaží	(B1010.10) Konstrukční rám podlaží (B1010.20) Desky a nátěry podlaží
		(B1020) Konstrukce střechy	(B1020.10) Konstrukční rám střechy (B1020.20) Desky a opláštění(oplechování)střechy
	(B20) Vnější svislé konstrukce	(B2010) Vnější stěny	(B2010.10) Fasáda vnější stěny (B2010.20) Konstrukce vnější stěny
		(B2020) Vnější okna	
		(B2050) Vnější dveře	
	(B30)Vnější vodorovné konstrukce	(B3010) Střešní krytina	
		(B3060) Vodorovné otvory	
(C) Vnitřní prostory	(C10) Vnitřní konstrukce	(C1010) Vnitřní příčky	
	(C20) Vnitřní úpravy	(C2010) Stěnové úpravy	
		(C2030) Podlahová krytina	
		(C2050) Stropní úpravy	

V rámci každého stavebního prvku (viz tabulka 3.3) mají odpovídající makro-prvky stejnou funkci a podobné vlastnosti. Funkční jednotka každé makro-složky představuje 1 m² stavebních prvků s podobnými vlastnostmi splňující životnost 50 let.

Tento přístup byl vyvinut pro hodnocení budov v rané fázi návrhu (Gervásio a kol., 2014). Aby se dalo vypořádat s nedostatkem návrhových dat v raných fázích návrhu, tak je nosná konstrukce (za tepla válcované profily, lehká ocelová konstrukce nebo betonová konstrukce) rozdělována do makro-prvků, vztahujících se ke konstrukčnímu systému podlaží (B1010.10) konstrukčnímu systému střechy (B1020.10) na m^2 .

Informace poskytnuté jednotlivými makro-komponenty je ilustrována na příkladu v Tabulce 3.4. Kromě vlastností různých vrstev materiálů, součinitele prostupu tepla (U) (s uvážením tepelných mostů pokud existují) a tepelné setrvačnosti (κ_m) jsou také k dispozici vyčíslení provozní energie budovy.

Makro-komponenty byly sestaveny do databáze, která je uvedena v Příloze 1 tohoto dokumentu.

3.2.4 Ilustrativní příklad sestavení makro-komponent

Za účelem splnění funkce stavebních prvků, musí být v některých případech považovány současně různé makro-komponenty. Jako názorný příklad je zde stanovena vnitřní deska bytového domu.

3.2.4.1 Sestavení makro-komponent

Pro vnitřní desku budovy jsou zvoleny následující makro-komponenty:

- (i) makro-komponenty pro podlahovou krytinu (C2030),
- (ii) makro-komponenty pro konstrukční systém podlaží (B1010.10),
- (iii) makro-komponenty pro stropní úpravy (C2050).

V tomto případě není poskytnuta hodnota (U) součinitele prostupu tepla a makro-složka/komponenta odpovídá vnitřní desce, a tudíž neovlivní výpočet energetických potřeb.

Tabulka 3.4: Sestavení makro-komponent pro vnitřní desku

Sestava makro-komponent	Makro-komponenty	Materiál	Tloušťka (mm)/ Hustota (kg/m ³)	U-hodnota (W/m ² . K)	κ_m (J/m ² . K)
	C2030 Podlahová krytina	Keramické dlaždice	31 kg/m ²		
		Betonová mazanina	13 mm		
	B1010.10 Konstrukční	OSB	18 mm		
		Vzduchové	160 mm		

	systém podlaží	dutiny		-	61062
		Minerální vlna	40 mm		
		Nízko-hmotnostní ocel	14 kg/m ²		
		Sádrokarto nové-desky	15 mm		
	C2050 Stropní úpravy	Malba	0.125 kg/m ²		

3.2.4.2 Funkční jednotka a odhadovaná životnost provozní životnost materiálů

Funkční jednotka stavebního prvku je vnitřní deska obytné budovy (v m²) s požadovanou provozní životností 50 let. Zvolené makro-prvky (komponenty) musejí splňovat stejnou funkční jednotku stavebních prvků. Z tohoto důvodu se musí odhadovaná životnost z různých materiálů vzít v úvahu. Tabulka 3.5 udává odhadovanou životnost materiálů.

Tabulka 3.5: Odhadovaná provozní životnost materiálů

Makro-komponenta(složka)	Materiál	Jednotka	Odhadovaná provozní životnost [roky]
Podlahová krytina	Keramické dlaždice	m ²	25
	Betonová mazanina	m ²	50
Konstrukční systém podlaží	Za studena tvářená ocel	kg/m ²	50
Podlahová deska	Minerální vlna	m ²	50
	OSB deska	m ²	50
	Sádrokarton	m ²	50
Stropní úpravy	Malba	m ²	10

Aby byla splněna funkční jednotka, musejí být některé materiály během celkové životnosti vyměněny nebo opraveny podle předem stanoveného postupu.

3.2.4.3 Možnosti, postupy a předpoklady

Za účelem naplnění informace týkající se životního prostředí je ve všech modulech zapotřebí definovat předpoklady a možný vývoj.

Funkční jednotka se týká časového rozpětí 50ti let. To znamená, že každý materiál v makro-komponentech musí splnit tento požadavek. Proto je materiál s předpokládanou životností méně než 50 let třeba nahradit během tohoto období. Proto se předpokládají různé možnosti a scénáře pro každý materiál za účelem

dodržení časového rozpětí analýzy. Stejně tak ve fázi na konci životnosti má každý materiál jiné cíle podle jeho přirozených vlastností. Tudíž je pro každý materiál na konci jeho životnosti uvažován jiný scénář při kterém se berou v úvahu jeho vlastnosti.

Všechny výše uvedené scénáře jsou stanoveny v souladu s pravidly stanovenými v EN 15643-2 a ČSN EN 15978 .

3.2.4.3.1 Scénář pro přepravu materiálů (Moduly A4 a C2)

Přepavní vzdálenosti mezi výrobními závody na stavenišťem (modul A4) a vzdálenosti mezi místem demolice a příslušným místem pro recyklaci/likvidaci (modul C2) jsou uvažovány ve výchozím nastavení na 20 km a přeprava je zajišťována vozem s možným zatížením až 22 tun. Nicméně, projektant je schopen určit jiné vzdálenosti, což umožňuje přesnou analýzu, která může být provedena i ve vztahu k přepravě různých materiálů.

3.2.4.3.2 Scénáře a možnosti pro fázi užívání (Moduly B1:B7)

Scénáře a možnosti jsou předem definovány pro rozdílné materiály za účem splnění požadovaného časové rozpětí 50 let. Tudíž jsou k dispozici další scénáře a možnosti ve vztahu k výše zmiňovaným skupinám makro-komponent:

- náhrada keramických dlaždic každých 25 let
- vymalování stropu každých 10 let

3.2.4.3.3 Scénáře pro fázi konce životnosti (Moduly C1:C4) a recyklaci (Modul D)

OSB desky jsou spalovány v elektrárnách na biomasu (80%) a její hodnoty jsou převedeny na energetické využití. Ocel se také recykluje a obecně je uvažována míra její recyklace na 90% a její hodnoty jsou uloženy v čistém šrotu na konci procesu životního cyklu. Stejně tak je i minerální vlna recyklována (80%). Nicméně vzhledem k nedostatku dat recyklačního procesu nejsou získány žádné další hodnoty kromě snížení jejího odpadu, který je poté skládkován.

Tabulka 3.6: EOL možnosti pro materiály

Materiál	Scénář, možnost recyklace/likvidace	Hodnoty
Keramické dlaždice	Skládkování (100%)	-
Betonová mazanina	Skládkování (100%)	-
Sádkartónové desky	Skládkování (100%)	-
Minerální vlna	Recyklace (80%)+Skládkování(20%)	-
OSB	Spalování (80%)+Skládkování (20%)	Hodnoty díky obnově energie
Nízko-hmotnostní ocel	Recyklace (90%)+Skládkování(10%)	Hodnoty díky čistému šrotu

Všechny zbývající materiály mají být zaslány na skládku inertních materiálů.

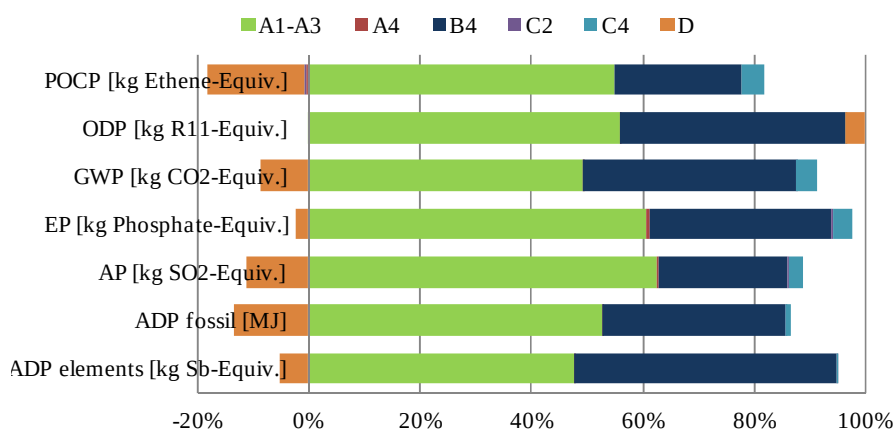
3.2.4.4 Enviromentální(ekologická)analýza

Výsledky skupin makro-komponent zabrazených v Tabulce 3.4 jsou uvedeny v Tabulce 3.7. na m².

Tabulka 3.7: Enviromentální analýza životního cyklu makro-komponent (na m²)

Kategorie dopadu	A1-A3	A4	B4	C2	C4	D	CELKEM
ADP elem. [kg Sb-Eq.]	1.86E-03	6.59E-09	1.83E-03	5.76E-09	5.93E-07	-1.96E-04	3.49E-03
ADP fossil [MJ]	1.31E+03	2.45E+00	8.12E+02	2.14E+00	2.31E+01	-	1.82E+03
AP [kg SO ₂ Eq.]	2.47E-01	7.91E-04	9.14E-02	6.85E-04	1.01E-02	-4.45E-02	3.05E-01
EP [kg PO ₄ Eq.]	2.61E-02	1.82E-04	1.40E-02	1.57E-04	1.54E-03	-1.01E-03	4.09E-02
GWP [kg CO ₂ Eq.]	8.38E+01	1.77E-01	6.48E+01	1.54E-01	6.80E+00	-	1.41E+02
ODP [kg R11 Eq.]	2.80E-06	3.09E-12	2.04E-06	2.70E-12	1.27E-09	1.76E-07	5.01E-06
POCP [kg Ethene Eq.]	3.41E-02	-2.58E-04	1.43E-02	-2.23E-04	2.62E-03	-1.07E-02	3.98E-02

Příspěvek analýzy jednotlivých modulů je zobrazen na Obrázku 3.3. Moduly A1-A3 převažují pro všechny kategorie dopadu (nad 50% pro všechny enviromentální kategorie), které jsou následované Modulem B4 s příspěvkem pohybujícím se od 10% do 20%. Modul D má také významný příspěvek (téměř 10%) pro všechny kategorie dopadu. Méně významný je příspěvek Modulu C4 (blíží se 5% v některých případech), který je následován zbývajícími moduly se zanedbatelnou důležitostí.



Obr. 3.3: Enviromentální dopady životního cyklu pro makro-komponenty (na m²)

Všechny makro-komponenty byly vypočteny obdobným způsobem. Jak již bylo uvedeno, tyto makro-prvky umožňují provést analýzu životního cyklu na úrovni prvku nebo na úrovni budovy.

3.3 Algoritmus pro vyčíslení energie (fáze užívání)

3.3.1 Úvod

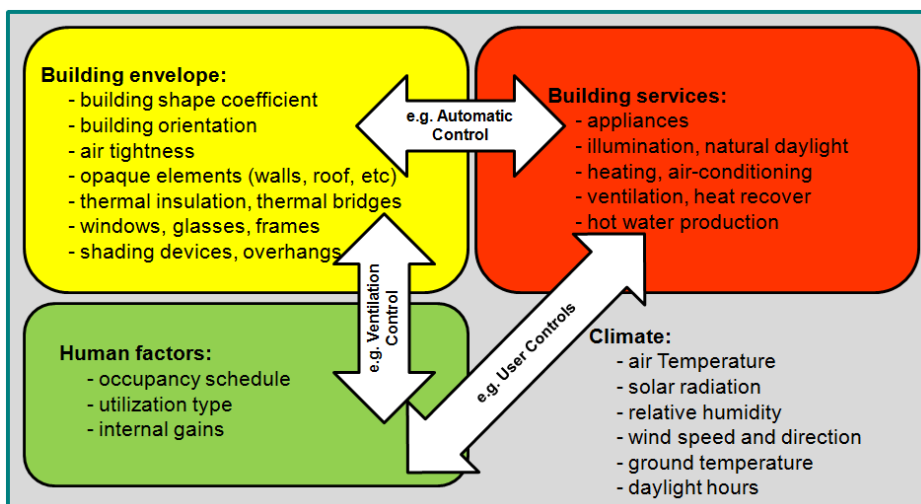
Jak již bylo zmíněno norma EN 15978 (2011) přiřazuje všechny potenciální dopady na životní prostředí všech aspektů souvisejících s budovou po celou dobu jeho životního cyklu (výroba materiálů, používání, konec životnosti a opětovné použití, obnova a potenciál recyklace) v modulárním systému-systému modulů. Podle tohoto systému odpovídá modul B6 použití provozní energie tedy energetické náročnosti budov (energetické spotřebě).

Hranice modulu B6 musí být v souladu s EPBD prostřednictvím EN15603 (2008) a zahrnuje energii používanou pro vytápění, chlazení, zásobování teplou vodou, větrání, osvětlení a pomocné systémy.

Zjednodušený přijatý přístup je založen na vlastnostech budovy a jejího instalovaného zařízení. Zabývá se vyčíslováním potřeb energie pro vytápění, chlazení a zásobování teplou vodou. Potřeba energie na mechanické větrání a osvětlení není určena, protože tyto dvě složky nejsou v přímém vztahu ke konstrukčnímu systému budovy. Výpočet spotřeby vytápění a chlazení sleduje měsíční kvazi-ustálený stav pomocí ISO 13790 (2008). Tato norma se vztahuje na všechny aspekty složek tepla zahrnutých do tepelných výpočtů a poskytuje korelační součinitele beroucí v úvahu dynamické tepelné účinky. Potřeby energie pro přípravu teplé domácí vody (v teplovodním systému) se vypočítá podle ČSN EN 15316-3-1 (2007).

3.3.2 Umístění budovy a podnebí

Za účelem výpočtu provozní energie budovy během její fáze životnosti je potřeba vzít v úvahu nejvíce ovlivňující proměnné spojené s tepelným chováním a energetickou účinností budovy.

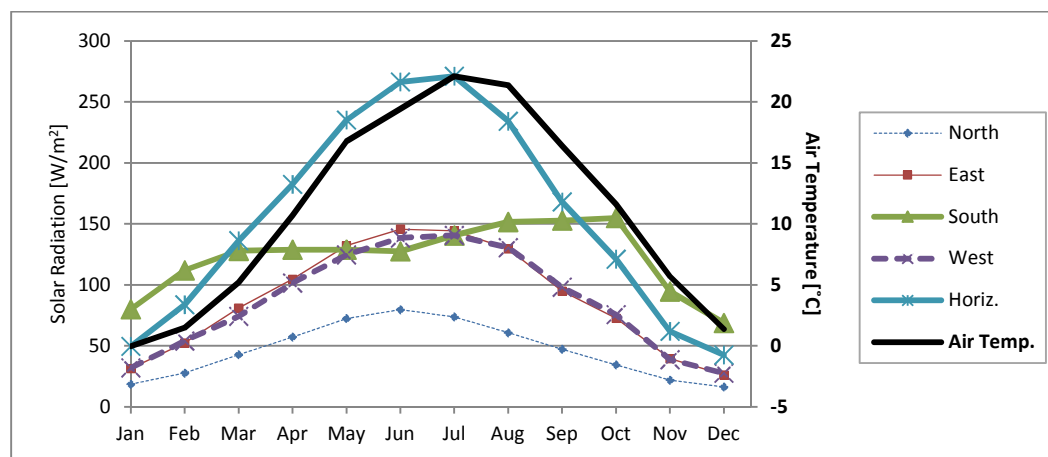


Obr. 3.4: Hlavní klíčové faktory s vlivem na energetickou spotřebu budovy (Santos et al., 2012)

Tyto parametry by mohly být rozděleny do čtyř skupin, jmenovitě: podnebí, plášť budovy, obsluha budovy a lidské faktory jak je zobrazeno na Obr.3.5. Většina z těchto faktorů je uvažována v algoritmu, jak je detailněji popsáno v následujících odstavcích. Umístění budovy má z hlediska klimatických podmínek zásadní význam ve výpočtech tepelného chování (Santos et al., 2011,2012). Co se týče této záležitosti musí být definovány dva hlavní klimatické parametry, aby mohl být proveden výpočet energetické potřeby:

- i) Teplota vzduchu
- ii) sluneční záření na zemský povrch s udanou orientací

Obr.3.5.Graficky znázorňuje průměrné měsíční údaje pro město Timisoara v Rumunsku



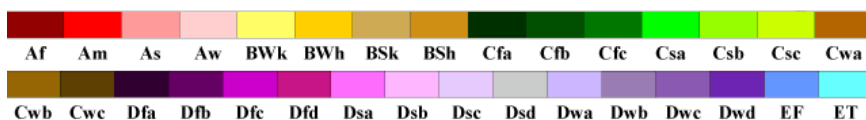
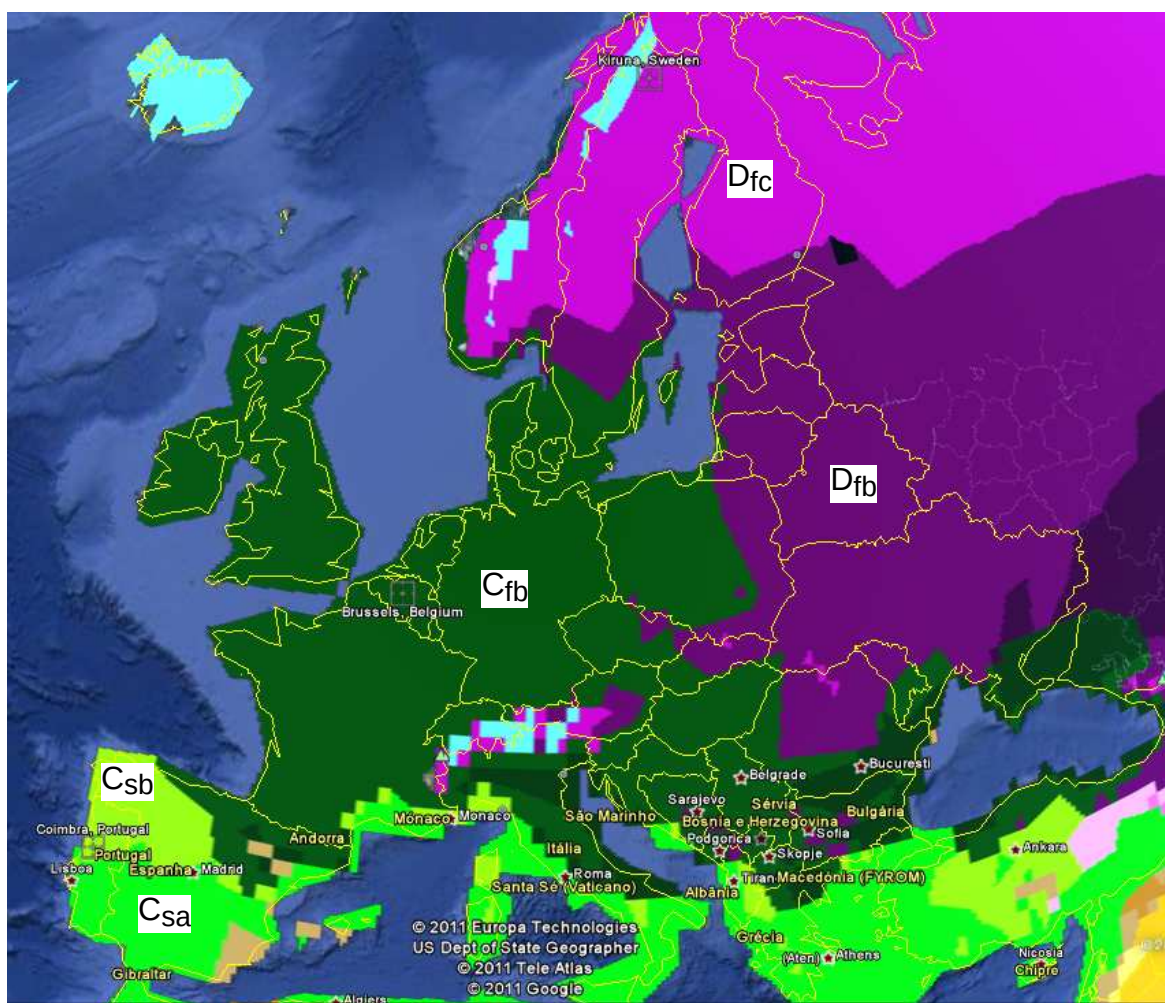
Obr.3.5: Průměrná měsíční vnější teplota vzduchu a dopadající sluneční záření:Timisoara (RO)

Tato metodologie je v současné době kalibrována pro pět klimatických regionů (klasifikovaných podle stupnice Köppen-Geiger): (i) Csa; (ii) Csb; (iii) Cfb; (iv) Dfb; (v) Dfc.

Klimatická klasifikace Köppen-Geiger je jednou z nejčastěji používaných klimatických klasifikačních systémů (Kottek et al., 2006). Obr 3.7 představuje klasifikaci klimatu Köppen-Geiger pro Evropu. Je jasně vidět důležitost zeměpisné šířky, výšky přítomnost pobřeží poblíž na klima v těchto regionech. V regionech s nižších zeměpisných šířkách (pod 45°N) (jižní Evropa například země Středomoří) je klima označeno jako Csa a Csb , tedy "C - mírná " s " L - letní suché" a " - horké léto " nebo " b - teplé léto ".

Nad těmito zeměpisnými šířkami (mezi 45-55°) tj. země západní a střední Evropy je klima charakterizováno jako Cfb, to zn. "C - mírné" s "f-vysokou vlhkostí" a "b-horké léto". Ve východoevropských zemích (daleko od pobřeží Atlantského ocelánu) je klima stanovené jako Dfb, to zn. "D-sníh" s "f-vysokou vlhkostí" a "b-

horké léto”. V oblastech s vyššími zeměpisnými šířkami (nad 55N⁰) tj. v zemích severní Evropy je podnebí označované jako Dfc to zn. “D-sníh” a “f-vysokou vlhkostí” a “c-studené léto”. Toto podnebí má určité podobnosti se zeměmi východní Evropy, ale hlavní odlišností je zde studenější léto.



Main climates

A: equatorial
B: arid
C: warm temperate
D: snow
E: polar

Precipitation

W: desert
S: steppe
f: fully humid
s: summer dry
w: winter dry
m: monsoonal

Temperature

h: hot arid
k: cold arid
a: hot summer
b: warm summer
c: cool summer
d: extremely continental
F: polar frost
T: polar tundra

Obr.. 3.6: Evropská mapa klasifikace klimatu Köppen-Geiger (Kottek et al., 2006; Google Earth, 2014).

Databáze s meteorologickými údaji pro různé evropské lokality bude také zahrnuta. Tabulka 3.8 předkládá seznam 48 měst, pro které již byly tyto informace získány. Většina těchto informací byla získána v EnergyPlus tj. v energetickém simulačním softwaru databáze počasí (EERE–USDOE, 2014) a zbývající údaje byly poskytnuty výzkumem partnerů projektu.

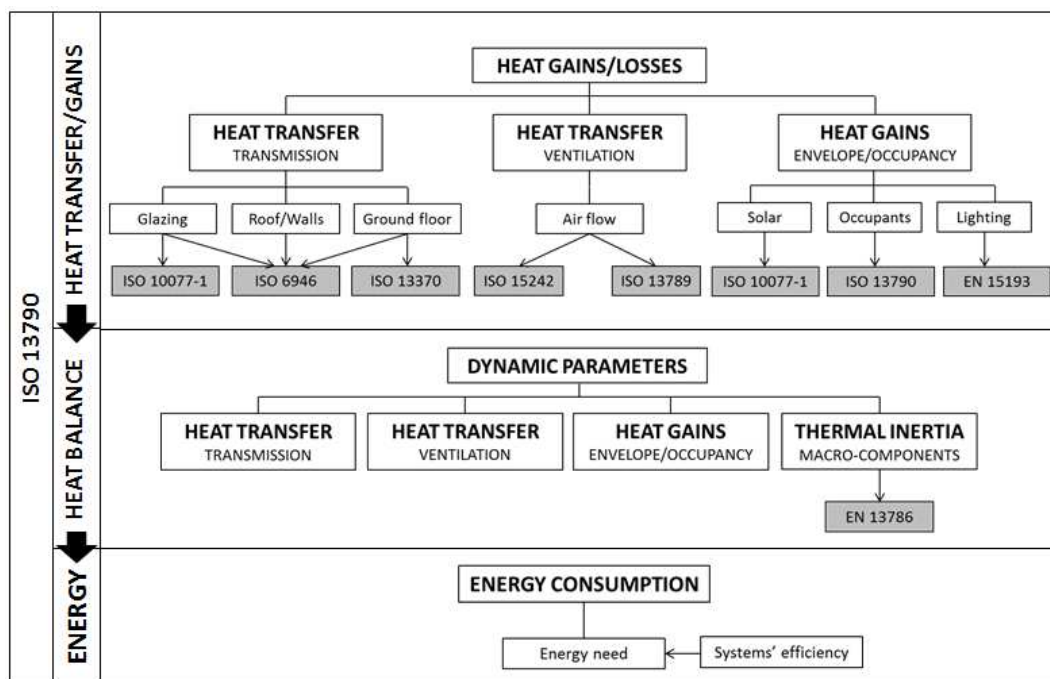
Tabulka 3.8: Seznam území se získanými údaji o počasí

Město	Země	Klimatický region	Zeměpisná šířka
Amsterdam	Nizozemsko	Cfb	52
Ankara	Turecko	Csb	39
Arhangelsk	Rusko	Dfc	64
Athens	Řecko	Csa	37
Barcelona	Španělsko	Csa	41
Berlin	Německo	Cfb	52
Bilbao	Španělsko	Cfb	43
Bratislava	Slovensko	Cfb	48
Brussels	Belgie	Cfb	50
Bucharest	Rumunsko	Cfa	44
Coimbra	Portugalsko	Csb	40
Genova	Itálie	Csb	44
Graz	Rakousko	Dfb	47
Hamburg	Německo	Cfb	53
Helsinki	Finsko	Dfb	60
Istanbul	Turecko	Csa	40
Kiev	Ukrajina	Dfb	50
Kiruna	Švédsko	Dfc	67
La Coruña	Španělsko	Csb	43
Lisbon	Portugalsko	Csa	38
Ljubljana	Slovinsko	Cfb	46
London	Anglie	Cfb	50
Madrid	Španělsko	Csa	40
Marseille	Francie	Csa	43
Milan	Itálie	Cfb	45
Minsk	Bělorusko	Dfb	53
Montpellier	Francie	Csa	43
Moscow	Rusko	Dfb	55
Munich	Německo	Cfb	48
Nantes	Francie	Cfb	47
Nice	Francie	Csb	43
Oslo	Norsko	Dfb	59
Ostersund	Švédsko	Dfc	63
Paris	Francie	Cfb	48

Porto	Portugalsko	Csb	41
Prague	Česká Republika	Cfb	50
Rome	Itálie	Csa	41
Salamanca	Španělsko	Csb	40
Sanremo	Itálie	Csb	43
Sevilla	Španělsko	Csa	37
Stockholm	Švédsko	Dfb	59
Tampere	Finsko	Dfc	61
Thessaloniki	Řecko	Cfa	40
Timisoara	Rumunsko	Cfb	45
Vienna	Rakousko	Dfb	48
Vigo	Španělsko	Csb	42
Warsaw	Polsko	Dfb	52
Zurich	Švýcarsko	Cfb	47

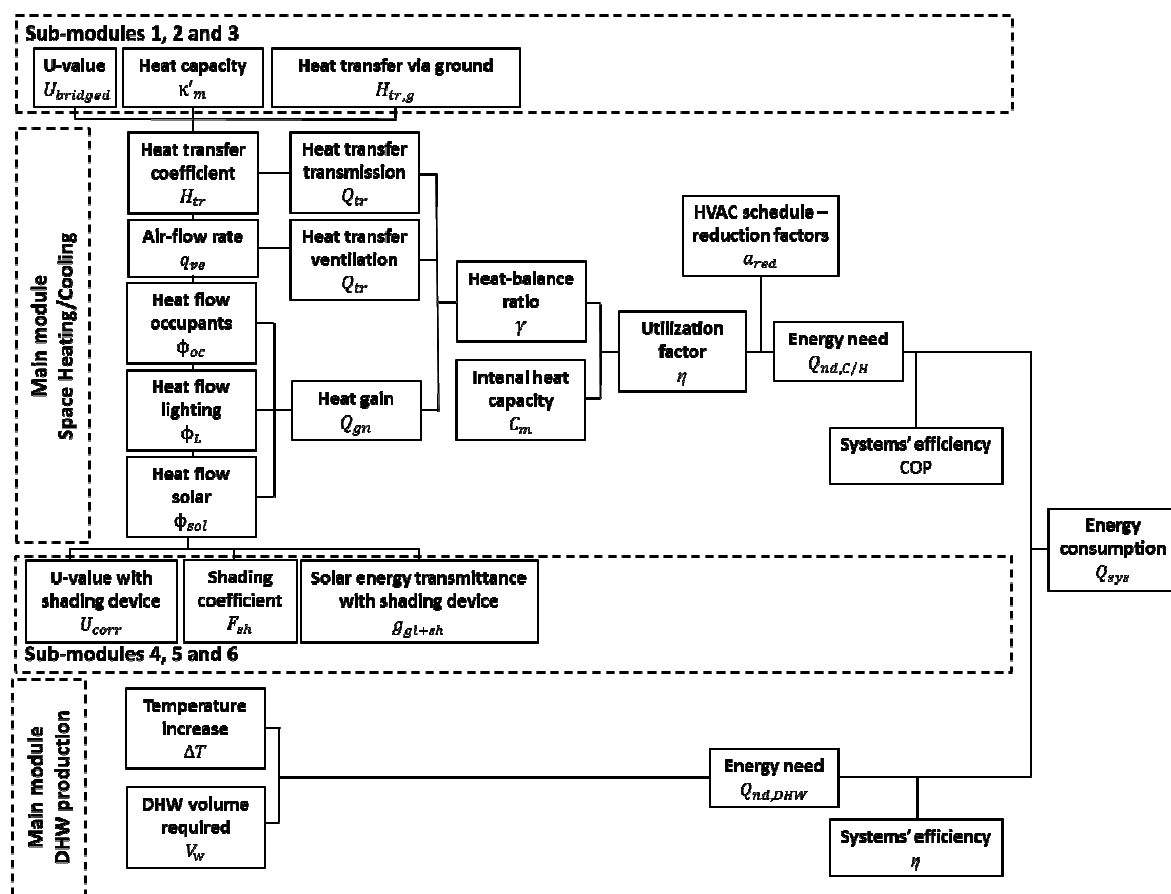
3.3.3 Metoda výpočtu energetické potřeby

Přijatý přístup umožňuje výpočet potřeby energie na měsíční bázi pro vytápění, chlazení a přípravu teplé vody. Za účelem určení příspěvku každého vstupu zahrnutého do tepelných výpočtů je nezbytné opírat se o několik položek a parametrů, jak je znázorněno na Obr.3.8 (pro chlazení a vytápění).



Obr. 3.7: Referenční položky a vývojový diagram algoritmu pro prostorovou klimatizaci

Jak vyplynulo ze zjištění z Obr.3.8 je ISO 13790 (2008) hlavní použitou normou, která se zaměřuje na tyto specifické výpočty. Vezmeme-li v úvahu význam a důležitost výroby teplé vody v celkové energetické spotřebě budovy, a to především pro obytné budovy, je také důležité odhadnout její celkový podíl. Jak již bylo zmíněno dříve, provádí se to pomocí EN15316-3-1 (2007). Postup a struktura algoritmu použitého pro výpočet potřeby energie je uveden na obrázku.3.9.



Obr. 3.8: Graf výpočtů energetické spotřeby budovy

Dílčí moduly 1 a 2, čemuž odpovídá hodnota U a tepelné kapacity prvků pláště budovy byly dříve vypočteny pro makro-prvky (komponenty) zvolené uživatelem. Dílčí modul 3 zahrnuje přenos tepla skrz půdu. Dílčí moduly 4, 5 a 6 se zabývají dílčími sestavami použitých pro výpočet účinků stínících zařízení a zastínění díky tvaru půdorysu. Ale v aktuální verzi AMECO jsou uvažovány pouze obdélníkové půdorysy.

3.3.3.1 Energie potřebná pro prostorové vytápění a chlazení

Vztahy 3.6 a 3.7 jsou vztahy definované ISO 13790 (2008) pro vyčíslení měsíční (m) energetické potřeby za předpokladu stálého (*kont.*) provozu.

$$Q_{H,nd,cont,m} = (Q_{H,tr,m} + Q_{H,ve,m}) - \eta_{H,gn,m} \cdot Q_{H,gn,m}$$

Eq. (3.6)

$$Q_{C,nd,cont,m} = Q_{C,gn,m} - \eta_{C,ls,m} \cdot (Q_{C,tr,m} + Q_{C,ve,m})$$

Eq. (3.7)

kde

$Q_{H,nd}$, je potřebná energie pro vytápění (kWh);

$Q_{C,nd}$, je potřebná energie pro chlazení (kWh);

Q_{tr} , je celkový přenos tepla vedením (kWh);

Q_{ve} , je celkový přenos tepla sáláním (kWh);

$\eta_{H,gn}$, je ziskový součinitel(-);

$\eta_{C,ls}$, je ztrátový součinitel (-).

Postup a metodika, jak vypočítat všechny tyto části potřeby energie je rozvedena v následujících kapitolách .

3.3.3.1.1 PŘENOS TEPLA VEDENÍM

Tepelná bilance budovy zahrnuje všechny druhy přenosu tepla vedením:

- (i) stěny
- (ii) střecha
- (iii) vnější podlaží a plochy (jestli se vyskytují);
- (iv) zasklení (sklo+orámování);
- (v) přízemí

Přenos tepla vedením pro typy i) až iv) se provádí s ohledem na převodní mechanismus bez celkových účinků (implicitně), a proto jsou tepelné ztráty nebo zisky přímo úměrné rozdílu teplot mezi interiérem a venkovním prostředím a také součiniteli prostupu tepla jednotlivých prvků, jak lze vyčíst z (3.8), Eq. (3.9) a rovnice (3.10). Přenos tepla vedením do terénu/půdy implicitně zahrnuje účinky setrvačnosti terénu. To znamená, že koeficient prostupu tepla se vypočítá jiný postupem než pro ostatní složky viz.(3.11) .

$$Q_{tr} = H_{tr,adj}(\theta_{int,sec} - \theta_e) \cdot t$$

Eq. (3.8)

$$H_{tr,adj} = H_{D,W} + H_{D,R} + H_{D,EF} + H_{D,Gl} + H_{GF}$$

Eq. (3.9)

$$H_D = \sum_i A_i \cdot U_i$$

Eq. (3.10)

$$H_{GF} = b_{tr,g} \cdot A_i \cdot U_{GF}$$

Eq. (3.11)

Kde je,

 Q_{tr} , celkový přenos tepla vedením (kWh); $H_{tr,adj}$, koeficient celkového přenosu tepla(W/K); $\theta_{int,sec,H}$ a $\theta_{int,sec,C}$, nastavené hodnoty teplot pro módy vytápění a chlazení jednotl.oblastí budovy v (°C); t , měsíční doba udána v ISO 13790 (Ms); H_D , koeficient přenosu tepla vedením do vnějšího prostředí (W/K), zkrz stěny:; $H_{D,W}$; roof, $H_{D,R}$;vnější podlaží a plochy, $H_{D,EF}$; prosklené prvky, $H_{D,Gl}$; H_{GF} , koeficient přenosu tepla vedení do půdy (W/K); $b_{tr,g}$, součinitel půdní úpravy (W/K); A_i , plocha prvku i (m²); U_i , součinitel prostupu tepla prvku i (W/m².K); U_{GF} , součinitel prostupu tepla prvku systému deska + půda/terén (W/m².K).

Parametry spojené s časem použité ve výpočtech byly získány v ISO13790

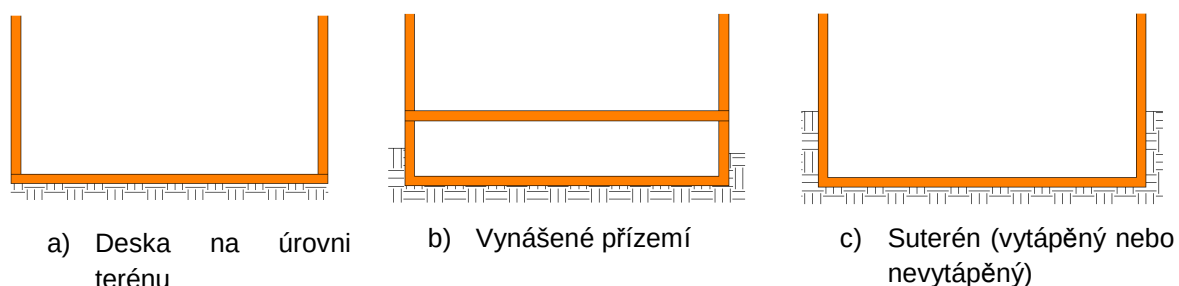
Tabulka 3.9: Hodnoty spojené s časem

	LED	ÚNO	BŘE	DUB	KVĚ	ČER	ČVC	SRP	ZÁŘ	ŘÍJ	LIS	PRO
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Délka měsíce, t (Ms)	2.6784	2.4192	2.6784	2.5920	2.6784	2.5920	2.6784	2.6784	2.5920	2.6784	2.5920	2.6784
Počet dní (days)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Počet prac.dní (days)	23	20	21	22	23	20	23	22	21	23	21	22

Všechny koeficienty prostupu tepla, kromě těch, které se týkají přenosu tepla terénem, jsou vypočteny v souladu s ČSN EN ISO 6946:2007.

Přenos tepla do terénu

Přenos tepla do terénu je vyčíslen zvlášť pro každý typ přízemí, jak je zobrazeno na obr. 3.10.



Obr 3.9: Typy přízemí

Množství tepla převedeného do (nebo z) terénu se vypočítá úpravou koeficientu prostupu tepla, aby bylo možné vzít v úvahu dodatečné izolování prostřednictvím terénu. Mimo jiné je koeficient přenosu tepla také upraven tak, aby zahrnoval míru měsíčního tepelného toku, který je vypočten se zahrnutím účinků setrvačnosti terénu. Přijaté tepelné vlastnosti terénu jsou uvedeny v Tabulce 3.10.

Tabulka 3.10: Tepelné vlastnosti terénu (ISO 13370:2007)

	Tepelná vodivost λ [W/(m·K)]	Tepelná kapacita na jedn.objemu ρc [MJ/(m ³ ·K)]
Jíl nebo prach	1.5	3.00
Písek nebo štěrk	2.0	2.00
Homogenní skála	3.5	2.00
Výchozí	2.0	2.00

Přenos tepla skrz okna

Algoritmus obsahuje databázi průměrných hodnot optických a tepelných vlastností pro několik typů okenic (EN 15193), jak je uvedeno v Tabulce 3.11, kde $g_{gl,n}$ je prostup (propustnost) solární energie záření kolmo k zasklení a U_{Gl} je součinitel prostupu tepla oknem.

Tabulka 3.11: Výchozí hodnoty pro optické a tepelné vlastnosti oken

Typ otvírání	$g_{gl,n}$	U_{Gl}
Jednoduché zasklení	0.87	5.8

Dvojité zasklení	0.78	2.9
Dvojité zasklení nízké emisivity 1	0.72	1.7
Dvojité zasklení nízké emisivity 2	0.67	1.4
Dvojité zasklení nízké emisivity 3	0.65	1.2
Trojité zasklení	0.7	2.0
Trojité zasklení nízké emisivity 1	0.5	0.8
Trojité zasklení nízké emisivity 2	0.5	0.6

Přenos tepla zkrz okna je vypočten vztahem 3.10. Pakliže se vezme v úvahu pozitivní vliv stínícího zařízení aktivovaného během noci, je nezbytné upravit součinitel prostupu tepla. Upravený součinitel prostupu tepla $U_{Gl,corr}$ in $W/m^2.K$ se získá pomocí:

$$U_{Gl,corr} = U_{Gl+shut} \cdot f_{shut} + U_{Gl} \cdot (1 - f_{shut})$$

Eq. (3.12)

Kde je

$U_{Gl+shut}$, součinitel prostupu tepla oknem společně s roletou (clonou) v ($W/m^2.K$);

f_{shut} , bezrozměrný podíl akumulovaného teplotního rozdílu pro období s roletou (clonou)

U_{Gl} , sloučinitel prostupu tepla oknem bez rolety (clony)

Prostup tepla oknem s aktivovaným stínícím zařízením $U_{Gl+shut}$ je vypočten z rovnosti:

$$U_{Gl+shut} = \frac{1}{\frac{1}{U_{Gl}} + R_{sh} + \Delta R}$$

Eq. (3.13)

Kde

R_{sh} , je tepelný odpor rolety (clony) v ($m^2.K/W$);

ΔR , je dodatečný tepelný odpor pro specifickou průvzdušnost rolety (clony) v ($m^2.K/W$).

Výchozí hodnoty pro R_{sh} a ΔR jsou v algoritmu poskytnuty a byly převzaty z ISO 10077-1 (2007). Tyto hodnoty závisí na typu materiálu rolet (clon) a jejich vzdušné propustnosti (průvzdušnosti), jak je zobrazeno v Tabulce 3.12.

Tabulka 3.12 -Tepelný odpor rolet(clon)

Typ rolety,clony	R_{sh} [m ² .K/W]	Vzdušná propustnost		
		Vysoká/Velmi vysoká	Průměrná	Nízká
		ΔR [m ² .K/W]		
Vnější hliníková posuvná roleta (bez izolace)	0.01	0.00	0.12	0.00
Vnější neprůhledné dřevěné zařízení (no insulation)	0.10	0.00	0.16	0.00
Vnější dřevěná posuvná roleta (no insulation)	0.10	0.00	0.16	0.00
Vnější plastová posuvná roleta (no insulation)	0.10	0.00	0.16	0.00
Vnější dřevěné benátské žaluzie	0.01	0.09	0.00	0.00
Vnější kovové benátské žaluzie	0.01	0.09	0.00	0.00
Vnější neprůhledné posuvné žaluzie	0.01	0.09	0.00	0.00
Vnější průsvitné posuvné žaluzie	0.01	0.09	0.00	0.00
Vnitřní roleta	0.01	0.00	0.00	0.24
Vnitřní neprůhledné závěsy	0.00	0.00	0.00	0.00
Vnitřní průhledné závěsy	0.00	0.00	0.00	0.00
Vnitřní neprůhledné dřevěné zařízení	0.10	0.00	0.00	0.31
Posuvné rolety s pěnovou výplní	0.15	0.00	0.19	0.00
Dřevěné rolety tloušťky od 25mm do 30mm	0.20	0.00	0.22	0.00

Bezrozměrný podíl akumulovaného teplotního rozdílu na dobu s roletou (clonou) f_{shut} představený v nástrojích bylo odvozen z hodinových hodnot.

3.3.3.1.2 PŘENOS TEPLA SÁLÁNÍM

Jedním typem pasivních technik chlazení/vytápění je stanovit nejvýhodnější podmínky větrání v budově s cílem optimalizovace tepelných výkonů budovy. V zimním období je výhodné snížit průtok přiváděného vzduchu tak, aby se snížily tepelné ztráty, zatímco v létě může být výhodné zvýšit výměnu vnitřního vzduchu, jestliže je příhodná venkovní teplota, která umožňuje profitovat z těchto pasivních technik. To znamená, že algoritmus umožňuje definovat různou míru vytápění a chlazení průtoku vzduchu.

Metodologie beroucí v úvahu přenos tepla větráním je popsána v normě ISO 13790, 2008 odstavec 9.3 a je zobrazena v následujících vztazích

$$Q_{ve} = H_{ve,adj}(\theta_{int,sec} - \theta_e) \cdot t$$

Eq. (3.14)

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left(\sum_k b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn} \right)$$

Eq. (3.15)

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \cdot q_{ve,k}$$

Eq. (3.16)

Kde ,

- $\rho_a \cdot c_a$, je tepelná kapacita vzduchu na jednotku objemu v (J/m³.K);
 $q_{ve,k,mn}$, je časová míra průměrného průtoku vzduchu prvkem k v (m³/s);
 $b_{ve,k}$, je teplotní součinitel průtoku vzduchu prvku k (-).

Není-li přítomen systém předehřevu (například jednotka rekuperace tepla), potom je součinitel nastavení teploty $b_{ve,k}$ roven 1. V případě že je budovy vybavené rekuperační jednotky (jednotkou rekuperace tepla) pak :

$$b_{ve,k} = (1 - f_{ve,frac,k} \cdot \eta_{hru})$$

Eq. (3.17)

kde,

- $f_{ve,frac,k}$, je část průtoku vzduchu prvku k jdoucí skrz jednotku rekuperace tepla
 η_{hru} , je účinnost jednotky rekuperace tepla.

3.3.3.1.3 VNITŘNÍ TEPELNÉ ZISKY

Teplo vytvářené uživateli a zařízeními budovy se vypočítá prostřednictvím vnitřních zisků. To je důležitý fakt v tepelné bilanci budovy. Algoritmus je schopen pracovat s uživatelskými daty nebo s výchozími hodnotami (převzatých z normy ISO 13790 : 2008). Vzorec použitý pro výpočet tepelných zisků prostřednictvím vnitřních zdrojů tepla je:

$$Q_{int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} \right) \cdot t + \left(\sum_k (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \right) \cdot t$$

Eq. (3.18)

Kde jsou

- $\Phi_{int,mn,k}$, časová průměrná míra průtoku tepla z vnitřního zdroje k ve (W);
 $\Phi_{int,mn,u,l}$, časová průměrná míra průtoku tepla z vnitřního zdroje l v sousedním neklimatizovaném prostoru (W)
 $b_{tr,l}$, redukční součinitel pro sousední neklimatizovaný prostor
 t , délka měsíce (Ms).

Vnitřní tepelné toky v rámci budovy mohou být produkovány i) uživateli nebo ii) zařízeními. V tabulce 3.13 jsou uvedeny referenční hodnoty pro tepelný tok od osob a spotřebičů.

Table 3.13 Míra tepelného toku od uživatelů a zařízení v obytných budovách (dle ISO 13790, 2008)

Dny	Hodiny	Obývací pokoj+kuchyň ($\Phi_{int,oc} + \Phi_{int,A}$)/ A_f [W/m ²]	Ostatní klimatizované prostory (např. ložnice) ($\Phi_{int,oc} + \Phi_{int,A}$)/ A_f [W/m ²]
Pondělí až Pátek	07:00 to 17:00	8.0	1.0
	17:00 to 23:00	20.0	1.0
	23:00 to 07:00	2.0	6.0
Sobota na Neděle	07:00 to 17:00	8.0	2.0
	17:00 to 23:00	20.0	4.0
	23:00 to 07:00	2.0	6.0

3.3.3.1.4 SOLÁRNÍ TEPELNÉ ZISKY

Tento typ tepelných zisků je další hlavní proměnnou v rovnici tepelné bilance budovy. Obecný vzorec pro výpočet je:

$$Q_{sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) \cdot t + \left(\sum_k (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \right) \cdot t$$

Eq. (3.19)

kde,

$\Phi_{sol,mn,k}$, je průměrná časová míra tepelného toku ze slunečního zdroje tepla k (W);

$\Phi_{sol,mn,u,l}$, je průměrná časová míra tepelného toku ze slunečního zdroje tepla l v sousedním neklimatizovaném prostoru (W)

$b_{tr,l}$, je redukční součinitel pro sousední neklimatizovaný prostor

t , je délka měsíce (Ms).

Je nezbytné vypočítat efektivní sběrnou plochu každého prvku vystaveného slunečnímu záření. Metody uvedené v ISO 13790 (2008) umožňují vzít v úvahu účinek stínících zařízení, zastínění díky konstrukci samotné budovy a další klimatické jevy. Toto je rozvedeno v následujících odstavcích.

Tepelný tok ze solárních zisků je získán z:

$$\Phi_{sol,mn,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}$$

Eq. (3.20)

kde,

 $F_{sh,ob,k}$, je redukční součinitel zastínění pro vnější překážky (-); $A_{sol,k}$, je efektivní sběrná plocha jednotl.prvku k (-); $I_{sol,k}$, je dopadající sluneční záření na 1 m² sběrné plochy k (W/m²); $F_{r,k}$, je součinitel mezi stavebním prvkem k a oblohou (atmosférou) v (-); $\Phi_{r,k}$, je přídatný tepelný tok v důsledku tepelné záření prvku k zpět do atmosféry v (W/m²).

Redukční součinitel zastínění pro vnější překážky $F_{sh,ob,k}$, je v této verzi AMECO zanedbán. Účinná solární sběrná plocha prosklených prvků se vypočítá jako:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}$$

Eq. (3.21)

kde,

 $F_{sh,gl}$, je redukční součinitel zastínění pro pohyblivé stínící úpravy (opatření) v (-); g_{gl} je celkový prostup sluneční energie průhlednou částí prvku v (-) F_F , je plocha části okenního rámu (-) $A_{w,p}$, je celková projektovaná plocha okna (m²).

Je možné vzít v úvahu pozitivní účinek (např. během doby chlazení) stínících zařízení instalovaných v okenicích. Proto je nutné určit redukční součinitel zastínění tohoto stínícího opatření prostřednictvím:

$$F_{sh,gl} = \frac{(1 - f_{sh,with}) \cdot g_{gl} + f_{sh,with} \cdot g_{gl+sh}}{g_{gl}}$$

Eq. (3.22)

kde,

 g_{gl+sh} , je celkový prostup solární energie oknem se stínícím zařízením v provozu

$f_{sh,with}$, je vážená část času se stínícím zařízením v provozu

Přijaté hodnoty pro propustnost slunečního energie oknem s aktivovaným zastíněním g_{gl+sh} jsou uvedeny v Tabulce 3.14 a byly získány od RCCTE (2006).

Tabulka 3.14: Prostup sluneční(solární)energie oknem s aktivovaným zastíněním, g_{gl+sh}

Typ stínícího zařízení	Barva stínícího zařízení		
	Světlá	Střední	Tmavá
Vnější neprůhledné dřevěné zařízení (bez izolace)	0.03	0.05	0.06
Vnější dřevěná posuvná roleta (bez izolace)	0.04	0.05	0.07
Vnější hliníková posuvná roleta (bez izolace)	0.04	0.07	0.09
Vnější plastová posuvná roleta (bez izolace)	0.04	0.07	0.09
Vnější dřevěné benátské žaluzie	0.08	0.08	0.08
Vnější kovové benátské žaluzie	0.09	0.09	0.09
Vnější neprůhledné posuvné žaluzie	0.04	0.06	0.08
Vnější průsvitné posuvné žaluzie	0.16	0.18	0.2
Vnitřní roleta(clona)	0.47	0.59	0.69
Vnitřní neprůhledné závěsy	0.37	0.46	0.55
Vnitřní průhledné závěsy	0.39	0.48	0.58
Vnitřní neprůhledné dřevěné zařízení	0.35	0.46	0.58
Vnější plastové posuvné rolety (s izolací)	0.04	0.07	0.09
Dřevěné rolety tloušťky od 25mm do 30mm	0.04	0.05	0.07

Vážený časový podíl se zastíněním v provozu $f_{sh,with}$ je vypočten pro každou orientaci a je založený na hodinových hodnotách slunečního záření (stanovených pomocí *EnergyPlus*, který vychází z modelu Perez pro provádění solárních výpočtů). To je část času, kdy je sluneční záření nad nastaveným bodem v dané orientaci.

V případě okna s bezrozptylovým sklem a bez jakéhokoliv opatření pro zastínění je celkový prostup sluneční energie g_{gl} vypočten podle:

$$g_{gl} = g_{gl,n} \cdot F_w$$

Eq. (3.23)

Kde

F_w , je opravný součinitel pro bezrozptylové zasklení (-)

$g_{gl,n}$, je prostup sluneční energie pro záření kolmo k zasklení nebo SHGC(-)

Nicméně v případě, že jsou stínící zařízení v okně použity nebo v případě, že sklo je rozptylové, je pak nutno počítat časovou průměrnou sluneční propustnost (prostup) založenou na váženém součtu přímých a difúzních částí slunečního záření. Tento parametr se vypočítá na měsíčním základu prostřednictvím rovnice. (3.24).

$$g_{gl} = a_{gl} \cdot g_{gl,alt} + (1 - a_{gl}) \cdot g_{gl,dif}$$

Eq. (3.24)

$$alt_g = \frac{\sum_1^n \alpha_i \cdot I_{dir,i}}{\sum_1^n I_{dir,i}}$$

Eq. (3.25)

$$a_{gl} = \frac{\sum_1^n I_{dir,i}}{\sum_1^n I_{sol,i}}$$

Eq. (3.26)

Kde

a_{gl} , je váhový součinitel závislý na poloze (orientaci, sklonu) okna, podnebí a ročním období (-) ;

$g_{gl,alt}$, je prostup sluneční energie pro sluneční záření z dané nadmořské výšky alt_{gl} vyjadřující polohu (orientaci, sklon) okna, podnebí a roční období (-) ;

$g_{gl,dif}$, je prostup sluneční energie pro izotropní difúzní sluneční záření (-) ;

$I_{dir,i}$, je přímé střední sluneční záření v hodinách i (W/m^2);

I_{sol} , je celková střední hodnota slunečního záření v hodinách i (W/m^2);

α_i , je solární úhel dopadu ($^\circ$);

n , je počet hodin v měsíci

Přímé a celkové sluneční záření a solární úhel dopadu, $I_{dir,i}$, I_{sol} a α_i byly získány prostřednictvím *EnergyPlus*, který vychází z modelu Perez pro provádění solárních výpočtů.

Plocha části okenního rámu F_F je vypočtena prostřednictvím normy ISO 10077-1 (2006). Hodnoty 0.2 nebo 0.3 mohou být také použity a udávají maximální hodnoty

prostupu pro každé okno. Výchozí hodnota pro teplé podnebí 0.3 byla přijata (ISO 13790)

Celková projektovaná plocha okna $A_{w,p}$ zahrnuje zasklení a rámy, protože tepelné vlastnosti okna jsou uvažovány pro celý prvek (sklo a rám). Tuto metodu navíc doporučuje ISO 13789 : 2007 v příloze B

Účinná solární sběrná plocha neprůhledných prvků se vypočítá pomocí rovnice,

$$A_{sol} = \alpha_{S,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c$$

Eq. (3.27)

Kde

$\alpha_{S,c}$, je bezrozměrný koeficient pohltivosti neprůhledného prvku pro sluneční záření

R_{se} , je koeficient tepelné odolnosti vnějšího povrchu neprůhledného prvku, získané z normy ISO 6946:2007 ($m^2 \cdot K/W$)

U_c , je tepelný prostup (přenos) neprůhlednou částí vypočten podle ISO 6946(2007) v ($W/m^2 \cdot K$)

A_c , je projektovaná (k rovině rovnoběžné s povrchem) plocha neprůhledného prvku (m^2)

Bezrozměrný koeficient pohltivosti pro sluneční záření závisí na barvě vnějšího povrchu neprůhledného prvku, jak je ukázáno v následující tabulce (RCCTE, 2006)

Tabulka 3.15: Koeficient pohltivosti pro sluneční záření neprůhledného prvku (RCCTE, 2006)

Barva	$\alpha_{S,c}$
Světlá	0.3
Střední	0.5
Tmavá	0.8

Dopadající sluneční záření $I_{sol,k}$ je střední hodnota měsíčního časového kroku výpočtu. Je zřejmé, že závisí na podnebí, zeměpisné šířce a pozici (orientaci a sklonu).

Tvarový součinitel mezi prvkem a oblohou (vnějším prostředím) $F_{r,k}$ je uvažován jako 1,0 a 0,5 pro nezastíněné vodorovné a svislé prvky.

Tepelné záření do vnějšího prostředí $\Phi_{r,k}$ se vypočítá ze solárních zisků. Tento přenos tepla zářením v důsledku rozdílu teplot mezi povrchem prvku (za

předpokladu, že je shodná s vnější teploty) a vnějším prostředím je popsán vztahem Eq.(3.28).

$$\Phi_{r,k} = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}$$

Eq. (3.28)

kde

h_r , je vnější radiační koeficient přenosu tepla ($W/m^2.K$);

$\Delta\theta_{er}$, je průměrný rozdíl mezi vnější a vnitřní teplotou($^{\circ}C$).

Norma ISO 13790,2008 uvažuje vnější radiační koeficient přenosu tepla h_r ($W/m^2.K$), jako $5.\varepsilon$ (kde ε je emisivita materiálu), což odpovídá průměrné teplotě $10^{\circ}C$ povrchu a vnějšího prostředí

Podle normy ISO 13790 (odstavec 11.4.6) může být uvažován průměrný rozdíl mezi vnější teplotou prostředí a zdánlivou vnější teplotou $\Delta\theta_{er}$ jako $9^{\circ}C$ v sub-polárních oblastech, $13^{\circ}C$ v tropech a $11^{\circ}C$ v mírných oblastech.

3.3.3.1.5 DYNAMICKÉ PARAMETRY

Pro režim vytápění je ziskový faktor využití $\eta_{H,gn,m}$, dán následujícími vztahy:

$$\text{Jestli } \gamma_H > 0 \text{ a } \gamma_H \neq 1, \text{ pak: } \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}}$$

Eq. (3.29)

$$\text{Jestli } \gamma_H = 1, \text{ pak: } \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H+1}$$

Eq. (3.30)

$$\text{Jestli } \gamma_H < 0, \text{ pak: } \eta_{H,gn} = \frac{1}{\gamma_H}$$

Eq. (3.31)

kde

$\gamma_H = Q_{H,gn}/Q_{H,ht}$ je poměr tepené bilance

$a_H = a_{H,0} + \tau/\tau_{H,0}$ je bezrozměrný parametr

$\tau = C_m/H$ je časová konstanta oblasti budovy a bere v úvahu tepelnou setrvačnost budovy a přenos tepla prostupem a větráním

$a_{H,0}$ and $\tau_{H,0}$ jsou bezrozměrné parametry o hodnotách 1 a 15 (hodnoty z ISO 13790)

Součinitel měsíčního využití pro režim chlazení je získán prostřednictvím následujícího vztahu:

$$\text{Jestli } \gamma_C > 0 \text{ a } \gamma_C \neq 1, \text{ pak: } \eta_{C,Is} = \frac{1 - \gamma_C^{-a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C+1)}}$$

Eq. (3.32)

$$\text{Jestli } \gamma_C = 1, \text{ pak: } \eta_{C,Is} = \frac{a_C}{a_C+1}$$

Eq. (3.33)

$$\text{Jestli } \gamma_C < 0, \text{ pak: } \eta_{C,Is} = 1$$

Eq. (3.34)

Parametry použité pro získání součinitelů využití jsou podobné těm, které jsou uvedené pro režim vytápění, ale s hodnotami odpovídajícími režimu chlazení (bezrozměrné parametry $a_{C,0}$ and $\tau_{C,0}$ jsou také brány jako 1 a 15 v ISO 13790).

Vnitřní hmotnost budovy je zavedena do výpočtů prostřednictvím časové konstanty oblasti budovy τ vyjádřené v hodinách. Tato hodnota se získá:

$$\tau = \frac{C_m}{3600 \cdot (H_{tr,adj} + H_{ve,adj})}$$

Eq. (3.35)

kde

C_m , je vnitřní tepelná kapacita budovy nebo části budovy (J/K)

$H_{tr,adj}$, je celkový koeficient přenosu tepla získaný ze vztahu 3.9

$H_{ve,adj}$, je celkový koeficient přenosu tepla získaný ze vztahu 3.15.

Vnitřní tepelná kapacita budovy C_m byla vypočítána jako součet tepelných kapacit všech konstrukčních prvků budovy, které jsou v přímém tepelném kontaktu s vnitřním vzduchem a prostředím budovy (ISO 13790) a je vyjádřena:

$$C_m = \sum_j k_j \cdot A_j$$

Eq. (3.36)

Kde,

k_j je vnitřní tepelná kapacita na plochu konstrukčního prvku budovy j (J/K.m²)

A_j je plocha povrchu konstrukčního prvku budovy j (m^2)

Vnitřní tepelná kapacita na jednotku plochy k_j byla vypočtena pro každou makro-složku dle normy EN ISO 13786:2007, příloha A, která zahrnuje zjednodušenou metodu pro toto posouzení.

Aby bylo možné určit rychlým způsobem vnitřní tepelné kapacity budovy, poskytuje ISO13790 výchozí hodnoty na čtvereční metr pro jednotlivé třídy budovy. Ty jsou uvedeny v Tabulce 3.16.

Tabulka 3.16 –Výchozí hodnoty pro vnitřní tepelnou kapacitu (ISO 13790, 2008)

Třída	C_m
	[J/K]
Velmi lehká	$80000 \cdot A_f$
Lehká	$110000 \cdot A_f$
Střední	$165000 \cdot A_f$
Těžká	$260000 \cdot A_f$
Velmi těžká	$370000 \cdot A_f$

A_f - Plocha podlahy

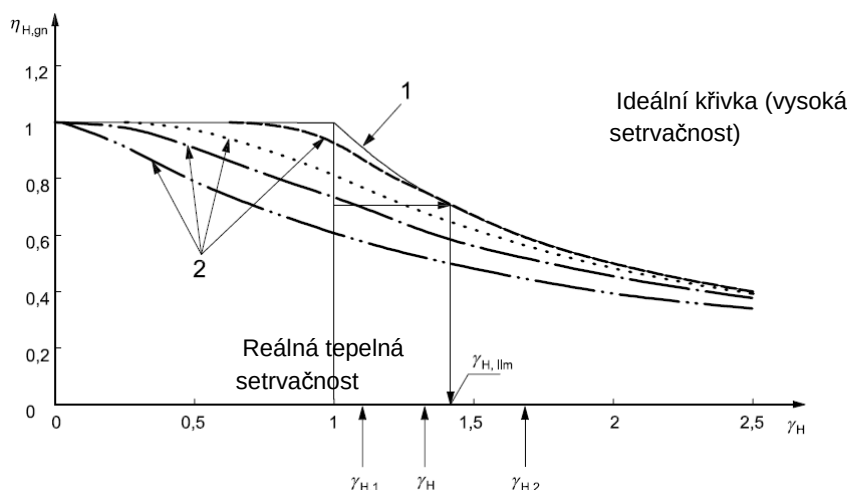
Délka měsíců vytápění a chlazení

Aby bylo možné provést odhad měsíců pro potřebu energie chlazení nebo topení, poskytuje ISO 13790 dvě metody pro toto zhodnocení. Metody jsou založeny na základě poměru tepelné bilance a bezrozměrných parametrů a_c a a_H . I když uvedená norma navrhuje dvě metody, je zde uvedena a řešena pouze jedna (bod 7.4.1.1 - metoda B)

Režim vytápění:

Odhad části času během měsíce, kdy je potřeba energie pro vytápění, začíná výpočtem poměru ideální tepelné bilance $\gamma_{H,lim}$, která odpovídá ideálnímu součiniteli využití zisku $\eta_{H,gn}$. Posledně uvedený uvažuje takovou hodnotu, která vytváří (určuje) nulovou energetickou potřebu pro vytápění prostor. Tato úvaha je převzata od ideální budovy s nekonečnou tepelnou setrvačností, kde $\gamma_{H,lim} = 1,0$ a tudíž $\eta_{H,gn} = 1,0$. Reálná budova má konečnou tepelnou setrvačnost, ale ne každá z tepelných zisků vytápí účinně své prostory a přispívá tak ke zvýšení vnitřní teploty na teplotu komfortní. Součinitel využití zisku je nižší a je nutné mít k

dispozici více zisků pro vyrovnaní tepelné bilance, aby se vynulovala potřeba energie. Tato úvaha není platná pro přenos tepla (v případě, že je poměr tepelné bilance menší než 1, znamená to, že je přenos tepla vyšší než tepelné zisky a součinitel využití tepla nemůže mít hodnotu větší než 1. Pak není možné vytvořit nulovou potřebu energie a není tedy možné stanovit optimální poměr tepelné rovnováhy nižší než 1,0). To je graficky vysvětleno na Obr. 3.11 .



Obr. 3.10:Relevantní parametry pro stanovení části měsíce s potřebou energie pro chlazení a vytápění (ISO 13790)

Optimální poměr tepelné bilance je vypočten následovně:

$$\gamma_{H,lim} = \frac{(a_H + 1)}{a_H}$$

Eq. (3.37)

Pro výpočet části měsíce (času) s potřebou energie pro vytápění je nezbytné stanovit na začátku a na konci měsíce γ_H . Průměrná hodnota γ_H pro začátek měsíce se získá zprůměrováním hodnot γ_H v analyzovaném měsíci a v předchozím měsíci. Parametr γ_H na konci měsíce se získá zprůměrováním hodnot γ_H analyzovaného měsíce a měsíce následujícího. Tudíž jsou potřeba dva “nové” parametry $\gamma_{H,1}$ and $\gamma_{H,2}$. První se získá jako minimum dvou γ_H vypočtených v předchozím postupu a $\gamma_{H,2}$ odpovídá maximu. Tyto parametry ($\gamma_{H,1}$ a $\gamma_{H,2}$) jsou poměry tepelné bilance na začátku a na konci měsíce a jsou vypočteny následovně:

Jestliže $\gamma_{H,2} < \gamma_{H,lim}$, pak $f_H = 1$

Eq. (3.38)

Jestliže $\gamma_{H,1} > \gamma_{H,lim}$, pak $f_H = 0$

Eq. (3.39)

Rovnicí (3.39) se rozumí, že jestliže nižší poměr tepelné bilance měsíce je vyšší než optimální, pak nebude v tomto měsíci zapotřebí pro vytápění prostoru. Není-li však splněna žádná z těchto podmínek, platí následující:

Jestliže $\gamma_H > \gamma_{H,lim}$, pak $f_H = 0,5 \cdot \frac{\gamma_{H,lim} - \gamma_{H,1}}{\gamma_H - \gamma_{H,1}}$

Eq. (3.40)

Jestliže $\gamma_H \leq \gamma_{H,lim}$, pak $f_H = 0,5 + 0,5 \cdot \frac{\gamma_{H,lim} - \gamma_H}{\gamma_{H,2} - \gamma_H}$

Eq. (3.41)

Tyto rovnice sledují stejnou logiku jako rovnice (3.38) a (3.39) s tím rozdílem, že v případě (3.40) a (3.41) se γ_H týká průměrné měsíční hodnoty a nikoliv hodnoty na okraji měsíce.

Délka doby vytápění (topné sezóny) může být stanovena jako součet f_H pro každý měsíc, to zn. :

$$L_H = \sum_{m=1}^{12} f_{H,m}$$

Eq. (3.42)

Režim chlazení:

Úvaha vysvětlená v případě režimu vytápění může být použita i v případě režimu chlazení. Proto zde nebudou uváděna žádná další vysvětlení. Výpočet části měsíce s potřebou energie pro chlazení je proveden s použitím inverze optimálního poměru tepelné bilance $(1/\gamma_c)_{lim}$. Tento parametr se vypočítá jako:

$$(1/\gamma_c)_{lim} = (a_c + 1)/a_c$$

Eq. (3.43)

Pak jsou limitní parametry $(1/\gamma_c)_1$ a $(1/\gamma_c)_2$ získány pomocí vztahů (3.44) a (3.45):

Jestliže $(1/\gamma_c)_2 < (1/\gamma_c)_{lim}$, pak $f_c = 1$

Eq. (3.44)

Jestliže $(1/\gamma_c)_1 > (1/\gamma_c)_{lim}$, pak $f_c = 0$

Eq. (3.45)

Pokud žádná z těchto podmínek není ověřena nebo potvrzena, pak

Jestliže $(1/\gamma_c) > (1/\gamma_c)_{lim}$, pak $f_c = 0,5 \cdot \frac{(1/\gamma_c)_{lim} - (1/\gamma_c)_1}{(1/\gamma_c) - (1/\gamma_c)_1}$

Eq. (3.46)

Jestliže $(1/\gamma_c) \leq (1/\gamma_c)_{lim}$, pak $f_c = 0,5 + 0,5 \cdot \frac{(1/\gamma_c)_{lim} - (1/\gamma_c)}{(1/\gamma_c)_2 - (1/\gamma_c)}$

Eq. (3.47)

Délka doby chlazení (chladicí sezóna) může být také vypočítána součtem všech f_c každého měsíce, jak je vyjádřeno ve vztahu (3.48)

$$L_c = \sum_{m=1}^{12} f_{c,m}$$

Eq. (3.48)

Potřeba energie pro přerušované provozní systémy

Když systémy HVAC pracují podle plánu (tedy v přerušovaném režimu), poskytuje ISO13790 (2008) vodítko pro stanovení snížené energetické potřeby na základě výpočtů pro kontinuální režim, jak již bylo uvedeno v rovnici (3.6) a v rovnici (3.7). To je dáno snížením energetické potřeby pro vytápění a chlazení $Q_{H,nd}$ a $Q_{C,nd}$, prostřednictvím bezrozměrného redukčního součinitele pro přerušované vytápění a chlazení $a_{C,red}$ a $a_{H,red}$. Zde jsou uvedeny části měsíce s potřebou energie v režimech vytápění a chlazení $f_{H,m}$ a $f_{C,m}$

$$Q_{H,nd,interm,m} = f_{H,m} \cdot a_{H,red} \cdot Q_{H,nd,cont,m}$$

Eq. (3.49)

$$Q_{C,nd,interm,m} = f_{C,m} \cdot a_{C,red} \cdot Q_{C,nd,cont,m}$$

Eq. (3.50)

Časová konstanta budovy τ a poměry tepelných bilancí γ_H and γ_C také ovlivňují redukční součinitel energetických potřeb kvůli přerušovanému provozu systému HVAC, jak je ukázáno v následujících rovnostech:

$$a_{H,red} = 1 - b_{H,red} \cdot \frac{\tau_{H,0}}{\tau} \cdot \gamma_H \cdot (1 - f_{H,hr}), \text{ s } f_{H,hr} \leq a_{H,red} \leq 1.0$$

Eq. (3.51)

$$a_{C,red} = 1 - b_{C,red} \cdot \frac{\tau_{C,0}}{\tau} \cdot \gamma_C \cdot (1 - f_{C,day}), \text{ s } f_{C,day} \leq a_{C,red} \leq 1.0$$

Eq. (3.52)

kde,

b_{red} je pevný parameter roven hodnotě 3 (pro oba režimy vytápění a chlazení)

$f_{H,hr}$ je podíl (část) počtu hodin, ve kterých je zařízení v provozu

$f_{C,day}$, vyjadřuje podíl (část) počtu dní v týdnu se systémy v provozu

3.3.3.2 Potřeba energie pro výrobu DHW (teplé domácí vody)

Potřeba energie pro výrobu DHW v $MJ/měsíc$ je vypočtena podle EN 15316-3-1 (2007). Je ovlivněna typem budovy, vlastní plochou podlaží a rozdílem mezi teplotou vody na vstupu a teploty požadované v místě odběru podle vztahu:

$$Q_{DHW,nd,m} = 4,182 \cdot V_{W,m} \cdot (\theta_{W,t} - \theta_{W,o})$$

Eq. (3.53)

kde

$V_{W,m}$ je měsíční objem potřebné DHW, jak je uvedeno v EN 15316-3-1(2007)

$\theta_{W,t}$ je teplota vody v místě odběru[°C];

$\theta_{W,o}$, teplota vody na vstupu[°C].

Pro jedno obydlí je denní objem domácí teplé vody založen (odvozen) od plochy podlahy/podlaží a je vypočten následovně (v m^3/den)

$$V_w = \frac{a \cdot N_U}{1000}$$

Eq. (3.54)

kde

a ,; je požadavek založený na litrech vody při teplotě 60°C/den

N_U , je počet jednotek, které mají být vzaty v úvahu

Měsíční objem $V_{w,m}$, potřebné DHW by mohl být získán vynásobením denní hodnoty V_w a počtem dní v měsíci.

Parametry a a N_U závisí na typu budovy a jejím užívání/aktivitě a mohly by být vypočteny v závislosti na ploše podlaží (podlahy) A_f následovně:

$$\text{Jestliže } A_f > 30m^2, \text{ pak } a = \frac{62 \cdot \ln(A_f) - 160}{A_f}$$

Eq. (3.55)

$$\text{Jestliže } 15 \leq A_f \leq 30m^2, \text{ pak } a = 2$$

Eq. (3.56)

3.3.3.3 Spotřeba energie

Vypočtená potřeba energie nebere v úvahu účinnost systémů instalovaných v budově k úpravě vnitřního prostoru ani k výrobě domácí teplé vody. Algoritmus se domnívá, že budova může mít systémy s různými účinky. Není časté, že například vytápění a chlazení COPs jsou stejné. Proto každá potřeba energie (chlazení prostor, vytápění, výroba domácí tepl.vody) je ovlivněna účinností příslušného zařízení. Obecný vztah pro výpočet spotřeby energie, která by mohla být použita pro každý typ energetické potřeby je

$$Q_{cons} = \frac{Q_{nd}}{\eta_{sys}}$$

Eq. (3.57)

kde

Q_{nd} , je potřeba energie

η_{sys} , je účinnost systému

Přijaté výchozí hodnoty energetické účinnosti systému a typu spotřebované energie jsou zobrazeny v následujících tabulkách. Tyto hodnoty byly převážně získány z RCCTE (2006).

Tabulka 3.17: Prostorová účinnost systému vytápění a použitá energie

Systém vytápění	$\eta_{H,sys}$	Typ energie
Elektrický odpor	1	Elektřina
Kotel na plyné palivo	0.87	Plyné palivo
Kotel na kapalné palivo	0.8	Kapalné palivo

Kotel na pevné palivo	0.6	Pevné palivo
Oddělený (Vytápění)	4	Elektřina

Tabulka 3.18: Prostorová účinnost systému chlazení a použitá energie

Systém chlazení	$\eta_{C,sys}$	Typ energie
Oddělený (Chlazení)	3	Elektřina
Chladicí zařízení(cyklus stlačení)	3	Elektřina
Chladicí zařízení (absorbční cyklus)	0.8	Elektřina

Tabulka 3.19: Účinnost systému DHW a použitá energie

Systém vytápění	$\eta_{DHW,sys}$	Typ energie
Elektrický vaříč	0.9	Elektřina
Plynový vaříč	0.6	Plyn
Samostatně stojící vaříč kondenzace	0.72	Plyn
Samostatně stojící vaříč	0.4	Plyn

Celková spotřeba energie v budově je vyjádřena pomocí součtu celk. použité energie

$$Q_{Tot,cons} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,sys}} + \frac{Q_{C,nd}}{\eta_{C,sys}} + \frac{Q_{DHW,nd}}{\eta_{DHW,sys}}$$

Eq. (3.58)

Primární energie je vypočtena vynásobením převodního součinitele F_{pu} [kgoe/kWh] a spotřeby energie

$$Q_{Tot,prim} = F_{H,pu} \cdot Q_{H,cons} + F_{C,pu} \cdot Q_{C,cons} + F_{DHW,pu} \cdot Q_{DHW,cons}$$

Eq. (3.59)

Převodní součinitel ze spotřeby energie (nebo jejího využití) do primární energie závisí na palivu (nebo druhu energie) pro každý systém. Výchozí hodnoty byly získány z RCCTE (2006) a jsou uvedeny v Tabulce 3.20

Tabulka 3.20: Převodní součinitel spotřeby energie na primární energii (RCCTE, 2006)

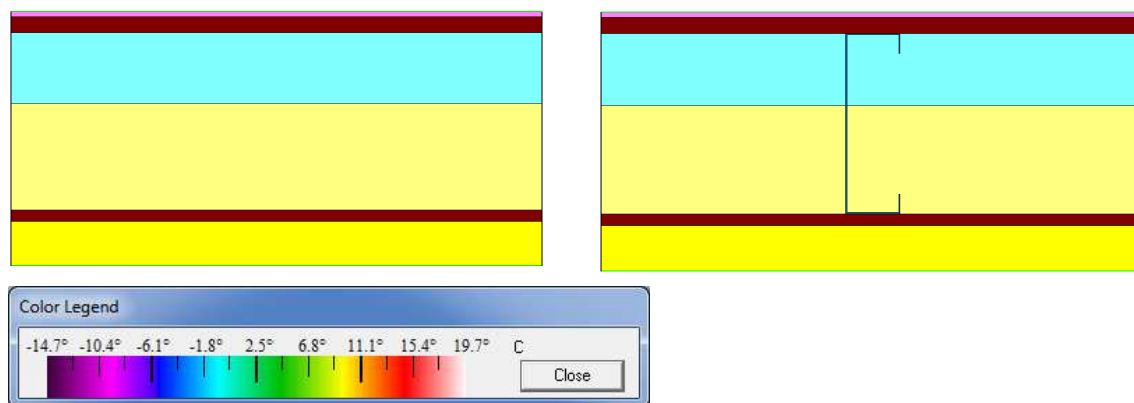
Typ energie	F_{pu} [kgoe/kWh]
Elektřina	0.29
Plynné, kapalné nebo pevné palivo	0.086

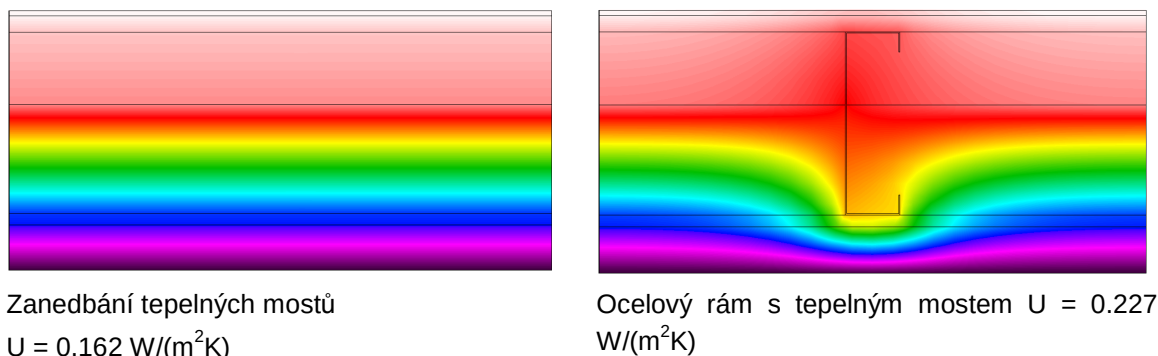
3.3.3.4 Teplotní setrvačnost

Pokud jde o tepelnou setrvačnost, tak byly výpočty vnitřní tepelné kapacity budovy C_m provedeny tak, jak je navrženo v ISO 13790 a dříve uvedeno v rovnici (3.36). Vnitřní tepelná kapacita na jednotku plochy každé makro-složky byla vypočtena dle předpisů v příloze A EN ISO 13786 (2007). Toto je zjednodušený postup založený na hloubce průniku tepelné vlny vypočtené pro materiály přiléhající k vnitřnímu povrchu, který je vhodný pro tento typ výpočtů. V popisovaném způsobu se uvažuje tepelná kapacita vrstev až do maximální tloušťky 100 mm (počítáno od vnitřního povrchu).

3.3.3.5 Tepelné mosty

Vliv opakovaných tepelných mostů (například vzniklých od ocelových hřebů, jak je znázorněno na Obr. 3.12) do konstrukčních prvků (například stěn a desek) se bere v úvahu při prostupu tepla (hodnotou U). Efekt lineárních a bodových tepelných mostů je zanedbán. U -hodnota je zahrnuta v softwarové databázi pro každou makro-komponentu (složku).





Obr. 3.11: Vliv tepelných mostů na hodnoty součinitele prostupu tepla pro lehký ocelový rám

U-hodnoty tepelných mostů jednotlivých prvků byly stanoveny s použitím metodiky uvedené v Části 6 normy ISO 6946 (2007) a posléze zdokonalené Gorgolewskim (2007). První je použitelná pouze v případě, že izolační vrstva není přemostěna ocelovými rámy. Druhá metoda spočívá ve stanovení dvou limitů pro tepelný odpor stavebních prvků a opravných součinitelů v závislosti na rozměrech trnů a mezer. Dolní mez se vypočte kombinací odporů paralelních vrstev tzn. že každá rovina je při stejné teplotě. Horní hranice tepelného odporu se také vypočítá jako součet odporů každého teplotního toku.

V případech, kdy neexistuje tepelný most v prvku, je pak použita metoda pro homogenní vrstvy, která bere v úvahu okruh tepelných odporů v sérii.

3.3.4 Kalibrace algoritmu

S cílem ověřit a zlepšit přesnost algoritmu a předpovídat provozní energii pro vytápění a chlazení budovy v souvislosti s ISO 13790 bylo provedeno několik ověření a kalibračních postupů.

Přesnost algoritmu je ověřena a potvrzena jeho uplatněním ve dvanácti testovacích případech stanovených v EN 15265 pro jednu kancelářskou jednotku. Jelikož jsou reálné budovy daleko složitější a mají více než jeden oddíl (jednotku) je algoritmus kalibrován pro víceprostorový bytový dům s využitím opravných součinitelů použitých pro čtyři hlavních části tepelné bilance budovy a také pro bezrozměrné dynamické parametry.

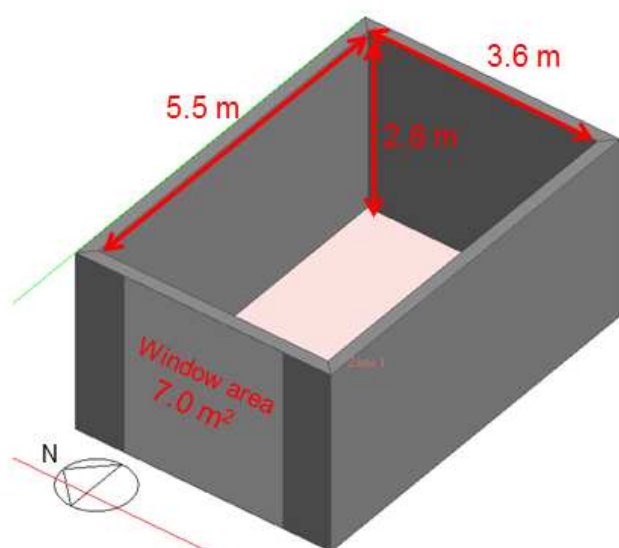
V části 4.2 je kalibrován algoritmus ověřený prostřednictvím jeho uplatnění na názorném příkladu (nizkopodlažní bytový dům) a je zde porovnání získaných výsledků s výsledky získanými pokročilou dynamickou analýzou pomocí DesignBuilder / EnergyPlus .

3.3.4.1 Přesnost ověření v rámci EN 15265

Tato část obsahuje některé ze zkoušek provedených za účelem ověření přesnosti měsíčního algoritmu s použitím 12 testovacích případů (Tabulka 3.21) stanovených v normě EN 15265 (2007), pro jednu kancelářskou jednotku (obr. 3.13). Tato norma používá referenční místnost s prosklenými prvky směřující na západ a je analyzována za různých okrajových podmínek, při změnách vnitřních a solárních zisků a dvou typech režimů vytápění/chlazení a to souvislých i přerušovaných. Pro každý z dvanácti testovacích případů poskytuje norma referenční výsledky energetických potřeb vytápění a chlazení pro konkrétní místo (Trappes, Francie), pro které jsou předepsané klimatické údaje týkající se hodinových hodnot vnější teploty vzduchu a slunečního záření.

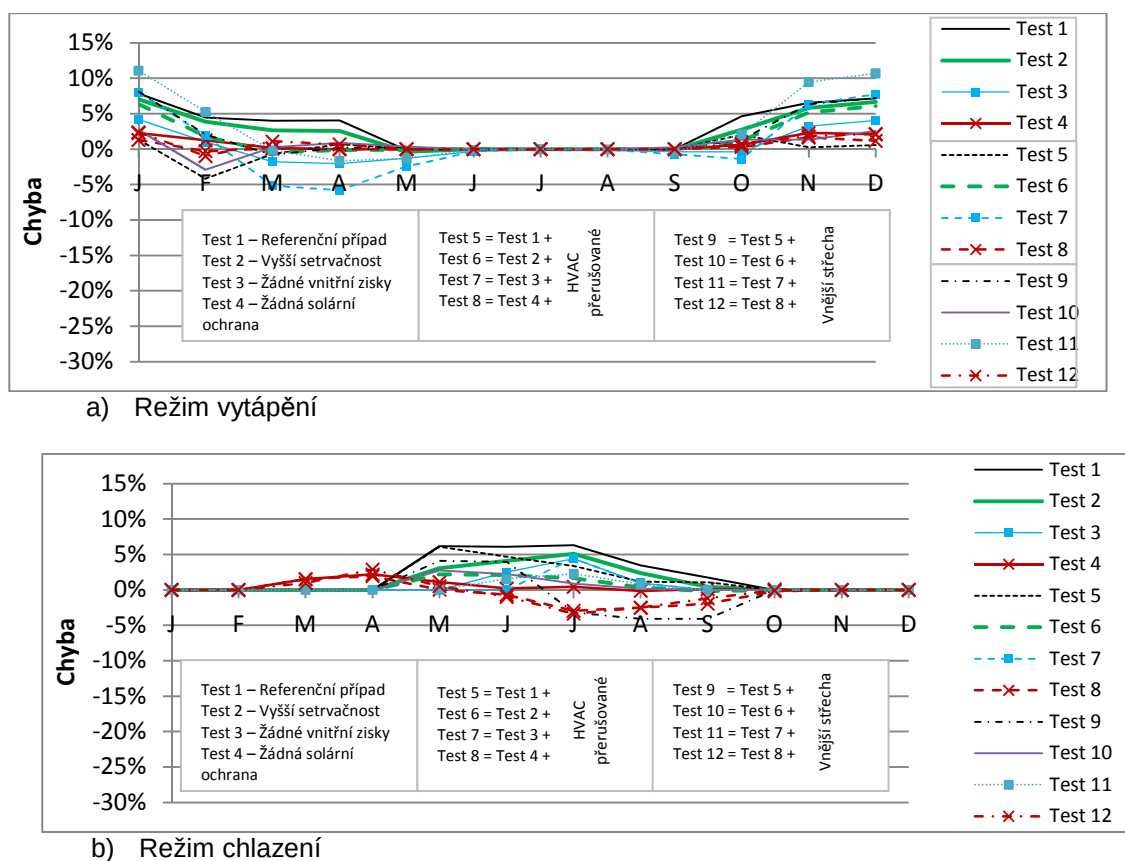
Tabulka 3.21: Testovací případy stanovené v EN 15265 (2007) k ověření výpočtu potřeby energie pro vytápění a chlazení pomocí dynamických metod

Informativní	Normativní	Normativní
Test 1 Referenční případ	Test 5 = Test 1 +	Test 9 = Test 5 +
Test 2 Vyšší tepelná setrvačnost	Test 6 = Test 2 + Přerušované HVAC (pouze 8h00-18h00 od pondělí do pátku)	Test 10 = Test 6 + Vnější střecha
Test 3 Žádné vnitřní zisky	Test 7 = Test 3 +	Test 11 = Test 7 +
Test 4 Žádná solární ochrana	Test 8 = Test 4 +	Test 12 = Test 8 +



Obr 3.12: Model jednotného(samotného)kancelářského prostoru jak je popsáno v EN 15265

Vzhledem k tomu, že je důležité posoudit přesnost pojmů, které se podílejí na tepelné bilanci a tyto nejsou uvedeny v normě EN 15265, byly zkušební případy rovněž vypočteny za pomoci DesignBuilder-pokročilého dynamického výpočetního software s podporou EnergyPlus-simulačního algoritmu. Testovací místnost byla přesně definována jak v dynamickém softwaru tak i v měsíčním algoritmu, za účelem získat odhady energetických potřeb. Obr.3.14 ukazuje chyby získané pomocí kvazi-ustáleného přístupu prezentovaného na měsíční bázi (s odkazem na výsledky dynamické simulace poskytnutými algoritmem EnergyPlus) a vypočteny jako procentní podíl z celkové roční potřeby energie. Maximální měsíční chyba je nižší než 12 %, jak je znázorněno na Obr.3.14. Chyba je vyšší v letních i zimních měsících pro režimy chlazení a topení.



Obr. 3.13: Měsíční chyby algoritmu (měsíční kvazi-statická metoda)-referenční výsledky: Energy Plus (pokročilá dynamická metoda)

3.3.4.2 Kalibrační faktory

Měsíční kvazi-statický (ustálený) přístup zahrnuje ve srovnání s pokročilými dynamickými simulacemi několik zjednodušení (na základě hodinových dat). Některé parametry se na těchto rozdílech přímo podílejí :

- (i) dynamické měsíční faktory využití $\eta_{H,gn,m}$ a $\eta_{C,ls,m}$ se předpokládají konstantní a nezávislé na klimatických datech a režimu resp. způsobu užívání v každém klimatickém regionu;
- (ii) různé energetické veličiny Q_{tr} , Q_{ve} , Q_{int} a Q_{sol} jsou vypočteny pro konstantní teplotu v interiéru definovanou pomocí nastavených bodů pro období (sezónu) vytápění a chlazení.

Klimatické údaje, režim užívání a rozvržení budovy také navíc ovlivňují výše zmíněné parametry.

I přes dobrou shodu měsíčního kvazi-ustáleného (statického) přístupu s ohledem na testovací případy stanovené v EN 15265 se může výkon skutečných budov se složitějším rozvržením, provozními podmínkami a různými klimatickými podmínkami výrazně lišit od výsledků získaných tímto zjednodušeným přístupem. Tato skutečnost je zaznamenána v ISO 13790, kde se pohybují možné rozdíly v rozmezí od 50% do 150% a tím je zajištěn postup pro odvození měsíčních faktorů využití (příloha I normy ISO 13790).

Za účelem minimalizace tohoto možného rozptylu byly definovány a kalibrovány nové opravné součinitele pro zlepšení odhadů různých energetických podmínek a faktorů: (i) přenos tepla vedením, (ii) přenos tepla sáláním, (iii) vnitřní tepelné zisky, (iv) solární tepelné zisky, jak je uvedeno v rovnicích (3,60) až (3,62)

$$H_{tr,adj,c} = f_{tr} \cdot H_{tr,adj} \rightarrow Q_{tr,m} = H_{tr,adj,c} \cdot (\theta_{int,sec,H} - \theta_e) \cdot t$$

Eq. (3.60)

$$H_{ve,adj,c} = f_{ve} \cdot H_{ve,adj} \rightarrow Q_{ve,m} = H_{ve,adj,c} \cdot (\theta_{int,sec,H} - \theta_e) \cdot t$$

Eq. (3.61)

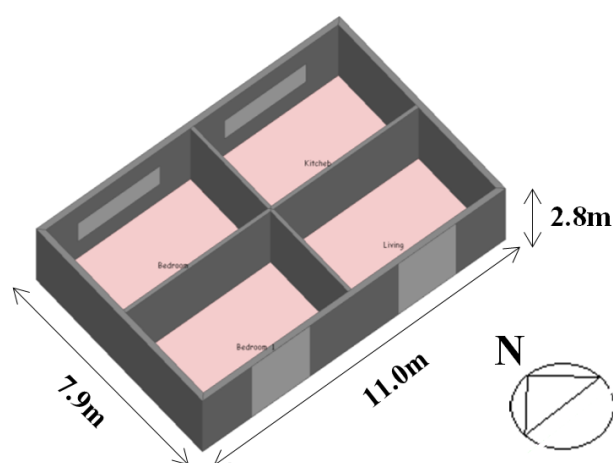
$$Q_{gn} = f_{int} \cdot Q_{int,m} + f_{sol} \cdot Q_{sol,m}$$

Eq. (3.62)

kde $H_{tr,adj,c}$ je opravený přenos tepla vedením, f_{tr} je opravný součinitel pro přenos tepla prostupem, $H_{ve,adj,c}$ je opravený přenos tepla sáláním, f_{ve} je opravný součinitel pro pro přenos tepla větráním, f_{int} je opravný součinitel pro vnitřní zisky a f_{sol} je opravný součinitel pro solární zisky s výjimkou zpětného tepelného záření.

Kromě již zmíněných opravných součinitelů pro čtyři hlavní komponenty přenosu tepla byly také pro každý klimatický region kalibrovány čtyři bezrozměrné parametry a_{H0} , τ_{H0} , a_{C0} and τ_{C0} .

Měsíční algoritmus se zaměřuje na určení energetických potřeb budovy místo toho, aby se zaměřoval pouze jen na jeden stavební prostor nebo část, jak je předepsáno v EN 15265 (2007) a všechny kalibrace byly provedeny s novou sérií testovacích případů na základě typických vlastností a rozměrů budov jak je znázorněno na obr 3.15.



Obr. 3.14: Příklad modelu budovy použitého v testovacích případech pro kalibraci měsíčního algoritmu

Tyto testovací případy používají stejné tepelné vlastnosti a veličiny jako testovací případy pro plášť budovy v EN 15265 (2007) viz Tabulka 3.22 ale s různými okrajovými podmínkami (ne-adiabatické stěny a střechy) a s vyšší užitnou plochou (79,2 m²). Předpokládaná míra průtoku vzduchu je 1,0 výměn vzduchu za hodinu tj konstantní.

Tabulka 3.22 – Tepelné vlastnosti pláště pro kalibrační testovací případy

Prvek	U hodnota [W/m ² .K]	κ_m [J/m ² .K]
Vnější stěna	0.493	81297
Vnitřní stěna	-	9146
Střecha	0.243	6697
Přízemí	-	63380

Podstatná úprava v kalibračních modelech souvisí s užíváním a programem provozních systémů, protože EN 15265 (2007) zahrnuje i testovací případy kancelářského oddělení. Proto byly příslušné tepelné toky a rozvrhy užívání pro

bytové budovy odvozeny z normy ISO 13790 (2008), jak bylo uvedeno v Tabulce 3.13.

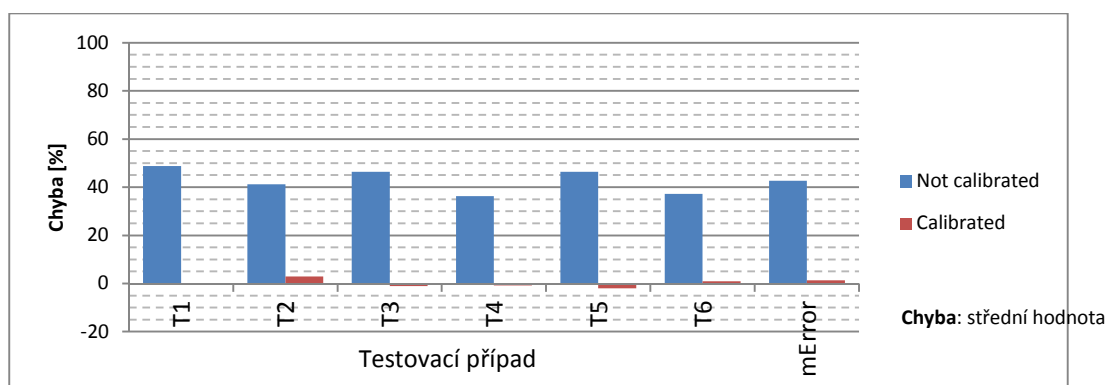
Vzhledem k důležitosti plochy zasklení pro solární zisky a tepelné ztráty přenosem byly studovány rozdílné poměry ploch stěn a podlah, jak je uvedeno v Tabulce 3.23. Také byly zkoumány možnosti s nebo bez stínící techniky v kalibračním procesu.

Tabulka 3.23 –Hlavní proměnné testovacích případů použitých pro kalibraci

Testovací případ	GFR [%]	NGWR [%]	SGWR [%]	Stínící zařízení
T1	35	36	54	ON
T2				OFF
T3	25	20	40	ON
T4				OFF
T5	15	12	24	ON
T6				OFF

GFR:; poměr zasklení a podlah
 NGWR: poměr severně orientovaného zasklení a stěn
 SGWR: poměr jižně orientovaného zasklení a stěn

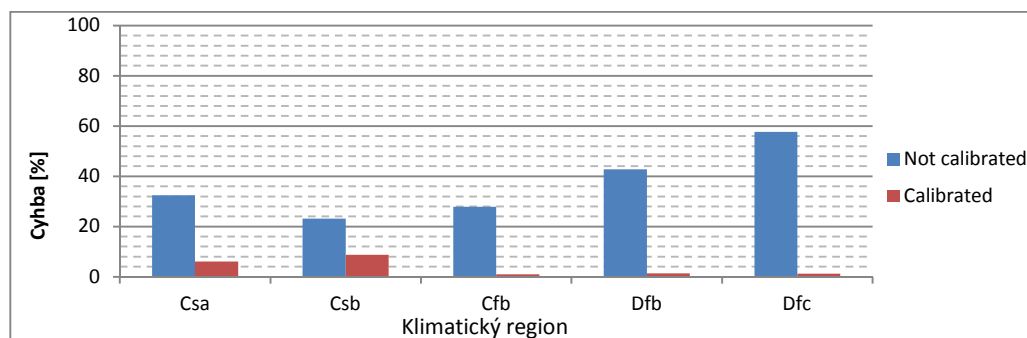
Opravné součinitele byly odvozeny pomocí minimalizace chyby pro každou dílčí sadu testovacích případů v každé klimatické oblasti, kterých bylo v některých případech až 500. Obr.3.16 ilustruje zlepšení přesnosti bez a a opravnými součiniteli (faktory) pro klimatické zóny Dfb a ukazuje průměrné zlepšení z absolutní chyby 43% na méně než 2%.



Obr. 3.15: Zlepšení přesnosti měsíční metody dle ISO 13790 pro Dfb klima, celková roční energie pro chlazení a vytápění prostor

Obr.3.17 shrnuje vylepšení pro pět klimatických regionů popsanych výše. Je zajímavé si povšimnout, že bez oprav je přesnost metody nižší pro chladnější podnebí, nejvyšší chyba se vyskytuje pro klimatickou oblast Dfc a nejmenší chyba se vyskytuje pro klimatickou oblast Csb. Měsíční metoda prezentovala nižší

přesnost při odhadování energetických potřeb pro nejchladnější měsíce, protože srovnání s dynamickou metodou prokázalo, že zisky jsou k vytápění prostor používány efektivnějším způsobem, než jak je uvažováno ve zjednodušeném postupu. Tento účinek je ještě více zřejmý, když jsou solární zisky nižší. Obecně jsou s opravnými součiniteli všechny chyby nižší než 10%.



Obr. 3.16: Průměrná chyba měsíční metody s a bez kalibračních součinitelů (faktorů)

Je dobré si povšimnout, že byla zřejmá rozdílná chybná tendence s a bez stínících zařízení. Z tohoto důvodu byly kalibrační součinitele rozlišeny do těchto dvou případů. Tabulka 3.24 a Tabulka 3.25 představuje různé opravné součinitele rozdělené z hlediska používání pohyblivého stínícího zařízení.

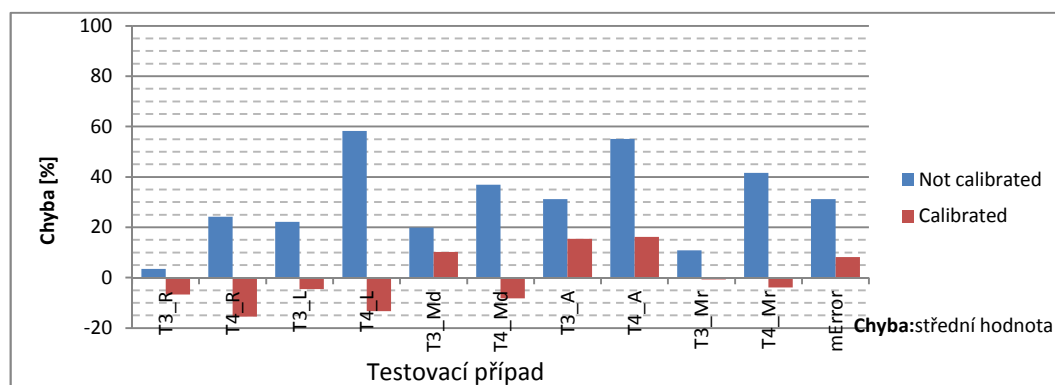
Tabulka 3.24 – Získané kalibrační součinitele, je-li solární stínící zařízení v provozu

Stínící zařízení v provozu												
Region	Režim vytápění						Režim chlazení					
	a_{H0}	τ_{H0}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}	a_{C0}	τ_{C0}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}
Csa	1.00	15.67	1.00	1.00	0.90	0.93	1.20	15.00	1.07	1.00	0.83	0.90
Csb	1.33	15.00	1.00	1.07	0.97	0.93	1.10	15.00	1.03	1.10	0.97	1.00
Cfb	1.33	15.00	0.93	0.83	1.10	1.07	1.30	15.00	1.00	1.00	1.00	1.03
Dfb	1.30	14.67	0.83	0.90	1.25	1.25	1.00	15.00	1.07	1.07	0.97	1.00
Dfc	1.25	14.33	0.83	0.83	1.17	1.50	1.00	15.00	1.00	1.00	1.00	1.00

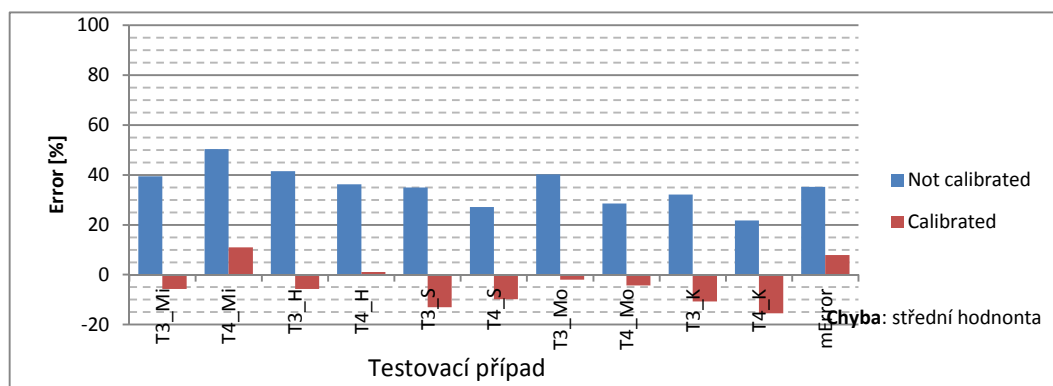
Tabulka 3.25 – Získané kalibrační součinitele, není-li solární stínící zařízení v provozu

Stínící zařízení mimo provoz												
Region	a_{H0}	τ_{H0}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}	a_{C0}	τ_{C0}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}
Csa	0.93	15.00	1.00	1.00	1.03	1.03	1.25	15.00	1.17	1.33	0.83	0.90
Csb	1.13	15.00	1.00	0.97	1.03	1.00	0.93	15.00	1.08	1.17	0.87	0.87
Cfb	1.17	15.00	1.00	0.93	1.00	1.03	1.08	15.00	1.08	1.33	0.90	0.87
Dfb	1.33	15.00	0.93	0.87	1.17	1.10	1.20	15.00	1.00	1.00	0.83	0.90
Dfc	1.50	14.00	0.80	0.80	1.07	1.20	1.00	15.00	1.17	1.17	0.92	0.90

Vzhledem k tomu, že měsíční algoritmus umožňuje zvážit různé způsoby aktivace stínící techniky v zimě i v létě, byly kalibrační součinitele v tabulce 3.24 zavedeny do režimu chlazení a součinitele z tabulky 3.25 do režimu vytápění. Kalibrační součinitele byly aplikovány do testů 3 a 4 (poměr 25% zasklení k podlaze, Tabulka 3.23) pro pět měst nacházejících se v klimatických oblastech Csa a Dfb, aby bylo možné posoudit chybu vzniklou při užívání v různých klimatických místech. V Obr. 3.18 je zřejmé, že došlo k chybě v závislosti na umístění, jak se očekávalo. K největší chybě došlo pro město Atény (16,2 %) a pro Kyjev (15,5 %) resp. pro klimatické oblasti Csa a Dfb. Přesto je střední chyba nižší než 10% u dvou klimatických oblastí (Csa: 8,2 % a Dfb: 7,9 %).



a) R: Rome; L: Lisbon; Md: Madrid; A: Athens; Mr: Marseille



b) Mi: Minsk; H: Helsinki; S: Stockholm; Mo: Moscow; K: Kiev

Obr.. 3.17: Ověření přesnosti kalibrace při použití různých měst klimatických regionů: a) Csa; b) Dfb

4 OVĚŘENÍ PŘIJATÉ METODIKY

Zde je prezentováno ověření přijatých přístupů popsanych v předchozích částech. Názorný příklad (případová studie) je proveden za použití zjednodušeného přístupu a výsledky jsou porovnány s výsledky poskytnutými pokročilým přístupem. Pokročilé analýzy jsou provedeny za použití komerčního softwaru *Gabi 6* (2012) a *DesignBuilder* (2012) pro posuzování životního cyklu a energetického vyčíslení.

4.1 Potvrzení makro-komponent

Potvrzení přístupu pro makro-komponenty je založeno na názorném příkladu (případové studii) týkající se nízkopodlažního bytového domu v Portugalsku. Výsledky poskytnuté přijatým přístupem jsou porovnány s těmi, které jsou získané pokročilou analýzou pomocí softwaru *Gabi*. Analýza se provádí na úrovni budovy.

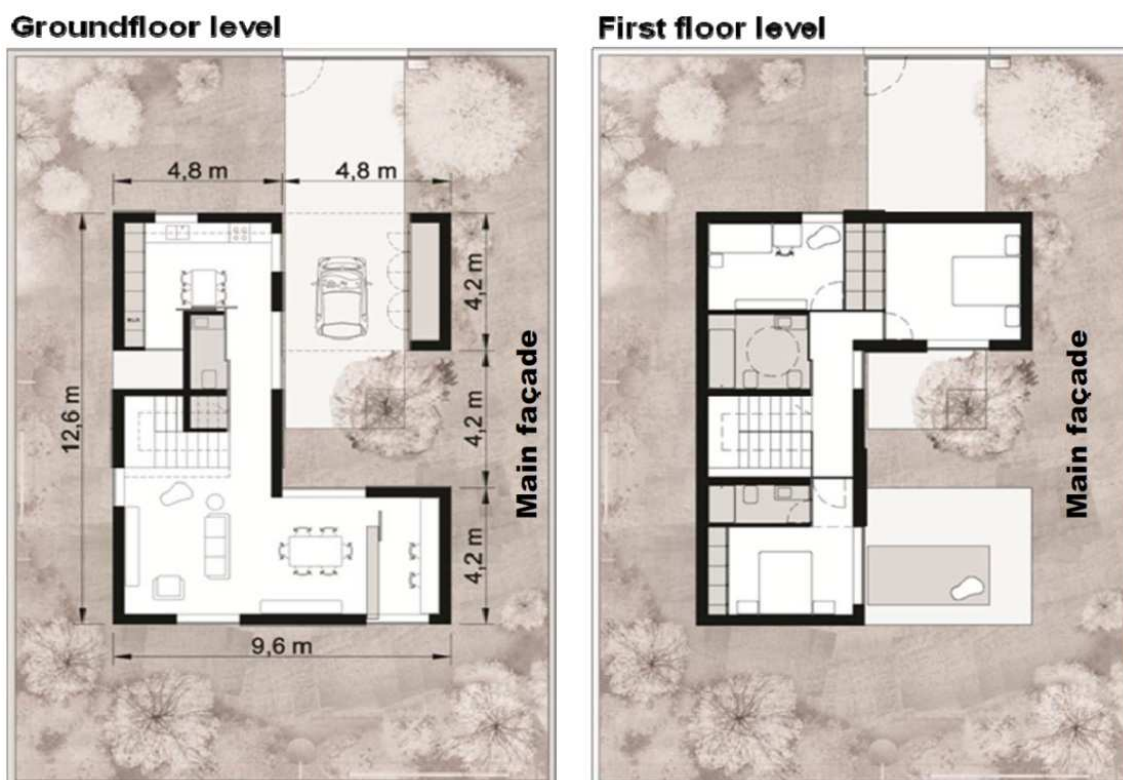
4.1.1 Popis názorného příkladu

Zde je dvoupodlažní bytový dům pro jednu rodinu a je umístěný v Coimbra (Portugalsko). Zevnějšek a nárysy budovy jsou zobrazeny na Obr.4.1 a Obr.4.2.



Obr. 4.1: Pohled na budovu

Celková rozloha konstrukce je okolo 202,00 m², kde 100,8m² představuje přízemí a 100,8m² představuje první podlaží (se zahrnutím 20,2m² plochy terasy). Celková výška budovy je 6m.



Obr. 4.2: Podlaží budovy

Plochy zasklení každého průčelí jsou v plánech budovy také k dispozici. Tabulka 4.1 shrnuje plochu obvodového pláště budovy

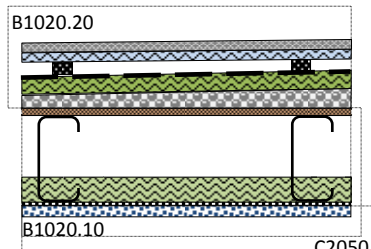
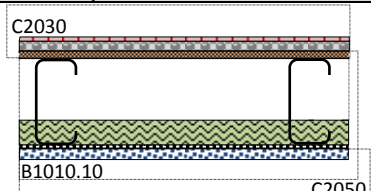
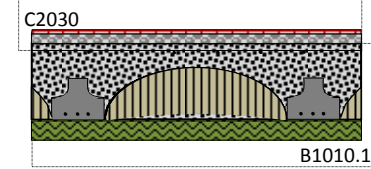
Tabulka 4.1: Plochy stěn a zasklení v přípravné fázi

	Sever [m ²]	Východ [m ²]	Jih [m ²]	Západ [m ²]	Součet [m ²]
Stěny	41.3	49.9	38.3	60.4	189.9
Zasklení	13.0	17.3	15.6	4.3	50.2

4.1.2 Výběr makro-komponent

Pro umožnění posouzení životního cyklu budovy jsou makro – prvky (komponenty) vybrány pro hlavní součásti budovy a to nadzemní konstrukci, vnější svislé stěny a interiér, jak je uvedeno v Tabulce 4.2 .

Tabulka 4.2: Výběr makro-komponent

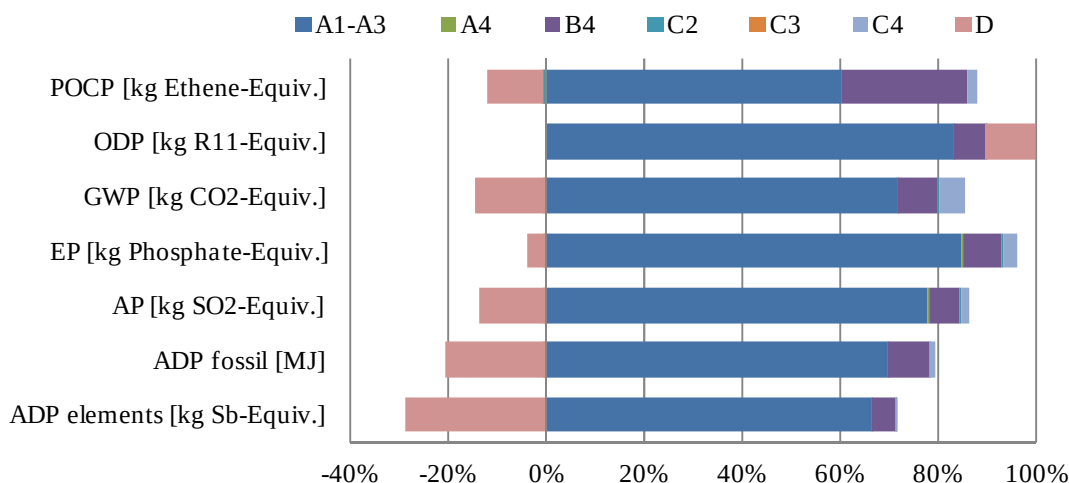
	Makro-komponenty	Materiálové vrstvy	Tloušťka [mm] Hustota [kg/m ²]	U- hodnota [W/m ² .K]	K _m [J/m ² .K]
Střecha					
	B1020.20	Cementová deska	30 mm	0.37 ^(*)	134 35
	Střešní plášť,deska a opláštění	Deska z XPS	30 mm		
		Vzduchová dutina	30 mm		
		Vodotěsná fólie	1.63 kg/m ²		
		XPS	0 mm		
		Betonová mazanina	40 mm		
	B1020.10	OSB	18 mmm		
	Konstrukční systém střechy	Vzduchová dutina	80 mm		
		Minerální vlna	120 mm		
		Nízko-hmotnostní ocel	17 kg/m ²		
		Sádrokarton	15 mm		
	C2050 Stropní úpravy	Nátěr, malba	0.125 kg/m ²		
Vnitřní podlaží					
	C2030 Podlahová krytina	Keramické dlaždice	31 kg/m ²	-	610 62
	B1010.10 Konstrukční systém podlaží	Betonová mazanina	13 mm		
		OSB	18 mm		
		Vzduchová mezera	160 mm		
		Minerální vlna	40 mm		
		Nízko-hmotnostní ocel	14 kg/m ²		
		Sádrokarton	15 mm		
	C2050 Stropní úpravy	Nátěr, malba	0.125 kg/m ²		
Přízemí					
	C2030 Podlahová krytina	Keramické dlaždice	31 kg/m ²	0.599	659 57
	B1010.10 Konstrukční systém podlaží	Betonová mazanina	13 mm		
		Prefabrik.betonová deska	180 mm		
		XPS	40 mm		
		Vnější stěna			
	B2010.10 Fasáda(dekor) vnější stěny	ETICS	13.8 kg/m ²		
	B2010.20	OSB	13 mm		

	Konstrukce vnější stěny			0.29 ^(*)	133 91	
		Minerální vlna	120 mm			
		Nízko-hmotnostní ocel	15 kg/m ²			
		Sádrokarton	15 mm			
	C2010 vnitřní stěny	Úpravy	Nátěr, malba	0.125 kg/m ²		
Vnitřní stěna						
	C2010 vnitřní stěny	Úpravy	Nátěr, malba	0.125 kg/m ²	-	267 82
	C1010 vnitřní příčky		Sádrokarton	15 mm		
			Minerální vlna	60 mm		
			Nízko-hmotnostní ocel	10 kg/m ²		
			Sádrokarton	15 mm		
	C2010 vnitřní stěny	Úpravy	Nátěr, malba	0.125 kg/m ²		

^(*)Opravené hodnoty tepelných mostů

4.1.3 Aplikace makro-komponent

Podle geometrie budovy a použitím vybraných makro-prvků (uvedených v tabulce 4.2) jsou enviromentální výpočty prováděny pro kompletní stavbu a s životností 50 let. Výsledky jsou uvedeny na Obr.4.3 s uvážením jednotl. modulů definovaných v EN 15978. Tento graf znázorňuje podíl jednotlivých modulů podle jednotlivých kategorií dopadu. Jak vyplynulo ze zjištění z tohoto grafu dominuje fáze výroby materiálu (modul A1- A3) ve všech kategoriích dopadu (s příspěvky vyššími než 60 %).



Obr. 4.3: Podíl každého modulu na enviromentální kategorii dopadu

Fáze provozu (modul B4), recyklace a obnova materiálů (modul D) mají významný přínos pro většinu kategorií dopadu. Pak následuje demoliční fáze (moduly C2-C4). Jak je uvedeno na Obr. 4.3 jsou záporné hodnoty získány pro modul D, který naznačuje, že pro toto konkrétní řešení jsou kredity získány díky recyklaci a/nebo obnově materiálů po demolicích budovy. Výsledky pro každou enviromentální kategorii jsou shrnuty v Tabulce 4.3.

Tabulka 4.3: Enviromentální analýza životního cyklu budovy

Enviromentální kategorie	CELKEM
ADP prvky [kg Sb-Equiv.]	1.11E-01
ADP fossil [MJ]	4.38E+05
AP [kg SO2-Equiv.]	1.35E+02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1.53E+01
GWP [kg CO2-Equiv.]	3.54E+04
ODP [kg R11-Equiv.]	1.00E-03
POCP [kg Ethene-Equiv.]	3.71E+01

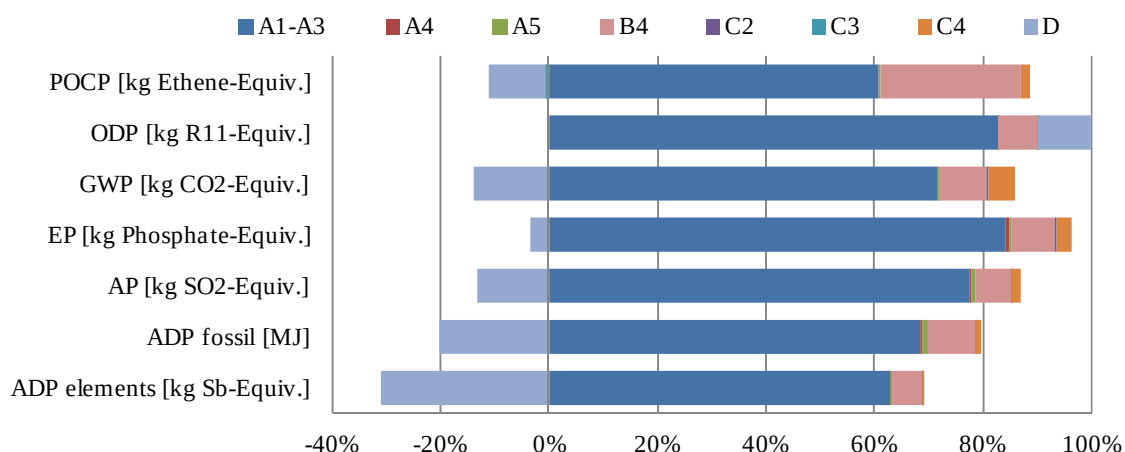
4.1.4 Porovnání s detailní analýzou životního cyklu

V této části je analyzován samostatný rodinný dům s přihlédnutím k celkovým detailům budovy a fázím životního cyklu. Analýza životního cyklu zde uvedená vyplňuje mezery v přístupu na úrovni makro-komponent jak je popsáno výše a to jsou základy budovy a fáze výstavby (modul A5). Analýza celého životního cyklu byla provedena *Gabi 6* (2012).

Základy budovy jsou ze železobetonu a první úroveň budovy (přízemí) je zvýšena o 50cm nad zemí. Na konci životnosti se železobeton recykluje za předpokladu stejné míry recyklace.

Fáze výstavby (modul A5) bere v úvahu následující procesy: (i) přípravu terénu (vykopání zeminy a její přepravu na místo uložení) a (ii) stavební procesy (použití stavebního zařízení pro kompletaci konstrukce a vysokozdvizný vozík nebo jeřáb

pro zvedání konstrukčních panelů). Výstavba budovy by měla trvat měsíc a půl. Výsledky analýzy životního cyklu beroucí v úvahu všechny fáze životního cyklu jsou zastoupeny v Obr. 4.4.



Obr. 4.4: Analýza životního cyklu kompletní budovy

Fáze výroby materiálu (modul A1- A3) dominuje pro všechny kategorie dopadu (s příspěvky vyššími než 60 %). Fáze výstavby (moduly A4-A5) má zanedbatelný význam a pohybuje od 0 % pro kategorie ODP, POCP a ADP_{elements} do 2,1 % pro environmentální kategorii ADP_{fossil}. Provozní fáze (modul B4) a recyklace a obnova materiálu (modul D) mají významný přínos pro většinu kategorií dopadu a následuje je demoliční fáze (moduly C2-C4). Je třeba poznamenat, že tyto závěry byly již dosaženy pomocí zjednodušeného přístupu a to navzdory jeho omezením. Vzhledem k chybě v každé kategorii dopadu je zjednodušený přístup v porovnání s celkovou analýzou uveden v tabulce 4.4

Tabulka 4.4: Chyba (%) v každé kategorii dopadu za použití makro-komponent

ADP elements	ADP fossil	AP	EP	GWP	ODP	POCP
0.0%	-2.4%	-1.3%	-1.3%	-1.3%	-0.1%	-0.5%

Pro většinu oblastí životního prostředí je chyba zanedbatelná. Samozřejmě že zvážení jiných konstrukčních systémů může vést k vyšší důležitosti fáze výstavby. Proto i přes omezení přístupu na úrovni makro-komponent jsou výsledky získané pomocí navržené metodiky v souladu s výsledky získanými pomocí podrobné analýzy životního cyklu.

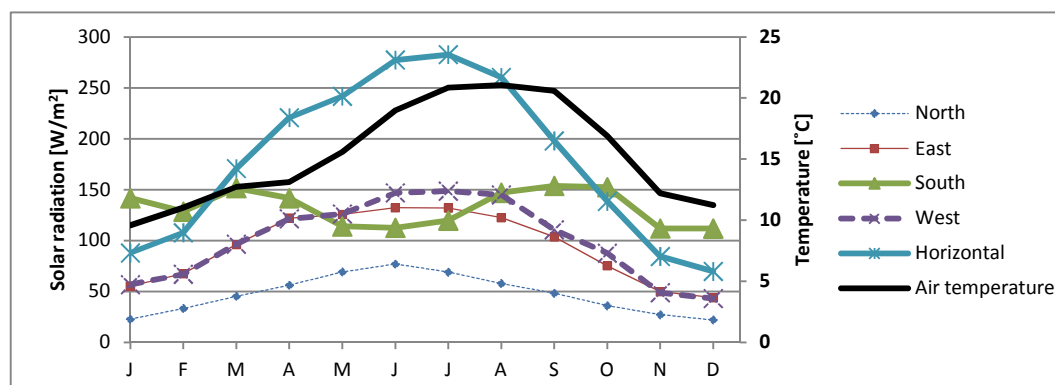
4.2 Potvrzení přístupu pro výpočet energetických potřeb

Potvrzení přijatého postupu pro výpočet energie je založen na stejném názorném příkladu. V následujících kapitolách jsou popsány všechny další vstupní údaje a postup výpočtu.

Výsledky obdržené přijatým postupem jsou porovnány s těmi, které byly získány pokročilou dynamickou analýzou pomocí softwaru *DesignBuilder/EnergyPlus* (2012).

4.2.1 Klimatické údaje a tepelné vlastnosti terénu a zemin

Budova se nachází v Coimbra patřící pod klimatický region Csb. Měsíční hodnoty teploty vzduchu a globálního slunečního záření jsou zobrazeny v Obr.4.5.



Obr. 4.5: Klimatické údaje Coimbra: sluneční záření a venkovní teplota vzduchu

Tepelné vlastnosti terénu byly uvažovány jako výchozí, jak je zobrazeno v Tabulce 3.10.

4.2.2 Údaje spojené s užíváním

Program (plán, rozvrh) užívání a tepelný tok v důsledku vnitřního zatížení (činnosti obyvatel, zařízení a osvětlení) byly uvažovány s výchozími hodnotami stanovenými normou ISO 13790 a dříve uvedenými v Tabulce 3.13. Pohodlné teploty se uvažují jako 20°C a 25°C pro zimní resp. pro letní období.

4.2.3 Zařízení budovy

Stejně tak v případě technických informací a harmonogramu jednotl. zařízení budovy (vytápění, chlazení, větrání a příprava teplé vody) byla uvažována sada výchozích hodnot uvedených v Tabulce 4.5.

Tabulka 4.5. Vstupní údaje jednotl. zařízení budovy (výchozí hodnoty)

Zařízení budovy	Hodnoty
-----------------	---------

Klimatizace (Nastavená teplota 20°C – 25°C) ⁽¹⁾	COP Vytápění = 4.0 COP Chlazení = 3.0
Produkce domácí teplé vody ²	Účinnost: 0.9
Míra ventilace a infiltrace ⁽³⁾ (Konstantní hodnoty)	0.6 ac/h (Režim vytápění) 1.2 ac/h (Režim chlazení)

(1) z ISO13790 (2008) – Tabulka G.12;

(2) podle EN 15316-3-1 (2007);

(3) závisí na vzduchotěsnosti obvodového pláště budovy a pasivní strategii chlazení

4.2.4 Skleněný plášť a provozní specifikace zastínění

Charakteristiky a vlastnosti skleněných prvků jsou uvedeny v Tabulce 4.6, V tomto případě byla uvažována plastová okna s dvojsklem a s rámem z PVC.

Tabulka 4.6: Optické a tepelné vlastnosti zasklení (sklo a rámy)

Materiály	U-hodnota [W/m ² .K]	SHGC
PVC rám a dvojitě okno (8+6 mm, se vzduchovou mezerou 14 mm)	2.597	0.780

Tepelné vlastnosti stínících zařízení jsou uvedeny v Tabulce 4.7.

Tabulka 4.7: Tepelné a optické vlastnosti stínících zařízení

Prvek	Solární propustnost	Solární odrazivost	R [m ² .K/W]	g _{gl+sh}
Rolety	0.02	0.80	0.260*	0,04**

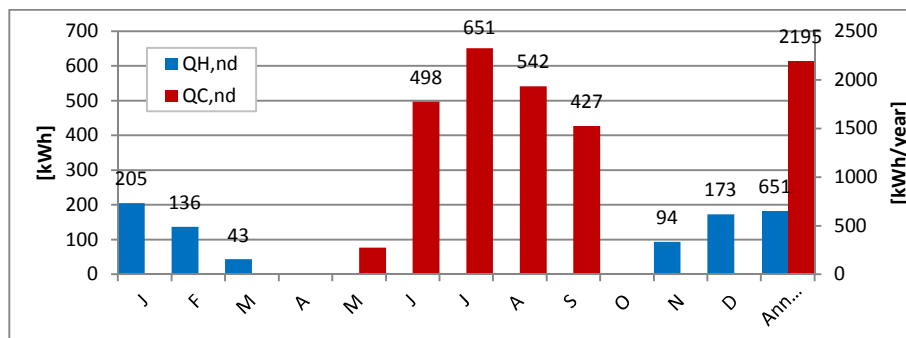
*se zahrnutím clony a vzdušného prostoru (ISO 10077, 2006); **EN 13363-1, 2007.

4.2.5 Neprůhledný plášť

Charakteristiky a vlastnosti neprůhledných prvků pláště jsou převzaty z makro prvků (komponentů) viz tabulka 4.2. Barva vnějšího neprůhledného pláště budovy ovlivňuje solární zisky. Uvažuje se, že budova má světlou barvu s koeficientem absorpce 0,4.

4.2.6 Výsledky energetického výkonu budovy

V tomto případě je roční potřeba energie počítaná měsíčním algoritmem jako 651,3kWh a 2195,0 kWh pro vytápění, resp.pro chlazení. To znamená, že roční potřeba energie pro vytápění a chlazení je 2846,3 kWh (23,0 kWh/m²) a pro přípravu domácí teplé vody je 2642 kWh (21,3 kWh/m²). Měsíční spotřeby energie pro chlazení a vytápění jsou uvedeny na Obr.4.6.



Obr. 4.6 Energetické potřeby pro vytápění a chlazení (vycházející z měsíčního algoritmu)

4.2.7 Porovnání s pokročilou numerickou simulací

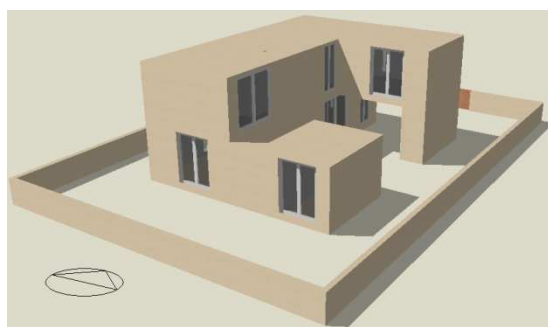
Porovnání mezi výsledky získanými pomocí měsíčního algoritmu a výsledky získanými pokročilými dynamickými simulacemi bylo provedeno za účelem zhodnocení přesnosti výsledků prvně jmenované metody.

4.2.7.1 Model pro dynamickou simulaci

Pokročilá dynamická simulace tepelného chování budovy byla provedena s použitím softwaru *DesignBuilder* (2012). Zdroj údajů o počasí použitých při simulaci byl stejný jako ve zjednodušeném přístupu. Nicméně v tomto případě jsou místo měsíčních hodnot teploty a slunečního záření použity hodinové hodnoty pro všechny parametry počasí.

Trojrozměrné pokročilé modelování umožňuje simulaci celkové architektury budovy, jak je znázorněno na Obr.4. a Obr.4.2. a Obr.4.7, ukazuje dva vnější pohledy na model *DesignBuilder* použitý při dynamické simulaci. Model budovy byl sestaven s použitím deseti různých tepelných oblastí, které odpovídají rozvržení vnitřních příček a místností budovy (obr 4.8.):

- (i) pochozí prostor v suterénu, který byl modelován jako neklimatizovaný
- (ii) přízemí, které má tři tepelné zóny
- (iii) první patro s pěti zónami
- (iv) plocha, která je společná pro obě podlaží tj. chodby a schodiště



a) Jižní a západní pohled



b) Severní a východní pohled

Obr. 4.7: Pohledy na model budovy

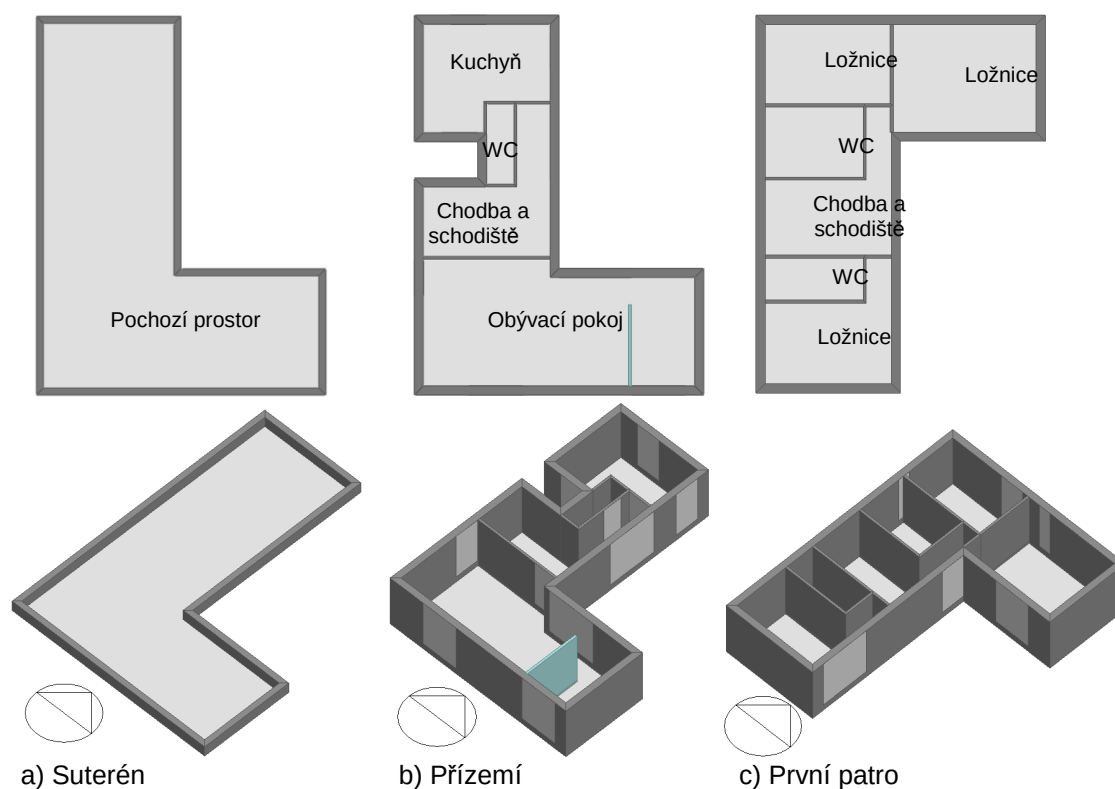
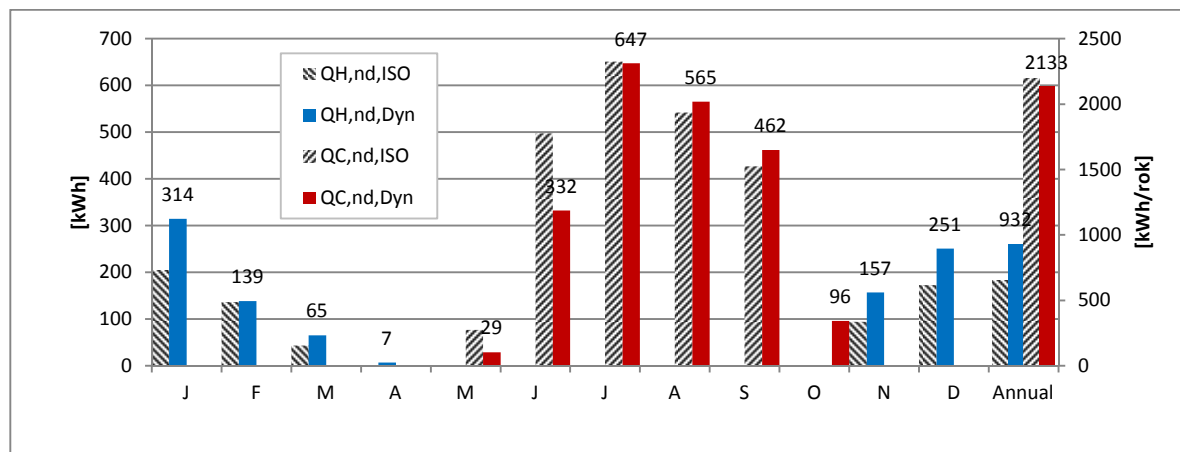


Fig. 4.8: Rozvržení podlaží

Stavební prvky použité v modelu jsou stejné jak bylo popsáno dříve pro makrokomponenty (viz Tabulka 4.2, Tabulka 4.6 a Tabulka 4.7, respektive pro neprůhledné, prosklené prvky a stínící zařízení). Podobně byla zvažována zatejná strategie a přístup pro kontrolu zastínění oken. Harmonogram užívání, míra větrání a infiltrace, účinnost a harmonogram klimatizačního zařízení jsou převzaty z předchozí analýzy.

Grafické porovnání měsíčních a ročních energetických potřeb pro vytápění a chlazení vypočítaných pomocí obou přístupů je zobrazeno na Obr. 4.9. Roční potřeby energie pro vytápění a chlazení, zjištěné dynamickými simulacemi jsou 932,4 kWh a 2133,3 kWh, což vede k celkové roční energetické spotřebě 3065,7 kWh ($24,8 \text{ kWh/m}^2$).



Obr. 4.9 Energetické potřeby budovy pro chlazení a vytápění prostoru: dynamické simulace (Dyn) versus měsíční algoritmus (ISO)

Jak vyplynulo ze zjištění, Obr. 4.9 vykazuje spotřebu energie vypočítanou pomocí zjednodušeného přístupu (měsíční metoda), která je v dobré shodě s výsledky získanými z dynamických výpočtů. Porovnáme-li celkové spotřeby energie (vytápění a chlazení-2846,3 kWh/rok) s dynamickým výpočtem je chyba 7,2%.

4.3 ZÁVĚR

Oba zjednodušené postupy uvedené v tomto dokumentu se vyhýbají použití složitých nástrojů, které obvykle vyžadují určité odborné znalosti v této oblasti. Zjednodušené postupy znamenají podstatné zkrácení doby obvykle potřebné k provedení takové analýzy. Potvrzení obou přístupů bylo založeno na srovnání s vyspělými analýzami provedenými pomocí komerčních softwarů pro hodnocení životního cyklu a vyčíslování energie jako jsou *Gabi 6* (2012) a *DesignBuilder* (2012).

Porovnání výsledků z obou typů analýz umožňuje dospět k závěru, že přesnost obou přístupů je velmi rozumná a obstojná.

ODKAZY

Blendspace <https://www.blendspace.com/lessons/hMYwDSTKeg6ssQ/essential-question-how-can-i-protect-this-environment> (last accessed in 2013).

CPA, 2012. Construction Product Association "A guide to understanding the embodied impacts of construction products" [ISBN 978-0-9567726-6-4]

DesignBuilder software v3.0.0.105, www.designbuilder.co.uk/, 2012

EERE-USDoE, Energy Efficiency and Renewable Energy Website from the United States Department of Energy: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data2.cfm/region=6_europe_wmo_region_6 (last accessed March 2014)

EN 13363-1. (2007). Solar protection devices combined with glazing - Part 1: Simplified method. CEN - European Committee for Standardization.

EN 15193, (2007) Thermal performance of buildings - Energy requirements for lighting, CEN – European Committee for Standardization.

EN 15265, (2007) Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures. CEN - European Committee for Standardization.

EN 15316-3-1, (2007) Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements), CEN – European committee for Standardization.

EN 15643-1. 2010. Sustainability of construction works — Sustainability assessment of buildings — Part 1: General framework. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

EN 15804. 2012. Sustainability of Construction Works — Environmental product declarations — Core rules for the product category of construction products. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

EN 15978. 2011. Sustainability of Construction Works — Assessment of environmental performance of buildings — Calculation method. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

EN ISO 13786, (2007) Thermal performance of building components - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods, CEN – European Committee for Standardization.

EN ISO 6946, (2007) Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method, CEN – European Committee for Standardization.

EPA. U.S. Environmental protection Agency. Climate change. (<http://www.epa.gov/climatechange/>) (last accessed in 19/09/2009).

EPD.http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/prob_solutions/images/smog_cause_eng.jpg

Forsberg, A., von Malmberg F. 2004. Tools for environmental assessment of the built environment. In: Building and Environment, 39, pp. 223-228.

GaBi 6 (2012). Software-System and Databases for Life Cycle Engineering. Version 5.56. PE International AG, Leinfelden-Echterdingen, Germany

GaBi databases 2006. PE INTERNATIONAL GmbH; LBP-GaBi, University of Stuttgart: GaBi Software System, Leinfelden-Echterdingen / Germany, 2009.

Gervásio, H., Martins, R., Santos, P., Simões da Silva, L., “A macro-component approach for the assessment of building sustainability in early stages of design”, *Building and Environment* 73 (2014), pp. 256-270, DOI information: 10.1016/j.buildenv.2013.12.015.

Google Earth Software Website: www.google.co.uk/intl/en_uk/earth/ (last accessed January 2014).

Gorgolewski, M. (2007) Developing a simplified method of calculating U-values in light steel framing. *Building and Environment*, 42(1), 230–236.

Guinée, J.B.; Gorée, M.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Kleijn, R.; Koning, A. de; Oers, L. van; Wegener Sleeswijk, A.; Suh, S.; Udo de Haes, H.A.; Bruijn, H. de; Duin, R. van; Huijbregts, M.A.J. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 2002, 692 pp.

Heijungs, R., Guinée, J., Huppes, G., Lankreijer, R., Udo de Haes, H., Sleeswijk, A., Ansems, A., Egges, P., van Duin, R. and de Goede, H. 1992. Environmental Life Cycle Assessment of products. Guide and Backgrounds. CML. Leiden University. Leiden

Howard N, Edwards S and Anderson J. 1999. Methodology for environmental profiles of construction materials, components and buildings. BRE Report BR 370. Watford. (<http://www.bre.co.uk/service.jsp?id=52>)

Huijbregts, M. 2001. Uncertainty and variability in environmental life-cycle assessment. PhD. Thesis. University of Amsterdam. The Netherlands.

IEA. 2001. LCA methods for buildings. Annex 31 – Energy-related environmental impact of buildings. International Energy Agency.

IPCC. 2007. Fourth Assessment Report – Climate Change 2007. IPCC, Geneva, Switzerland

ISO 10077, (2006) Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 1: General, ISO - International Organization for Standardization.

ISO 13370, (2007) Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods, ISO - International Organization for Standardization.

ISO 13789, (2007) Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method, ISO - International Organization for Standardization.

ISO 13790, (2008) Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling, CEN – European committee for Standardization.

ISO 14025. 2006. Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures

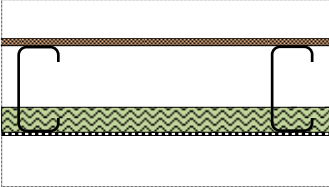
ISO 14040. 2006. Environmental management – life cycle assessment – Principles and framework. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.

ISO 14044. 2006. Environmental management – life cycle assessment – Requirements and guidelines. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Jönsson Å. 2000. Tools and methods for environmental assessment of building products - methodological analysis of six selected approaches. In: *Building and Environment*, 35, pp. 223-238.

- Kellenberger D. 2005. Comparison and benchmarking of LCA-based building related environmental assessment and design tools. EMPA Dubendorf, Technology and Society Laboratory, LCA group.
- Kortman J, van Ejwik H, Mark J, Anink D, Knapen M. 1998. Presentation of tests by architects of the LCA-based computer tool EcoQuantum domestic. Proceedings of Green Building Challenge 1998. Vancouver. Canada (<http://www.ivambv.uva.nl/uk/producten/product7.htm>)
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B and Rubel F (2006) World map of Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3): 259–263.
- LCI, 2001. World Steel Life Cycle Inventory. Methodology report 1999/2000. International Iron and Steel Institute. Committee on Environmental Affairs, Brussels.
- Lippiatt, B. 2002. Building for environmental and economical sustainability. Technical manual and user guide (BEES 3.0). National Institute of Standards and Technology (NIST). Report NISTIR 6916. (<http://www.bfml.nist.gov/oe/software/bees.html>).
- RCCTE (2006) Portuguese code of practice for thermal behaviour and energy efficiency of residential buildings. Decreto-Lei n.80/2006. Regulamento das Características Térmicas dos Edifícios (in Portuguese:). Lisboa, Portugal: Diário da República.
- Reijnders L., van Roekel A. 1999. Comprehensiveness and adequacy of tools for the environmental improvement of buildings. In: *Journal of Cleaner Production*, 7, pp. 221-225.
- Santos P., Gervásio H., Simões da Silva L., & Gameiro A. (2011). Influence of climate change on the energy efficiency of light-weight steel residential buildings. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 28, 325–352.
- Santos P., Simões da Silva L., & Ungureanu V. 2012. *Energy Efficiency of Light-weight Steel-framed Buildings*. European Convention for Constructional Steelwork (ECCS), Technical Committee 14 - Sustainability & Eco-Efficiency of Steel Construction, ISBN 978-92-9147-105-8, N. 129, 1st edition.
- SB_Steel, 2014. Sustainable Building Project in Steel. Draft final report. RFSR-CT-2010-00027. Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel
- Steel Recycling Institute. <http://www.recycle-steel.org/construction.html> (last accessed in 31/08/2009)
- The energy library. <http://theenergylibrary.com/node/324>
- Trusty WB, Associates. 1997. Research guidelines. ATHENATM Sustainable Materials Institute. Merrickville. Canada. (<http://www.athenasmi.ca/about/lcaModel.html>)
- UNEP, 2004. Why take a life cycle approach? United Nations Publication. ISBN: 92-807-24500-9
- UniFormat™: A Uniform Classification of Construction Systems and Assemblies (2010). The Construction Specification Institute (CSI), Alexandria, VA, and Construction Specifications Canada (CSC), Toronto, Ontario. ISBN 978-0-9845357-1-2.
- Werner, F. 2005. Ambiguities in decision-oriented life cycle inventories – The role of mental models and values. Doi 10.1007/1-4020-3254-4. Springer Netherlands
- Wikipedia, 2013a. http://en.wikipedia.org/wiki/Marine_pollution
- Wikipedia, 2013b. http://en.wikipedia.org/wiki/Natural_resource
- Worldsteel organization. <http://www.worldsteel.org/index.php> (last accessed in 31/08/2009)

PŘÍLOHA 1 – DATABÁZE MAKRO-KOMPONENT

B1010.10 Konstrukční systém podlaží					
B1010.10.1a	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)	
	OSB (mm)	18	Spálení	80	
	Vzduchová mezera (mm)	160			
	Minerální vlna (mm)	40	Recyklace	80	
	Sádrokart. deska (mm)	15	Recyklace	80	
	LWS (kg/m2)	14	Recyklace	90	
B1010.10.1a - LCA					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,83E-05	1,76E-09	1,54E-09	3,37E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	5,48E+02	6,54E-01	5,72E-01	1,31E+00	-3,35E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,70E-01	2,11E-04	1,83E-04	5,74E-04	-4,45E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,41E-02	4,86E-05	4,20E-05	8,79E-05	-1,01E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	5,12E+01	4,71E-02	4,12E-02	3,86E-01	-1,46E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	7,65E-07	8,25E-13	7,21E-13	7,21E-11	1,76E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,53E-02	-6,89E-05	-5,95E-05	1,49E-04	-1,07E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznamy údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

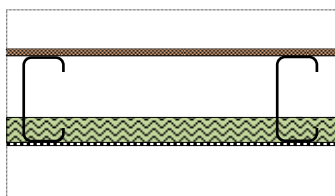
Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
OSB	PE International	Německo	2008
Sádrokartonová deska	PE International	Evropa	2008
Nízko-hmotnostní ocel (LWS)	Worldsteel	Svět	2007
Minerální vlna	PE International	Evropa	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování OSB	PE International	Německo	2008
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011

Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007		
B1010.10 Konstrukční systém podlaží					
B1010.10.1b	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)	
	OSB (mm)	18	Spalování	80	
	Vzduchová mezera (mm)	160	-	-	
	EPS (mm)	40	Spalování	80	
	Sádrokartonová deska (mm)	15	Recyklace	80	
	LWS (kg/m2)	14	Recyklace	90	
B1010.10.1b - LCA					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,75E-05	1,53E-09	1,34E-09	3,80E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	5,36E+02	5,70E-01	5,00E-01	1,37E+00	-3,57E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,30E-01	1,84E-04	1,60E-04	6,24E-04	-5,26E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	9,54E-03	4,24E-05	3,68E-05	1,00E-04	-1,48E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	4,68E+01	4,11E-02	3,60E-02	2,48E+00	-1,63E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	8,21E-07	7,19E-13	6,31E-13	6,98E-11	1,76E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	3,55E-02	-6,01E-05	-5,20E-05	1,42E-04	-1,12E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m= 61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3.**

Proces - LCA	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
OSB	PE International	Německo	2008
Sádrokartonová deska	PE International	Evropa	2008
Nízko-hmotnostní ocel (LWS)	Worldsteel	Svět	2007
EPS	PE International	Evropa	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

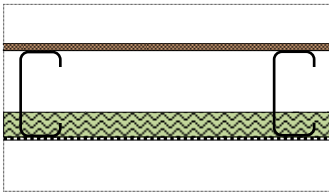
Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
--------	--------------	---------------------	-------

Spalování OSB	PE International	Německo	2008
Spalování EPS	PE International	Evropa	2011
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B1010.10 Konstrukční systém podlaží

B1010.10.1c	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	OSB (mm)	18	Spalování	80
	Vzduchová mezera (mm)	160		
	XPS (mm)	40	Spalování	80
	Sádrokartonová deska (mm)	15	Recyklace	80
	LWS (kg/m2)	14	Recyklace	90

B1010.10.1c - LCA

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,81E-05	1,56E-09	1,37E-09	4,42E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	5,75E+02	5,78E-01	5,07E-01	1,54E+00	-3,70E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,33E-01	1,87E-04	1,62E-04	7,16E-04	-5,74E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	9,73E-03	4,30E-05	3,73E-05	1,17E-04	-1,77E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	4,79E+01	4,16E-02	3,65E-02	3,78E+00	-1,72E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	7,64E-07	7,29E-13	6,40E-13	7,61E-11	1,75E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,49E-02	-6,09E-05	-5,28E-05	1,54E-04	-1,15E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m= 61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

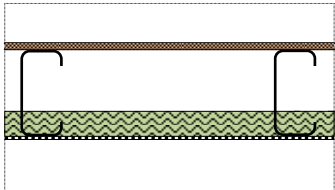
Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
OSB	PE International	Německo	2008
Sádrokartonová deska	PE International	Evropa	2008
Nízko-hmotnostní ocel (LWS)	Worldsteel	Svět	2007
XPS	PE International	Německo	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20 km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování OSB	PE International	Německo	2008
Spalování XPS	PE International	Evropa	2011
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B1010.10 Konstrukční systém podlaží				
B1010.10.1d	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	OSB (mm)	18	Spalování	80
	Vzduchová mezera (mm)	160		
	PUR (mm)	40	Spalování	80
	Sádrokartonová deska (mm)	15	Recyklace	80
	LWS (kg/m ²)	14	Recyklace	90

B1010.10.1d - LCA					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	4,65E-05	1,56E-09	1,37E-09	4,48E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	6,19E+02	5,78E-01	5,07E-01	1,76E+00	-3,57E+02
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,37E-01	1,87E-04	1,62E-04	1,43E-03	-5,26E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,09E-02	4,30E-05	3,73E-05	3,06E-04	-1,48E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	5,18E+01	4,16E-02	3,65E-02	2,59E+00	-1,63E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	7,65E-07	7,29E-13	6,40E-13	8,46E-11	1,76E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,37E-02	-6,09E-05	-5,28E-05	1,90E-04	-1,12E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
OSB	PE International	Německo	2008
Sádrokartonová deska	PE International	Evropa	2008
Nízko-hmotnostní ocel (LWS)	Worldsteel	Svět	2007
PUR	PE International	Německo	2011

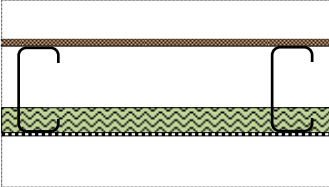
Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20 km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
--------	--------------	---------------------	-------

Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011
---------------------------	------------------	------	------

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování OSB	PE International	Německo	2008
Spalování PUR	PE International	Evropa	2011
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B1010.10 Konstrukční systém podlaží				
B1010.10.1e	Materiály	Tloušťka/hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	OSB (mm)	18	Spalování	80
	Vzduchová mezera (mm)	160		
	Korek (mm)	40	Recyklace	80
	Sádrokartonová deska (mm)	15	Recyklace	80
	LWS (kg/m2)	14	Recyklace	90

B1010.10.1e - LCA					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,72E-05	1,64E-09	1,43E-09	3,09E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	5,04E+02	6,09E-01	5,32E-01	1,21E+00	-3,35E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,35E-01	1,97E-04	1,70E-04	5,26E-04	-4,45E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,13E-02	4,53E-05	3,91E-05	8,06E-05	-1,01E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	4,75E+01	4,38E-02	3,83E-02	3,54E-01	-1,46E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	7,64E-07	7,68E-13	6,71E-13	6,61E-11	1,76E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,27E-02	-6,42E-05	-5,54E-05	1,37E-04	-1,07E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m= 61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:

Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
OSB	PE International	Německo	2008
Sádrokartonová deska	PE International	Evropa	2008
Nízkohmotnostní ocel (LWS)	Worldsteel	Svět	2007
Korek	PE International	Německo	2011

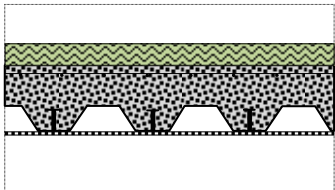
Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20 km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování OSB	PE International	Německo	2008
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B1010.10 Konstrukční systém podlaží

B1010.10.2a	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	PE (mm)	20	Spalování	80
	Beton (kg/m2)	410	Recyklace	70
	Armování (kg/m2)	8.24	Recyklace	70
	Ocelový plech (kg/m2)	11.10	Recyklace	70
	Sádrokartonová deska (mm)	15	Recyklace	80
	Ocelová konstrukce (kg/m2)	40	Recyklace	90

B1010.10.2a - LCA

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-4,61E-04	2,08E-08	1,81E-08	1,26E-06	-3,32E-04
ADP fossil [MJ]	1,56E+03	7,71E+00	6,74E+00	4,90E+01	-3,44E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	3,93E-01	2,49E-03	2,16E-03	2,14E-02	-9,22E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	3,65E-02	5,73E-04	4,96E-04	3,28E-03	-2,77E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	1,51E+02	5,56E-01	4,86E-01	1,58E+01	-3,67E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	1,88E-06	9,73E-12	8,51E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,27E-02	-8,13E-04	-7,01E-04	5,54E-03	-1,90E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Beton	PE International	Německo	2011
Výztužná ocel	Worldsteel	Svět	2007

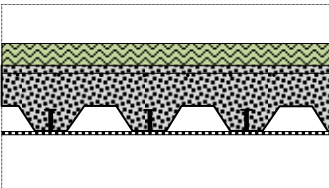
Ocelový plech	Worldsteel	Svět	2007
Konstrukční ocel	Worldsteel	Svět	2007
Sádkartonová deska	PE International	Evropa	2008
PE	PE International	Německo	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20 km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování PE	PE International	Evropa	2011
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B1010.10 Konstrukční systém podlaží				
B1010.10.2b	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	EPS (mm)	20	Spalování	80
	Beton (kg/m2)	410	Recyklace	70
	Armování (kg/m2)	8.24	Recyklace	70
	Ocelový plech (kg/m2)	11.10	Recyklace	70
	Sádkartonová deska (mm)	15	Recyklace	80
	Ocelová konstrukce (kg/m2)	40	Recyklace	90

B1010.10.2b - LCA					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-4,62E-04	2,08E-08	1,81E-08	1,26E-06	-3,32E-04
ADP fossil [MJ]	1,54E+03	7,71E+00	6,74E+00	4,89E+01	-3,37E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	3,92E-01	2,49E-03	2,16E-03	2,13E-02	-8,94E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	3,64E-02	5,73E-04	4,96E-04	3,27E-03	-2,61E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	1,50E+02	5,55E-01	4,86E-01	1,54E+01	-3,62E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	1,91E-06	9,73E-12	8,50E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,92E-02	-8,13E-04	-7,01E-04	5,53E-03	-1,88E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m= 61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:

Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Beton	PE International	Německo	2011
Výztužná ocel	Worldsteel	Svět	2007
Ocelový plech	Worldsteel	Svět	2007
Konstrukční ocel	Worldsteel	Svět	2007
Sádkartonová deska	PE International	Evropa	2008
EPS	PE International	Evropa	2011

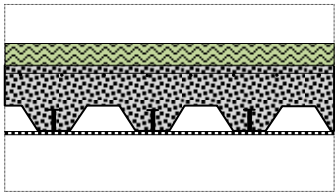
Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20 km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování EPS	PE International	Evropa	2011
Skládka inetrních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B1010.10 Konstrukční systém podlaží

B1010.10.2c	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný životnosti	konec	RR (%)
	XPS (mm)	20	Spalování		80
	Beton (kg/m2)	410	Recyklace		70
	Armování (kg/m2)	8.24	Recyklace		70
	Ocelový plech (kg/m2)	11.10	Recyklace		70
	Sádkartonová deska (mm)	15	Recyklace		80
	Ocelová konstrukce (kg/m2)	40	Recyklace		90

B1010.10.2c - LCA

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-4,62E-04	2,08E-08	1,82E-08	1,26E-06	-3,32E-04
ADP fossil [MJ]	1,56E+03	7,71E+00	6,74E+00	4,90E+01	-3,43E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	3,94E-01	2,49E-03	2,16E-03	2,14E-02	-9,19E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	3,65E-02	5,74E-04	4,96E-04	3,28E-03	-2,75E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	1,51E+02	5,56E-01	4,86E-01	1,60E+01	-3,66E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	1,88E-06	9,73E-12	8,51E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,39E-02	-8,13E-04	-7,01E-04	5,54E-03	-1,89E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m= 61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Beton	PE International	Německo	2011
Výztužná ocel	Worldsteel	Svět	2007
Ocelový plech	Worldsteel	Svět	2007
Konstrukční ocel	Worldsteel	Svět	2007
Sádkartonová deska	PE International	Evropa	2008
XPS	PE International	Německo	2011

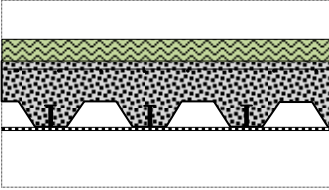
Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování XPS	PE International	Evropa	2011
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B1010.10 Konstrukční systém podlaží

B1010.10.2d	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný životnosti konce	RR (%)
	Korek (mm)	20	Recyklace	80
	Beton (kg/m2)	410	Recyklace	70
	Armování (kg/m2)	8.24	Recyklace	70
	Ocelový plech (kg/m2)	11.10	Recyklace	70
	Sádkartonová deska (mm)	15	Recyklace	80
	Ocelová konstrukce (kg/m2)	40	Recyklace	90

B1010.10.2d - LCA

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-4,62E-04	2,08E-08	1,82E-08	1,25E-06	-3,32E-04
ADP fossil [MJ]	1,52E+03	7,73E+00	6,76E+00	4,88E+01	-3,26E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	3,95E-01	2,50E-03	2,16E-03	2,13E-02	-8,54E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	3,73E-02	5,75E-04	4,97E-04	3,26E-03	-2,37E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	1,51E+02	5,57E-01	4,87E-01	1,43E+01	-3,53E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	1,88E-06	9,75E-12	8,53E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,28E-02	-8,15E-04	-7,03E-04	5,53E-03	-1,86E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m= 61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:

Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Beton	PE International	Německo	2011
Výztužná ocel	Worldsteel	Svět	2007
Ocelový plech	Worldsteel	Svět	2007
Konstrukční ocel	Worldsteel	Svět	2007
Sádkartonová deska	PE International	Evropa	2008
Korek	PE International	Německo	2011

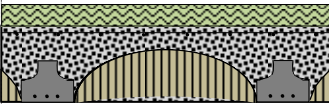
Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B1010.10 Konstrukční systém podlaží

B1010.10.3a	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	PE (mm)	20	Spalování	80
	Beton (kg/m ²)	455.4	Recyklace	70
	Armování (kg/m ²)	21.17	Recyklace	70

B1010.10.3a

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-5,27E-05	2,07E-08	1,81E-08	1,36E-06	-1,09E-05
ADP fossil [MJ]	6,37E+02	7,68E+00	6,71E+00	5,31E+01	-4,99E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,62E-01	2,48E-03	2,15E-03	2,32E-02	-1,80E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,12E-02	5,71E-04	4,94E-04	3,55E-03	-7,25E-04
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	7,42E+01	5,53E-01	4,84E-01	1,70E+01	-5,44E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	2,64E-07	9,69E-12	8,47E-12	2,91E-09	3,61E-08
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,23E-02	-8,09E-04	-6,98E-04	6,00E-03	-2,31E-03

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

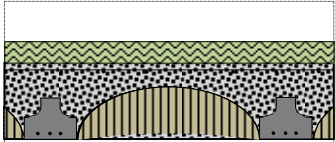
Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Beton	PE International	Německo	2011
Výztužná ocel	Worldsteel	Svět	2007
PE	PE International	Německo	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007
Spalování PE	PE International	Evropa	2011

B1010.10 Konstrukční systém podlaží					
B1010.10.3b	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný životnosti	konec	RR (%)
	EPS (mm)	20	Spalování		80
	Beton (kg/m ²)	455.4	Recyklace		70
	Armování (kg/m ²)	21.17	Recyklace		70
B1010.10.3b					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-5,38E-05	2,07E-08	1,81E-08	1,36E-06	-1,09E-05
ADP fossil [MJ]	6,18E+02	7,68E+00	6,71E+00	5,30E+01	-4,24E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,61E-01	2,48E-03	2,15E-03	2,31E-02	-1,52E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,11E-02	5,71E-04	4,93E-04	3,55E-03	-5,61E-04
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	7,36E+01	5,53E-01	4,83E-01	1,66E+01	-4,87E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	2,93E-07	9,68E-12	8,46E-12	2,90E-09	3,61E-08
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,87E-02	-8,09E-04	-6,98E-04	6,00E-03	-2,14E-03

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Beton	PE International	Německo	2011
Výztužná ocel	Worldsteel	Svět	2007
EPS	PE International	Evropa	2011

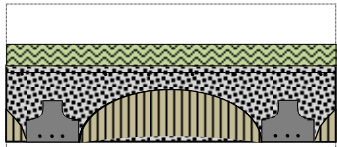
Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

Spalování EPS	PE International	Evropa	2011
---------------	------------------	--------	------

B1010.10 Konstrukční systém podlaží					
B1010.10.3c	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný životnosti	konec	RR (%)
	XPS (mm)	20	Spalování		80
	Beton (kg/m ²)	455.4	Recyklace		70
	Armování (kg/m ²)	21.17	Recyklace		70
B1010.10.3c					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-5,35E-05	2,07E-08	1,81E-08	1,36E-06	-1,09E-05
ADP fossil [MJ]	6,37E+02	7,68E+00	6,71E+00	5,31E+01	-4,89E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,63E-01	2,48E-03	2,15E-03	2,32E-02	-1,77E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,12E-02	5,71E-04	4,94E-04	3,56E-03	-7,04E-04
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	7,42E+01	5,53E-01	4,84E-01	1,72E+01	-5,37E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	2,64E-07	9,69E-12	8,47E-12	2,91E-09	3,61E-08
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,35E-02	-8,09E-04	-6,98E-04	6,01E-03	-2,28E-03

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Beton	PE International	Německo	2011
Výztužná ocel	Worldsteel	Svět	2007
XPS	PE International	Evropa	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

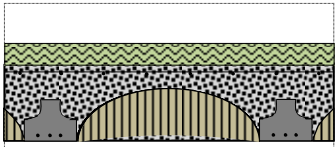
Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011

Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007
Spalování XPS	PE International	Evropa	2011

B1010.10 Konstrukční systém podlaží

B1010.10.3d	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	Korek (mm)	20	Recyklace	80
	Beton (kg/m ²)	455.4	Recyklace	70
	Armování (kg/m ²)	21.17	Recyklace	70

B1010.10.3d

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-5,40E-05	2,07E-08	1,83E-08	1,36E-06	-1,09E-05
ADP fossil [MJ]	6,02E+02	7,69E+00	6,80E+00	5,29E+01	-3,17E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,64E-01	2,49E-03	2,18E-03	2,31E-02	-1,12E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,19E-02	5,72E-04	5,00E-04	3,54E-03	-3,22E-04
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	7,40E+01	5,54E-01	4,90E-01	1,55E+01	-4,05E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	2,64E-07	9,71E-12	8,58E-12	2,90E-09	3,62E-08
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,24E-02	-8,11E-04	-7,07E-04	6,00E-03	-1,91E-03

Funkční ekvivalent:

1 m² konstrukční desky budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Beton	PE International	Německo	2011
Výztužná ocel	Worldsteel	Svět	2007
Korek	PE International	Německo	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

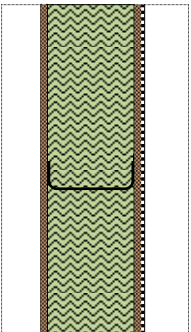
Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
--------	--------------	---------------------	-------

Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B2010.20 Konstrukce vnější stěny

B2010.20.1a	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	OSB (mm)	13	Spalování	80
	Minerální vlna (mm)	120	Recyklace	80
	Sádrokartonová deska (mm)	15	Skládka	
	LWS (kg/m2)	15	Recyklace	90

B1010.20.1a

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	3,06E-05	2,19E-09	1,92E-09	4,32E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	7,09E+02	8,14E-01	7,12E-01	1,68E+00	-3,05E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	2,65E-01	2,63E-04	2,28E-04	7,35E-04	-4,81E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,41E-02	6,05E-05	5,23E-05	1,13E-04	-1,17E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	6,50E+01	5,86E-02	5,13E-02	4,94E-01	-1,73E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	6,43E-07	1,03E-12	8,98E-13	9,24E-11	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	3,27E-02	-8,58E-05	-7,40E-05	1,91E-04	-1,13E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² vnější stěny budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:

Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3

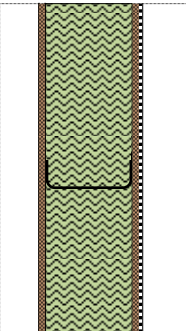
Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
OSB	PE International	Německo	2008
Sádrokartonová deska	PE International	Evropa	2008
Nízko-hmotnostní ocel (LWS)	Worldsteel	Svět	2007
Minerální vlna	PE International	Evropa	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování OSB	PE International	Německo	2008
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B2010.20 Konstrukce vnější stěny				
B2010.20.1b	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	OSB (mm)	13	Spalování	80
	EPS (mm)	120	Spalování	80
	Sádkartonová deska (mm)	15	Skládka	
	LWS (kg/m2)	15	Recyklace	90

B1010.20.1b					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,82E-05	1,93E-09	1,62E-09	5,61E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	6,75E+02	7,18E-01	6,00E-01	1,84E+00	-3,70E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,44E-01	2,32E-04	1,92E-04	8,87E-04	-7,24E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,03E-02	5,34E-05	4,41E-05	1,50E-04	-2,60E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	5,18E+01	5,17E-02	4,33E-02	6,79E+00	-2,22E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	8,13E-07	9,05E-13	7,57E-13	8,54E-11	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,33E-02	-7,57E-05	-6,24E-05	1,70E-04	-1,27E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² vnější stěny budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m= 61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

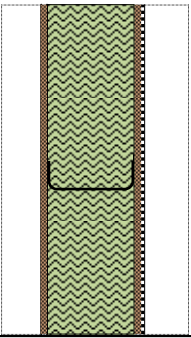
Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
OSB	PE International	Německo	2008
Sádkartonová deska	PE International	Evropa	2008
Nízko-hmotnostní ocel (LWS)	Worldsteel	Svět	2007
EPS	PE International	Evropa	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování OSB	PE International	Německo	2008
Spalování EPS	PE International	Evropa	2011
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B2010.20 Konstrukce vnější stěny				
B2010.20.1c	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	OSB (mm)	13	Spalování	80
	XPS (mm)	120	Spalování	80
	Sádrokartonová deska (mm)	15	Skládka	
	LWS (kg/m2)	15	Recyklace	90

B1010.20.1c					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,99E-05	2,24E-09	1,84E-09	7,46E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	7,89E+02	8,33E-01	6,85E-01	2,36E+00	-4,08E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,53E-01	2,69E-04	2,19E-04	1,16E-03	-8,70E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,09E-02	6,20E-05	5,04E-05	2,01E-04	-3,46E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	5,52E+01	6,00E-02	4,94E-02	1,07E+01	-2,52E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	6,41E-07	1,05E-12	8,65E-13	1,04E-10	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	3,16E-02	-8,79E-05	-7,13E-05	2,06E-04	-1,36E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² vnější stěny budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
OSB	PE International	Německo	2008
Sádrokartonová deska	PE International	Evropa	2008
Nízko-hmotnostní ocel (LWS)	Worldsteel	Svět	2007
XPS	PE International	Německo	2011

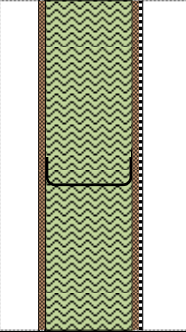
Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování	PE International	Německo	2008
Spalování XPS	PE International	Evropa	2011
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B2010.20 Konstrukce vnější stěny

B2010.20.1d	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	OSB (mm)	13	Spalování	80
	PUR (mm)	120	Spalování	80
	Sádronová deska (mm)	15	Skládka	
	LWS (kg/m2)	15	Recyklace	90

B1010.20.1d

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	8,52E-05	2,24E-09	1,84E-09	7,64E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	9,22E+02	8,33E-01	6,85E-01	3,02E+00	-3,70E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,66E-01	2,69E-04	2,19E-04	3,30E-03	-7,23E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,43E-02	6,20E-05	5,04E-05	7,68E-04	-2,60E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	6,70E+01	6,00E-02	4,94E-02	7,11E+00	-2,22E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	6,44E-07	1,05E-12	8,65E-13	1,30E-10	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,81E-02	-8,79E-05	-7,13E-05	3,15E-04	-1,27E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² vnější stěny budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m= 61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
OSB	PE International	Německo	2008
Sádronová deska	PE International	Evropa	2008
Nízko-hmotnostní ocel (LWS)	Worldsteel	Svět	2007
PUR	PE International	Německo	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

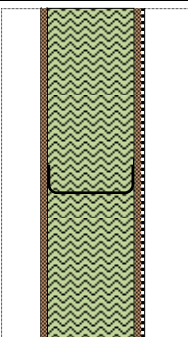
Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
--------	--------------	---------------------	-------

Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011
---------------------------	------------------	------	------

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování OSB	PE International	Německo	2008
Spalování PUR	PE International	Evropa	2011
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B2010.20 Konstrukce vnější stěny

B2010.20.1e	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	OSB (mm)	13	Spalování	80
	Korek (mm)	120	Recyklace	80
	Sádrokartonová deska (mm)	15	Skládka	
	LWS (kg/m2)	15	Recyklace	90

B1010.20.1e

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,72E-05	3,49E-09	1,60E-09	3,48E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	5,78E+02	1,30E+00	5,94E-01	1,36E+00	-3,05E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,60E-01	4,19E-04	1,90E-04	5,92E-04	-4,81E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,55E-02	9,64E-05	4,37E-05	9,07E-05	-1,17E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	5,39E+01	9,34E-02	4,28E-02	3,98E-01	-1,73E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	6,40E-07	1,64E-12	7,49E-13	7,44E-11	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,50E-02	-1,37E-04	-6,17E-05	1,54E-04	-1,13E-02

Funkční ekvivalent:

1 m² vnější stěny budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
OSB	PE International	Německo	2008
Sádrokartonová deska	PE International	Evropa	2008
Nízko-hmotnostní ocel (LWS)	Worldsteel	Svět	2007
Korek	PE International	Německo	2011

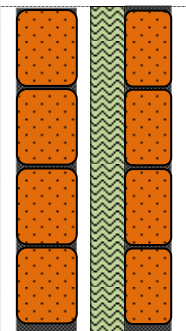
Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování OSB	PE International	Německo	2008
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Recyklace oceli	Worldsteel	Svět	2007

B2010.20 Konstrukce vnější stěny

B2010.20.2a	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	Cihelná stěna (mm)	11	Skládka	
	Vzduchová mezera (mm)	0		
	Minerální vlna (mm)	60	Recyklace	80
	Cihelná stěna (mm)	11	Skládka	

B1010.20.2a

	A1-A3	A4	C2	C4
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	4,00E-06	1,37E-08	1,20E-08	1,55E-06
ADP fossil [MJ]	6,11E+02	5,10E+00	4,46E+00	6,05E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	1,33E-01	1,65E-03	1,43E-03	2,64E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,58E-02	3,79E-04	3,28E-04	4,04E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	8,12E+01	3,67E-01	3,21E-01	1,78E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	3,62E-09	6,43E-12	5,62E-12	3,32E-09
POCP [kg Ethene-Equiv.]	1,21E-02	-5,37E-04	-4,64E-04	6,86E-03

Funkční ekvivalent:

1 m² vnější stěny budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

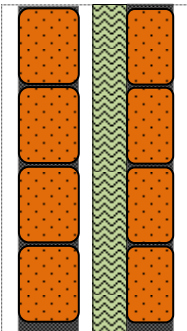
Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Cihla	PE International	Německo	2011
Minerální vlna	PE International	Evropa	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011

B2010.20 Konstrukce vnější stěny					
B2010.20.2b	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)	
	Cihelná stěna (mm)	11	Skládka		
	Vzduchová mezera (mm)	0			
	EPS (mm)	60	Spalování	80	
	Cihelná stěna (mm)	11	Skládka		
B1010.20.2b					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,81E-06	1,34E-08	1,17E-08	1,56E-06	-4,49E-08
ADP fossil [MJ]	5,94E+02	4,97E+00	4,35E+00	6,06E+01	-3,21E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	7,23E-02	1,61E-03	1,39E-03	2,65E-02	-1,22E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	8,96E-03	3,70E-04	3,20E-04	4,06E-03	-7,17E-04
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,46E+01	3,58E-01	3,13E-01	2,09E+01	-2,46E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	8,86E-08	6,27E-12	5,48E-12	3,31E-09	-4,97E-11
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,74E-02	-5,24E-04	-4,52E-04	6,85E-03	-7,02E-04

Funkční ekvivalent:

1 m² vnější stěny budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m= 61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

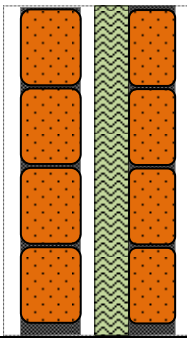
Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Cihla	PE International	Německo	2011
EPS	PE International	Evropa	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Spalování EPS	PE International	Evropa	2011

Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011		
B2010.20 Konstrukce vnější stěny					
B2010.20.2c	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)	
	Cihelná stěna (mm)	11	Skládka		
	Vzduchová mezera (mm)	0			
	XPS (mm)	60	Spalování	80	
	Cihelná stěna (mm)	11	Skládka		
B1010.20.2c					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	3,64E-06	1,34E-08	1,17E-08	1,57E-06	-7,18E-08
ADP fossil [MJ]	6,51E+02	4,98E+00	4,36E+00	6,08E+01	-5,14E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	7,67E-02	1,61E-03	1,39E-03	2,66E-02	-1,95E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	9,23E-03	3,71E-04	3,20E-04	4,09E-03	-1,15E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,63E+01	3,59E-01	3,14E-01	2,29E+01	-3,94E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	3,00E-09	6,29E-12	5,50E-12	3,32E-09	-7,96E-11
POCP [kg Ethene-Equiv.]	1,15E-02	-5,25E-04	-4,53E-04	6,87E-03	-1,12E-03

Funkční ekvivalent:

1 m² vnější stěny budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

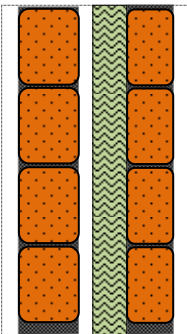
Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Cihla	PE International	Německo	2011
XPS	PE International	Německo	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
--------	--------------	---------------------	-------

Spalování XPS	PE International	Evropa	2011		
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011		
B2010.20 Konstrukce vnější stěny					
B2010.20.2d	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný životnosti	konec	RR (%)
	Cihelná stěna (mm)	11	Skládka		
	Vzduchová mezera (mm)	0			
	PUR (mm)	60	Spalování		80
	Cihelná stěna (mm)	11	Skládka		
B1010.20.2d					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	3,13E-05	1,34E-08	1,17E-08	1,57E-06	-4,52E-08
ADP fossil [MJ]	7,17E+02	4,98E+00	4,36E+00	6,12E+01	-3,22E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	8,33E-02	1,61E-03	1,39E-03	2,77E-02	-1,21E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,09E-02	3,71E-04	3,20E-04	4,37E-03	-7,15E-04
GWP [kg CO2-Equiv.]	8,22E+01	3,59E-01	3,14E-01	2,11E+01	-2,46E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	4,11E-09	6,29E-12	5,50E-12	3,34E-09	-4,99E-11
POCP [kg Ethene-Equiv.]	9,80E-03	-5,25E-04	-4,53E-04	6,92E-03	-7,02E-04

Funkční ekvivalent:

1 m² vnější stěny budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

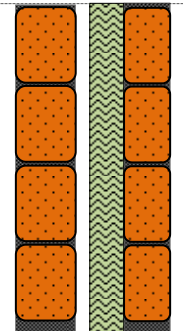
Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Cihla	PE International	Německo	2011
PUR	PE International	Německo	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum		
Spalování PUR	PE International	Evropa	2011		
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011		
B2010.20 Konstrukce vnější stěny					
B2010.20.2e	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný životnosti	konec	RR (%)
	Cihelná stěna (mm)	11	Skládka		
	Vzduchová mezera (mm)	0			
	Korek (mm)	60	Recyklace		80
	Cihelná stěna (mm)	11	Skládka		
B1010.20.2e					
	A1-A3	A4	C2	C4	
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,27E-06	1,35E-08	1,18E-08	1,55E-06	
ADP fossil [MJ]	5,46E+02	5,03E+00	4,40E+00	6,03E+01	
AP [kg SO2-Equiv.]	8,06E-02	1,63E-03	1,41E-03	2,63E-02	
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,16E-02	3,74E-04	3,23E-04	4,03E-03	
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,57E+01	3,62E-01	3,17E-01	1,77E+01	
ODP [kg R11-Equiv.]	2,30E-09	6,35E-12	5,55E-12	3,31E-09	
POCP [kg Ethene-Equiv.]	8,25E-03	-5,30E-04	-4,57E-04	6,84E-03	

Funkční ekvivalent:

1 m² vnější stěny budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m=61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Cihla	PE International	Německo	2011
Korek	PE International	Německo	2011

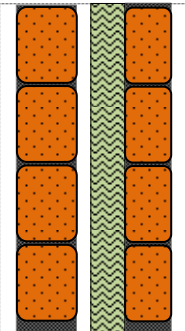
Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011

B2010.20 Konstrukce vnější stěny

B2010.20.2f	Materiály	Tloušťka/ hustota	Možný konec životnosti	RR (%)
	Cihelná stěna (mm)	11	Skládka	
	Vzduchová mezera (mm)	0		
	Skelná vlna, vata (mm)	60	Skládka	
	Cihelná stěna (mm)	11	Skládka	

B1010.20.2f

	A1-A3	A4	C2	C4
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	6,07E-04	1,35E-08	1,18E-08	1,55E-06
ADP fossil [MJ]	6,13E+02	5,01E+00	4,38E+00	6,05E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	9,80E-02	1,62E-03	1,40E-03	2,67E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,33E-02	3,73E-04	3,22E-04	5,07E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,81E+01	3,61E-01	3,16E-01	1,83E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	3,81E-09	6,32E-12	5,53E-12	-3,92E-09
POCP [kg Ethene-Equiv.]	8,60E-03	-5,28E-04	-4,56E-04	7,01E-03

Funkční ekvivalent:

1 m² vnější stěny budovy projektované na dobu životnosti 50 let se součinitelem prostupu tepla $U=0.92 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ a tepelnou setrvačností $\kappa_m= 61060 \text{ J/m}^2\cdot\text{K}$.

Další informace:**Seznam údajů a dat použitých v modulech A1-A3**

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Cihla	PE International	Německo	2011
Skelná vlna (vata)	PE International	Evropa	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech A4 a C2 (předpokládané vzdálenosti 20km)

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Přeprava nákl.automobilem	PE International	Svět	2011

Seznam údajů a dat použitých v modulech C4-D

Proces	Datový zdroj	Geografické pokrytí	Datum
Skládka inertních materiálů	PE International	Německo	2011
Skládka skelné vlny(vaty)	PE International	Německo	2010