

# Průvodce aLIFEca

Virtuální otevřený kurz posuzování životního cyklu  
v automobilovém průmyslu



**Spolufinancováno  
Evropskou unií**

Financováno Evropskou unií. Názory vyjádřené jsou názory autora a neodráží nutně oficiální stanovisko Evropské unie či Evroské výkonné agentury pro vzdělávání a kulturu (EACEA). Evropská unie ani EACEA za vyjádřené názory nenesou odpovědnost.

# 1. ZAČÍNÁME

1. ZAČÍNÁME.....	1
1.1 CO JE HODNOCENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU?.....	2
1.2 PRO KOHO JE MOOC aLIFEca URČEN? .....	3
1.3 CO POTŘEBUJETE VĚDĚT PŘED ZAHÁJENÍM MOOC aLIFEca? .....	3
1.4 CO SE NAUČÍTE A CO VÁM MOOC aLIFEca PŘINESE? .....	4
1.5 RÁMEC PRO HODNOCENÍ A CERTIFIKACI.....	7

Na dopravu připadá v členských zemích Evropské agentury pro životní prostředí třetina veškeré konečné spotřeby energie a více než pětina emisí skleníkových plynů (GHG)<sup>1</sup>. Doprava je také zodpovědná za velkou část znečištění ovzduší ve městech. Je hlavní příčinou negativních dopadů na lidské zdraví a souvisí s globálním oteplováním. Důležitým faktorem při snižování emisí skleníkových plynů je druh paliva používaného v dopravě<sup>2</sup>. V odborné literatuře jsou uvedeny jednotlivé metody používané pro hodnocení environmentálních aspektů, které lze aplikovat i na automobilový průmysl. LCA zohledňuje dopady na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu vozidla, počínaje fází výroby vozidla (včetně zpracování materiálů pro výrobu vozidla, montáže vozidla a výroby paliva), přes fázi provozu (včetně fáze spalování paliva a servisu vozidla) až po konec životního cyklu (nakládání s odpady, včetně recyklace a sešrotování)<sup>3,4</sup>.

## 1.1 CO JE HODNOCENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU?

LCA je nejvyspělejší technikou zohledňující environmentální rozměr výrobků a technologií. Jedná se vlastně o metodiku používanou k identifikaci, charakterizaci a hodnocení dopadů na životní prostředí v celém životním cyklu výrobku od těžby surovin („kolébky“) až po konečnou likvidaci („hrob“). LCA umožňuje porovnávat environmentální aspekty různých výrobků i technologických řešení a vybírat výrobky nebo řešení s nejmenším dopadem na životní prostředí během celého životního cyklu.

Vlády po celém světě se potýkají s přechodem na udržitelnou mobilitu a obnovitelné zdroje energie. Přechod na ekologickou mobilitu způsobuje bezprecedentní transformaci automobilového průmyslu a celkovou restrukturalizaci ekosystému. Vznikají nová pracovní místa, která nahrazují pracovní místa ztracená v průmyslu fosilních paliv. Pro tato nová pracovní místa bude zapotřebí kvalifikovaný personál. Analytické

---

<sup>1</sup> Rievaj V., Synák F. Produkce elektromobil emise? Vědecký časopis Slezské technické univerzity. Série Transport. 2017; 94: 187-197

<sup>2</sup> Bílá kniha o dopravě, 2011. Plán jednotného evropského dopravního prostoru - na cestě ke konkurenceschopnému dopravnímu systému účinně využívajícímu zdroje. Evropská komise Brusel, 28.3.2011, Brusel, Belgie. KOM (2011) 144 v konečném znění.

<sup>3</sup> Burchart-Korol D., Jursova S., Folęga P., Korol J., Pustejovska P., Blaut A. Environmental life cycle assessment of electric vehicles in Poland and the Czech Republic (Hodnocení životního cyklu elektromobilů v Polsku a České republice z hlediska životního prostředí), Journal of Cleaner Production 2018, 202, s. 476-487

<sup>4</sup> Moro A., Helmens E., A new hybrid method for reducing the gap between WTW and LCA in the carbon footprint assessment of electric vehicles (Nová hybridní metoda pro snížení rozdílu mezi WTW a LCA při posuzování uhlíkové stopy elektrických vozidel), The International Journal of Life Cycle Assessment. 2017, roč. 22, č. 1, s. 4

dovednosti a povědomí o životním prostředí se stanou nutností, abyste obstáli jako zaměstnanci nebo uchazeči o zaměstnání na všech kvalifikovaných pozicích v automobilovém průmyslu a ve všech druzích souvisejících odvětví a služeb. Hodnocení životního cyklu (LCA) představuje přesný způsob měření dopadů automobilového průmyslu na životní prostředí. Udržitelnost je jednou z hlavních priorit dodavatelského řetězce v automobilovém průmyslu.

## 1.2 PRO KOHO JE MOOC ALIFECA URČEN?

Kurz je určen pro všechny, kteří se zajímají o LCA, automobilový průmysl a jeho přechod na zelené nefosilní technologie. Je určen zejména pro studenty terciárního nebo sekundárního vzdělávání, kteří představují budoucí pracovníky v oblasti ekologického automobilového průmyslu. Kromě toho MOOC aLIFEca může být užitečný pro manažery a inženýry, kteří se zabývají tématy udržitelnosti a budoucím vývojem produktů. Nesmíme zapomenout ani na podnikatele se zájmem o ekologicky udržitelné inovace a v neposlední řadě na lektory, školitele a učitele, kteří mohou kurz MOOC aLIFEca vytvořený v rámci projektu využít pro svá školení, přednášky a výuku.

MOOC aLIFEca odráží potřeby dnešního rychle rostoucího automobilového průmyslu a také potřeby cílové skupiny díky národním seminářům MOOC, které byly uspořádány v každé partnerské zemi. Do kurzu byla zapracována zpětná vazba od pilotní cílové skupiny. Moderování kurzu během národního semináře MOOC přispělo k přizpůsobení kurzu pro jeho snazší pochopení studentů.

Můžete si být jisti, že MOOC aLIFEca je přizpůsoben vašim vlastním potřebám podle aktuálních trendů na trhu práce v automobilovém průmyslu. Kurz vychází z analýzy současného automobilového průmyslu (viz výsledek projektu PR 1.1).

## 1.3 CO POTŘEBUJETE VĚDĚT PŘED ZAHÁJENÍM MOOC aLIFEca?

Měli byste mít základní znalosti o ochraně životního prostředí a základních pojmech z oblasti automobilového průmyslu. Obecné znalosti o vozidlech se spalovacími motory, elektromobilech nebo elektromobilech s palivovými články nejsou nutné, protože teorie o nich je v MOOC aLIFEca a aLIFEca Guide obsažena. V kurzu jsou vysvětleny všechny podrobnosti týkající se posuzování životního cyklu a jeho aplikace v automobilovém průmyslu.

Kurz je koncipován jako hromadný online otevřený kurz (MOOC), který je k dispozici zdarma a probíhá online. MOOC představuje svým charakterem inovativní výuku a učení, které probíhají online, je zaměřen na neomezenou účast po celém světě a má otevřený přístup přes web. MOOC poskytuje v online prostředí bezplatnou a otevřenou výuku každému, kdo se zaregistruje bez ohledu na barvu pleti, náboženství, věk, pohlaví, zdravotní stav nebo dokonce předchozí vzdělání či kvalifikaci. Kurz MOOC aLIFEca je otevřen všem zájemcům bez ohledu na to, zda již dříve studovali. Můžete jednoduše sledovat kurz svým vlastním tempem, přičemž si můžete dopřát tolik času, kolik potřebujete.

## **1.4 CO SE NAUČÍTE A CO VÁM MOOC aLIFEca PŘINESE?**

Po absolvování kurzu budete mít povědomí o posuzování životního cyklu. Dozvíte se, co tato analýza zahrnuje a jak ji aplikovat na automobilový průmysl. Dozvíte se o dopadu konvenčních a ekologických technologií mobility na životní prostředí. A co je nejdůležitější, pomocí LCA budete umět porovnat výrobky, technologie a služby z hlediska jejich dopadu na životní prostředí. Pro svou budoucí kariéru získáte větší výhodu při hledání zaměstnání.

Kurz je strukturovaný a přizpůsobený vašim budoucím profesním potřebám v oblasti ekologických automobilů. Kurz je připraven na základě požadavků trhu práce v automobilovém průmyslu, který přechází na ekologickou mobilitu, a plně odráží požadavky tohoto odvětví na pracovníky. Kurz vychází z požadavků současného automobilového průmyslu na pracovní pozice v oblasti udržitelnosti, které jsou shrnuty ve výsledku projektu PR 1.1. Na základě tohoto studia je celý kurz připraven tak, aby odpovídal nejnovějším trendům a technologiím v automobilovém průmyslu. Kurz MOOC aLIFEca je rozdělen do 5 částí – kapitoly 1 Začínáme, kterou právě čtete, obsahující obecné informace o kurzu a předpoklady pro zápis do kurzu, a 4 teoretických kapitol. Každá kapitola se skládá z teoretických předpokladů, které představují dané téma a na které navazují další materiály, jako jsou případové studie, videa, články atd.

### **KAPITOLA 2: ÚVOD DO UDRŽITELNOSTI A LCA**

Seznámíte se zde s hlavními pilíři udržitelnosti a metodikou LCA. V kapitole jsou vysvětleny základní informace o tématech z teoretického hlediska. Dozvíte se, jak definovat hranice systému a jaké přístupy se k tomu používají. Seznámíte se s pojmy,

jako je environmentální aspekt, dopad, kategorie dopadu LCA a environmentální stopa. Budou vám představeny čtyři hlavní fáze LCA a dozvíte se, jak podle nich postupovat. Teorie bude podpořena praktickými příklady, které studentům pomohou zasadit pojmy do praktické perspektivy. Kapitola zaručuje získání takových technických dovedností, které vám pomohou v budoucí profesní kariéře související s LCA, a to zejména v automobilovém průmyslu.

Kapitolu připravila SPIN 360, SRL – italská pokročilá a inovativní poradenská společnost, jejímž hlavním posláním je podporovat inovační a rozvojové strategie pro podniky a celá průmyslová odvětví v oblasti zaměstnanosti, vzdělávání, udržitelnosti a sociální odpovědnosti, ekodesignu procesů, výrobků a řízení dodavatelského řetězce.

### **KAPITOLA 3: LCA V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU: VOZIDLA NA KONVENČNÍ PALIVA**

Seznámíte se s teoretickými informacemi o spalovacích motorech prostřednictvím popisu jejich vývoje a vysvětlení principů jejich fungování. Aktuálně povolené emisní limity jsou uvedeny s ohledem na současné evropské emisní předpisy pro osobní automobily, lehká užitková vozidla, nákladní automobily a autobusy. V této kapitole jsou uvedeny různé metody měření spotřeby paliva na základě jízdních cyklů. Kapitola obsahuje případovou studii o hodnocení životního cyklu vozidel na konvenční paliva, která představuje srovnávací studii ICEV – diesel a ICEV – benzín. V neposlední řadě jsou teoretické poznatky podpořeny příklady výsledků konkrétních měření spotřeby a produkce skleníkových plynů osobního automobilu, autobusu a vlaku v reálném provozu. Kapitola zaručuje získání teoretických dovedností, které umožní lépe posoudit výhody či nevýhody použití určitého dopravního prostředku (vozidla) na základě jeho technických vlastností a druhu paliva. Kapitola rozvíjí dovednosti a znalosti, jak chránit životní prostředí z hlediska spotřeby energie a emisí skleníkových plynů.

Kapitolu připravila Žilinská univerzita – jedna z nejvýznamnějších vzdělávacích institucí na Slovensku. Má dlouholetou tradici se zaměřením na technické a dopravní studie. Univerzita je rozdělena na 7 fakult včetně Fakulty provozu a ekonomiky dopravy. Hlavním cílem její činnosti je doprava a všechny druhy dopravních provozních technologií. Fakulta intenzivně pracuje v oblasti strojírenství, technologie, podnikání a obchodu.

## **KAPITOLA 4: LCA V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU: VOZIDLA NA ALTERNATIVNÍ PALIVA**

Kapitola se zabývá využitím alternativních paliv v automobilovém průmyslu. Na začátku představuje teoretické předpoklady týkající se elektrických vozidel, elektrických vozidel s palivovými články a jejich LCA. Předkládá údaje o výpočetním modelu environmentální stopy. Kromě toho kapitola obsahuje případové studie LCA těchto vozidel. Analýza LCA je v rámci kapitoly prezentována formou případových studií s reálnými provozními daty. Jsou zde uvedeny výsledky v závislosti na různém energetickém mixu, v němž jsou vozidla provozována. Případové studie jsou uvedeny pro několik typů vozidel na alternativní paliva, jako jsou bateriová elektrická vozidla a elektrická vozidla s palivovými články. LCA bateriových elektrických vozidel je prezentována na příkladu Polska a jeho energetického mixu. Dále je představena LCA nabíjení baterií elektromobilů pro každou zemi EU. Elektromobily s palivovými články jsou analyzovány s využitím vodíku z koksárenského plynu, což je sekundární plyn vznikající v metalurgickém průmyslu, který je bohatý na vodík. Analýza porovnává LCA vodíku z různých zdrojů. Závěrečná případová studie shrnuje srovnávací analýzu životního cyklu vozidel na benzín, naftu a baterie. Získáte znalosti o aplikaci hodnocení životního cyklu LCA v automobilovém průmyslu, zejména o LCA alternativ.

Kapitolu připravila Slezská technická univerzita (SUT), která je nejstarší technickou univerzitou v Horním Slezsku, jednou z největších v Polsku a jedinou ve Slezsku, která byla zařazena do prestižní skupiny deseti polských univerzit. SUT má 13 fakult a 2 ústavy, včetně Fakulty dopravního a leteckého inženýrství, které se zaměřují na výzkum a vývoj v oblasti vývoje alternativních paliv a environmentálních metod hodnocení životního cyklu a dále vývoje modelů udržitelnosti dopravy.

## **KAPITOLA 5: NÁSTROJE PRO LCA A POSUZOVÁNÍ VLIVŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ**

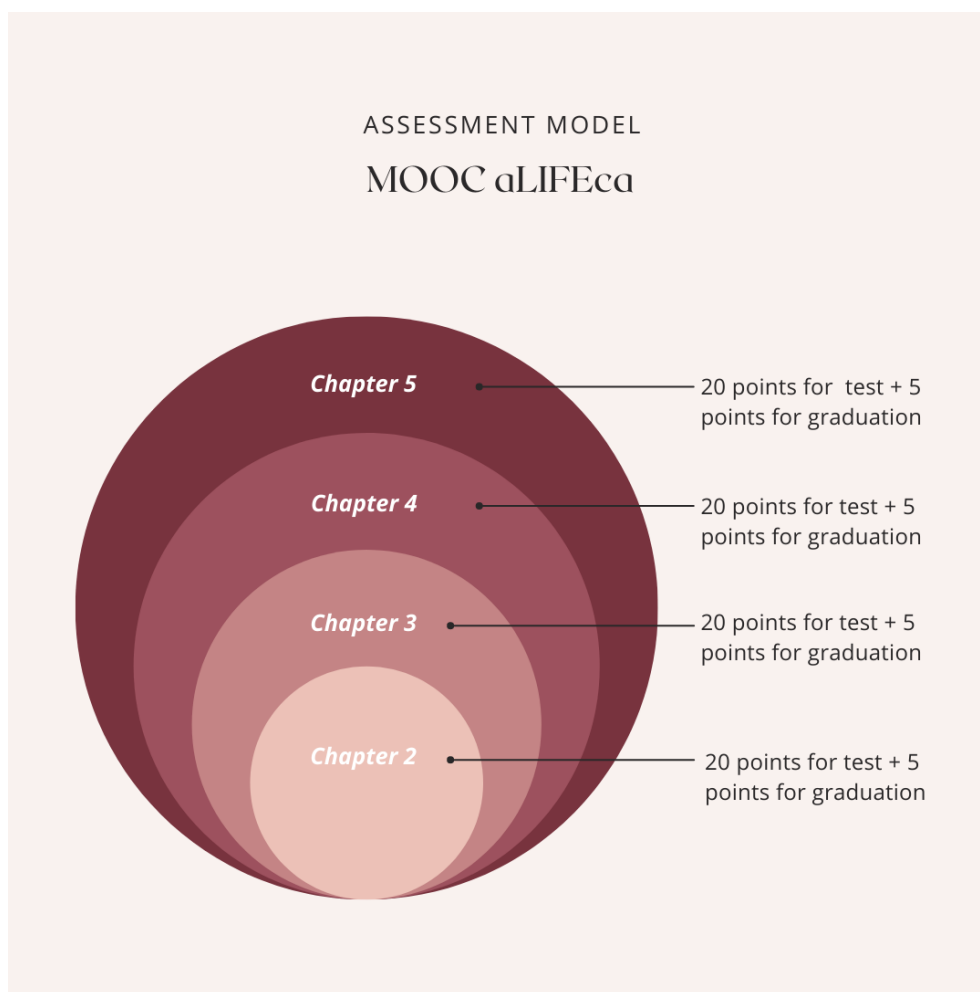
Získáte znalosti o různých databázích LCI a několika softwarových nástrojích LCA, které lze použít pro analýzu LCA. Kapitola uvádí přehled dostupných softwarových nástrojů pro LCA a dále se specializuje na ty nejrozšířenější, jako jsou SimaPro, Gabi, Umberto, a zmiňuje také nejpoužívanější bezplatný nástroj. OpenLCA.

Kapitolu připravila společnost Scoveco – zkušená IT společnost, která pomáhá předávat znalosti a know-how přímo lidem v průmyslu a vytvářet inovativní řešení. Po deseti letech zkušeností má společnost zavedené procesy, vypracovala mnoho úspěšných projektů a vytvořila silnou síť. Společnost SCOVECO se zaměřuje především na

konzultace, školení a koučování společností z automobilového průmyslu a také na podporu této práce při vývoji IT řešení a vlastních nástrojů pro potřeby podniků.

## 1.5 RÁMEC PRO HODNOCENÍ A CERTIFIKACI

Po úspěšném absolvování MOOC aLIFeCa získáte certifikát nebo digitální odznak jako uznání dosažené úrovně dovedností. Níže uvedené schéma znázorňuje globální hodnocení MOOC aLIFeCa. Provedením hodnocených aktivit v jednotlivých kapitolách můžete získat celkem 100 bodů. Kapitola 1 neobsahuje žádné hodnocené aktivity, kapitoly 2 – 5 obsahují 80 bodů. Zbývajících 20 % získáte, když dokončíte všechny kapitoly a splníte všechny jejich aktivity. Po úspěšném absolvování obdržíte certifikát, který dokládá úspěšné absolvování MOOC aLIFeCa. Minimální úspěšnost pro absolvování MOOC aLIFeCa je 60 %. Úspěšní absolventi mohou získat certifikát nebo digitální odznak.



Obrázek 1: Model hodnocení certifikačního rámce pro získání certifikátu nebo digitálního odznaku



## **CERTIFIKÁT**

Po úspěšném absolvování MOOC aLIFEca získáte certifikát, pokud kurz absolvujete s minimálním hodnocením 60 %. Na certifikátu bude uvedeno, že jste kurz úspěšně absolvovali, ale nebude obsahovat konkrétní známku. Certifikát bude vydán pod hlavičkou konsorcia projektu aLIFEca s uvedením podpory Evropské komise, která přípravu kurzu finančně podpořila.

## **DIGITÁLNÍ ODZNAK**

Digitální odznak bude po skončení kurzu vydán všem přihlášeným a ověřeným účastníkům, kteří dosáhli alespoň 60 % celkového hodnocení. Tento druh certifikátu bude obsahovat známku, které jste dosáhli na konci MOOC aLIFEca spolu s jménem účastníka. Digitální odznak si budete moci stáhnout ze svého studentského účtu. Zkontrolujte, zda je ve vašem účtu vaše jméno napsáno správně, protože bude uvedeno na závěrečném certifikátu. Opět bude vydán pod hlavičkou konsorcia projektu aLIFEca.

## 2. ÚVOD DO UDRŽITELNOSTI A LCA

2. ÚVOD DO UDRŽITELNOSTI A LCA .....	9
2.1 VYMEZENÍ UDRŽITELNOSTI A UDRŽITELNÉHO ROZVOJE .....	11
2.2 ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, HOSPODÁŘSTVÍ A SPOLEČNOST: K HOLISTICKÉMU PŘÍSTUPU .....	12
2.3 VYUŽITÍ METODY LCA PRO POSUZOVÁNÍ VLIVŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....	18
2.4 ENVIRONMENTÁLNÍ STOPY .....	21
2.5 HRANICE SYSTÉMU .....	24
Od kolébky ke hrobu .....	26
Od kolébky k bráně (cradle to gate) .....	27
Od kolébky ke kolébce .....	28
Od brány k bráně .....	29
Od vrtu ke kolu .....	30
2.6 FÁZE LCA .....	30
Cíl a rozsah .....	31
Inventarizace životního cyklu (lci) .....	32
Posouzení dopadů životního cyklu (lcia) .....	33
Interpretace .....	36
2.7 ODKAZY KE KAPITOLE .....	38



## Doba studia 120 minut



### Cíle

#### JAKÉ ZNALOSTI STUDENTI ZÍSKAJÍ:

Po absolvování těchto lekcí budou studenti schopni:

- získat lepší znalosti o udržitelnosti a udržitelném rozvoji
- lépe formulovat různé rozměry udržitelnosti a jejich důsledky
- získat přehled o tom, co je hodnocení životního cyklu (LCA), z čeho se skládá a o hlavních referenčních normách LCA.

#### JAK JIM KAPITOLA POMŮŽE Pochopit dané téma:

Studenti se seznámí s hlavními pilíři udržitelnosti a metodikou LCA a budou jim poskytnuty solidní základy těchto témat z teoretického hlediska. Teorie bude zároveň podpořena praktickými příklady, které studentům pomohou zasadit pojmy do praktické perspektivy.

#### JAKÉ DOVEDNOSTI BUDE KAPITOLA ROZVÍJET

Kapitola zaručuje získání takových technických dovedností, které studentům pomohou v budoucí profesní kariéře související s LCA, a to zejména v automobilovém průmyslu.

#### KDE MOHOU STUDENTI VYUŽÍT SVÉ ZNALOSTI

Studenti mohou tyto znalosti využít ve své budoucí práci související s ochranou životního prostředí a hodnocením dopadů na životní prostředí v automobilovém průmyslu.



## Teorie

## 2.1 VYMEZENÍ UDRŽITELNOSTI A UDRŽITELNÉHO ROZVOJE

Slovo „udržitelnost“ je jedním z nejpoužívanějších slov současnosti. Tento koncept si v 21. století postupně získal obrovskou celosvětovou pozornost, ale diskurz kolem udržitelosti nás vrací zpět na konec 20. století spolu s definicí „udržitelného rozvoje“. 20. března 1987 vydala Světová komise pro životní prostředí a rozvoj (WCED) zprávu Brundtlandové (známou také jako Naše společná budoucnost). Název pochází od koordinátorky Gro Harlem Brundtlandové, která byla v tomto roce předsedkyní WCED. Tento dokument poprvé formuluje koncept udržitelného rozvoje jako:

*„Rozvoj, který uspokojuje potřeby současnosti, aniž by ohrožoval schopnost budoucích generací uspokojovat své vlastní potřeby.“ [5]*

K této definici můžeme přidat i obecnější význam udržitelosti jako „schopnosti udržet se v existenci bez přerušení nebo omezení“. Jedná se o zjevně širokou oblast použití: udržitelný rozvoj je chápán jako závazek uspokojovat základní potřeby všech a rozšiřovat všem možnost uspokojit jejich touhu po lepším životě. Nejedná se pouze o environmentální rozměr, ale spíše o etický princip, který zahrnuje i životní prostředí. Proto lze v rámci konceptu udržitelosti a udržitelného rozvoje zohlednit několik dimenzí.

Již z výše uvedené jednoduché definice je zřejmé, že udržitelost je **ve své podstatě komplexní jev**. Pochopit, co je udržitelost a jak můžeme udržitelosti dosáhnout, znamená integrovat různé sféry činnosti, ale zároveň dbát na to, jak jsou tyto sféry (nebo rozměry) zohledněny.

Od roku 1987 do současnosti přijalo mezinárodní společenství několik závazků, které stanovují environmentální normy, pokyny a cíle pro dosažení udržitelosti. Jedním z nejnovějších a nejznámějších je Agenda 2030 pro udržitelný rozvoj a 17 cílů udržitelného rozvoje (SDGs), které přijalo Valné shromáždění OSN v roce 2015. Agenda 2030, jejíž vizí je nenechat nikoho pozadu, představuje globální rozvojovou strategii zaměřenou na lidi, planetu, prosperitu, mír a partnerství. Agenda 2030 ještě více zdůrazňuje potřebu integrace různých oblastí udržitelosti. Tradičně jsou definovány jako

---

<sup>5</sup> OSN, Zpráva Světové komise pro životní prostředí a rozvoj: Naše společná budoucnost, 1987.

environmentální, sociální a ekonomické, ale jejich vzájemné vztahy vytvářejí ještě více dílčích dimenzí, které je třeba zvážit. Nicméně stále není zcela jasné, jak tuto vícerozměrnost integrovat, a právě tato obtíž často vede k nevyhnutelným kompromisům, kdy je třeba obětovat jeden rozměr ve prospěch druhého.

Pokud tedy chceme lépe formulovat koncept udržitelnosti, je třeba zvážit následující tvrzení:

1. Udržitelnost je nejdůležitějším problémem, který musí člověk řešit
2. Udržitelnost je složitá
3. Udržitelnost je popsána několika různými parametry a ukazateli
4. Udržitelnost je vědecky podložená
5. Udržitelnost lze měřit
6. Udržitelnost nemá nic společného s komunikačními a marketingovými nástroji
7. Většina spotřebitelů udržitelnost dobře nechápe
8. Udržitelnost musí být vlastní danému systému nebo činnosti a nelze ji přidávat dodatečně

## 2.2 ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, HOSPODÁŘSTVÍ A SPOLEČNOST: K HOLISTICKÉMU PŘÍSTUPU

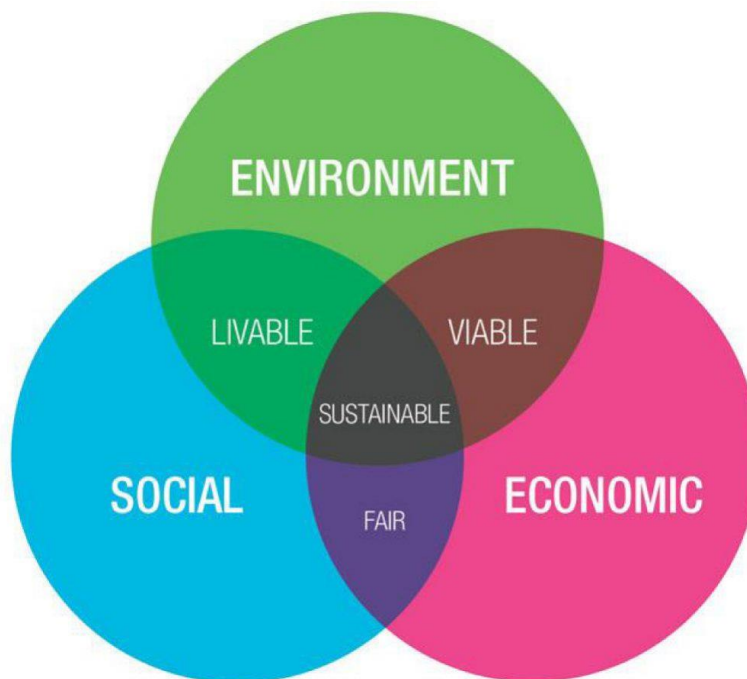
Jak již bylo uvedeno, Agenda 2030 zavazuje světové společenství k „dosažení udržitelného rozvoje ve třech jeho rozměrech – ekonomickém, sociálním a environmentálním - vyváženým a integrovaným způsobem“ [6]. Tyto koncepty však již byly součástí mezinárodní diskuse, jak dokládá světový summit v roce 2005 [7], což umožnilo zavedení těchto rozměrů do mnoha následných národních norem a certifikačních systémů.

Ve skutečnosti není možné dosáhnout určité úrovně environmentální, sociální nebo ekonomické udržitelnosti bez zohlednění alespoň základní úrovně všech tří forem současně, jinými slovy holistické vize udržitelného rozvoje (Obrázek 2:)

---

<sup>6</sup> Oddělení OSN pro hospodářské a sociální záležitosti (2015), Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development <https://sdgs.un.org/2030agenda>, naposledy navštíveno v únoru 2022

<sup>7</sup> <https://www.who.int/hiv/universalaccess2010/worldsummit.pdf>



Obrázek 2: Tři rozměry udržitelnosti

## EKONOMICKÝ

Měřítkem velikosti a zdraví ekonomiky dané země je obvykle hrubý domácí produkt (HDP). Je to peněžní hodnota konečného zboží a služeb vyrobených v dané zemi za určité období (obvykle za rok). Poskytuje ekonomický přehled o zemi, který se používá k odhadu velikosti ekonomiky a tempa růstu. HDP považuje všechny transakce za pozitivní, takže se jeho součástí stávají i škody způsobené znečištěním, přírodními katastrofami atd. (například: když si koupíte auto, HDP roste, když máte nehodu, HDP roste také). HDP tak nerozlišuje mezi činnostmi, které zahrnují blahobyt, a těmi, které mu mohou bránit.

V průběhu let bylo zavedeno mnoho ukazatelů alternativních k HDP. Příkladem je ukazatel skutečného pokroku (Genuine Progress Indicator, GPI), který na národní úrovni měří hospodářský růst a prosperitu. Cílem GPI je měřit růst kvality života (což je někdy v protikladu k hospodářskému růstu, který se naopak měří pomocí HDP), a to tak, že se rozlišují pozitivní výdaje (které zvyšují blahobyt, např. výdaje za zboží a služby) a negativní výdaje (např. náklady na kriminalitu, znečištění, dopravní nehody). GPI proto zahrnuje environmentální aspekty z hlediska zelené nebo sociální ekonomiky.

Podobně zelený hrubý domácí produkt (zelený HDP) je ukazatel hospodářského růstu, který zohledňuje důsledky tohoto růstu pro životní prostředí. Zelený HDP

zpeněžuje ztrátu biologické rozmanitosti a zohledňuje náklady způsobené změnou klimatu.

Ekonomický rozměr udržitelnosti proto zohledňuje schopnost rozvíjet odpovědný ekonomický systém, který zaručuje například optimální využívání energie, a také poskytuje pobídky pro podniky a další organizace, aby dodržovaly zásady udržitelnosti.

## SOCIÁLNÍ

Sociální rozměr udržitelnosti zohledňuje hodnoty, které podporují spravedlnost a respekt k právům jednotlivce, přičemž je třeba zajistit rovnováhu mezi potřebami jednotlivců a potřebami skupiny. Kromě tradičnějších témat sociální udržitelnosti (jako je chudoba a zaměstnanost) komunita zahrnuje i nová témata: sociální spravedlnost, rozmanitost, sociální kvalita života a integrované řízení včetně sociální odpovědnosti podniků (CSR) a hybridních obchodních modelů [8]. Přestože pojem CSR je možná známější, v poslední době se objevil názor, že společenská odpovědnost se vztahuje na všechny organizace, protože různé typy subjektů uznaly, že i ony mají odpovědnost přispívat k udržitelnému rozvoji a udržitelnosti [9]. To samozřejmě předpokládá blahobyt, kvalitu života a udržitelný lidský rozvoj a zahrnuje lidské zdraví a jeho ochranu, environmentální spravedlnost, přístup ke vzdělání a rovné příležitosti.

Parametrem, který lze vzít v úvahu pro ucelenější uvažování o třech rozměrech udržitelnosti, je norma ISO26000: 2010 „Pokyny pro společenskou odpovědnost“. Cílem normy ISO 26000 je pomoci organizacím bez ohledu na jejich velikost a umístění přispívat k udržitelnému rozvoji [9]. Ačkoli je norma ISO 26000 založena na konceptu společenské odpovědnosti, je stále více vnímána jako způsob hodnocení závazku organizace k udržitelnosti a její celkové výkonnosti, protože zahrnuje základní předměty a dílčí požadavky, jak je vysvětleno na Obrázek 3:.

---

<sup>8</sup> Talan, A., Tyagi, R.D., Surampalli, Rao Y. (2020), "Social Dimensions of Sustainability", DOI: 10.1002/9781119434016.ch9

<sup>9</sup> [https://iso26000.info/wp-content/uploads/2016/03/ISO\\_Sustainability\\_brochure.pdf](https://iso26000.info/wp-content/uploads/2016/03/ISO_Sustainability_brochure.pdf)



Obrázek 3: Základní předměty ISO 26000

## ENVIRONMENTÁLNÍ

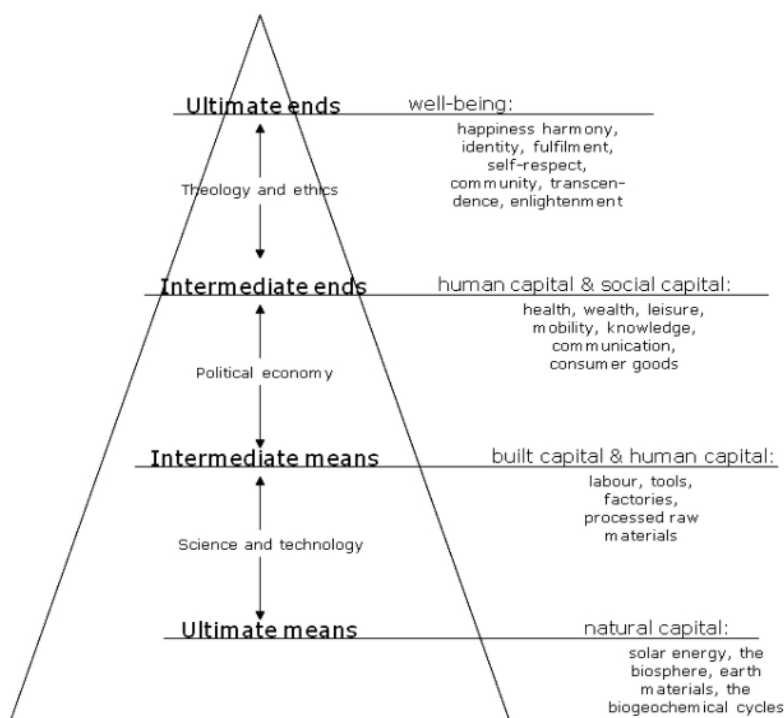
Životní prostředí je třetím pilířem, ale samozřejmě hlavním zájmem budoucnosti lidstva. Ekonomika i společnost jsou omezeny limity ekosystémů Země. Jak již bylo zmíněno, otázky životního prostředí hrají v Agendě 2030 převažující roli a většina cílů udržitelného rozvoje obsahuje konkrétní odkazy na propojení životního prostředí s dalšími rozvojovými prioritami.

Obecněji řečeno, od roku 2000 jsou nejnaléhavějšími problémy, které je třeba řešit v rámci environmentálních dimenzí, samozřejmě změna klimatu, ztráta biologické rozmanitosti a znečištění, zejména znečištění plasty, a dopady člověka na atmosféru, půdu a vodní zdroje, přičemž je třeba usilovat o to, aby bylo možné využívat přírodní zdroje bez narušení rovnováhy a integrity ekosystémů.

Životní prostředí má tedy přímý dopad na ekonomické a sociální aspekty udržitelného rozvoje a naopak. Proto je potřeba holistického myšlení, které zdůrazňuje vzájemnou provázanost těchto tří dimenzí, ještě naléhavější.



Jak zdůrazňuje UNESCAP (2015) [10], jedním z přístupů by mohlo být uvažování v termínech *více hlavních měst*. V tomto modelu je definováno pět forem kapitálu: výrobní, přírodní, finanční, lidský a sociální kapitál. Základem udržitelnosti je vyvážený rozvoj založený na uznání různých forem národního bohatství. Dalyho trojúhelník odkazuje zejména na různé formy kapitálu a uznává, že každá z nich přispívá k lidskému blahobytu jedinečným způsobem (Obrázek 4:).



Obrázek 4: Dalyho trojúhelník, od roku 1973 v Meadowsu 1998

V tomto smyslu je přírodní kapitál konečným prostředkem rozvoje. Bez těchto zdrojů a služeb není na čem stavět lidskou společnost a lidský blahobyt. Dalyho trojúhelník tak může pomoci lépe vysvětlit integraci a vazby mezi životním prostředím, ekonomikou a společností.

Pro účely MOOC aLIFEca se diskuse o udržitelnosti zaměřuje na automobilový průmysl, a zejména na vysvětlení hodnocení životního cyklu (LCA) jako přesného způsobu měření dopadů automobilového průmyslu na *životní prostředí*. Udržitelnost je jednou z hlavních priorit dodavatelského řetězce v automobilovém průmyslu. S cílem snížit emise v tomto odvětví, na základě důsledných inovačních strategií a globální

<sup>10</sup>UNESCAP OSN (2015), „Integrace tří dimenzí udržitelného rozvoje: rámec a nástroje“. [https://www.unescap.org/sites/default/files/Integrating the three dimensions of sustainable development A framework.pdf](https://www.unescap.org/sites/default/files/Integrating%20the%20three%20dimensions%20of%20sustainable%20development%20A%20framework.pdf)

efektivitu v hodnotovém řetězci probíhá nový vývoj: několik příkladů jsou nové technologie hnacích soustrojí, odlehčování a používání recyklovaných a biologických materiálů. [11].

Cílem je však samozřejmě integrovanější přístup k udržitelnosti (tj. schopnost posuzovat environmentální, sociální a ekonomické aspekty společně). Pokud je tedy environmentální rozměr pokryt a dobře zaveden v rámci LCA, je třeba posílit metody a nástroje pro měření ekonomického a sociálního rozměru.

Několik studií zkoumá koncept hodnocení udržitelnosti životního cyklu (LCSA) [12], který znamená kombinaci LCA, výpočtu nákladů životního cyklu (LCC) a sociálního hodnocení životního cyklu (SLCA) a který lze shrnout do vzorce:

$$LCSA = LCA + LCC + SLCA$$

LCSA integruje kritéria udržitelnosti: LCA pro environmentální aspekty, LCC pro ekonomické aspekty a SLCA pro sociální aspekty. Pouze komplexní posouzení těchto tří složek umožňuje realizovat principy udržitelného rozvoje.

---

<sup>11</sup> CLEPA (2021), „Dodavatelé automobilů usilují o uhlíkově neutrální mobilitu, přičemž na první místo kladou lidské zdraví a životní prostředí“, <https://clepa.eu/mediaroom/clepa-pr-materials-regulations-event-2021/>, naposledy navštíveno v únoru 2022

<sup>12</sup>Burchart-Korol, D., (2011) „Použití hodnocení udržitelnosti životního cyklu a sociálně-ekologické analýzy v komplexním hodnocení udržitelného rozvoje“, Journal of Ecology and Health.

## 2.3 VYUŽITÍ METODY LCA PRO POSUZOVÁNÍ VLIVŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

V předchozí kapitole jsme si ukázali, že zachování přírodního prostředí je předpokladem dobře fungující ekonomiky a společnosti.

Podle terminologie normy ISO 14001 [13] můžeme definovat:

- **Prostředí:** okolí, ve kterém organizace působí, zahrnující vzduch, vodu, půdu, přírodní zdroje, faunu, flóru, lidi a jejich vzájemné vztahy.
- **Environmentální aspekt:** prvek činností, výrobků nebo služeb organizace, který může působit na životní prostředí.
- **Dopad na životní prostředí:** nepříznivá nebo příznivá změna životního prostředí, která vyplývá z environmentálních aspektů organizace.

Dopad na životní prostředí je tedy důsledkem environmentálního aspektu. Příklady aspektů a dopadů jsou uvedeny v Tabulka 1::

Tabulka 1: příklady environmentálních aspektů a dopadů

Aspekt	Dopad
Emise oxidu uhličitého	Změna klimatu (prostřednictvím globálního oteplování)
Spotřeba oleje (vozidla)	Vyčerpání přírodních zdrojů
Vypouštění do vody	Kontaminace vody
Emise do ovzduší	Kontaminace ovzduší

Podle normy ISO 14001 je pro každou organizaci vyžadován systematický přístup ke stanovení aspektů a dopadů: Posuzování životního cyklu (LCA) může pomoci při dosahování těchto cílů z hlediska životního prostředí.

---

<sup>13</sup> Norma ISO 14000 označuje řadu technických norem týkajících se environmentálního řízení organizací, které zavedla Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO).

LCA je proto nejvyspělejší technikou a zohledňuje environmentální rozměr. Jedná se vlastně o metodiku používanou k identifikaci, charakterizaci a hodnocení dopadů na životní prostředí v celém životním cyklu výrobku od těžby surovin („kolébky“) až po konečnou likvidaci („hrob“). LCA umožňuje porovnávat environmentální aspekty různých výrobků i technologických řešení a vybírat výrobky nebo řešení s nejmenším dopadem na životní prostředí během celého životního cyklu.

Životní cyklus výrobku se obecně skládá z pěti hlavních fází:

1. Těžba surovin (tj. použité zdroje)
2. Výroba a zpracování (včetně montáže a skladování)
3. Doprava
4. Použití & maloobchod
5. Konec životnosti: opětovné použití a recyklace



Obrázek 5: Cyklus LCA

V systémové perspektivě jsou hlavními typy dopadů obecně dopady spojené se *vstupy*, *výstupy* a *procesy*. Příklady vstupů mohou zahrnovat (mimo jiné): suroviny, vodu, tepelnou energii, elektrickou energii, chemikálie, dopravu. Příklady výstupů mohou zahrnovat: hotové výrobky, vedlejší produkty, emise odpadních vod do vody, recyklovaný odpad, odstraněný odpad. Příklady procesů mohou zahrnovat skladování, čištění, montáž, balení.

Pro identifikaci environmentálních problémů typických pro řadu průmyslových odvětví, včetně odvětví dopravy, se používá metoda LCA k posouzení potenciálního dopadu technologií a výrobků na životní prostředí v rámci různých *kategorií* poškození, včetně emisí skleníkových plynů a dopadu na lidské zdraví. LCA je technika, která – kromě jiných funkcí – umožňuje na základě údajů z průzkumu posoudit dopady různých kategorií dopadů na životní prostředí, včetně emisí prachových a plyných znečišťujících látek. [14]

Kategorie dopadu je „třída představující problematiku životního prostředí, ke kterým lze přiřadit výsledky analýzy inventarizace životního cyklu.“ Příklady kategorií dopadů: emise skleníkových plynů, acidifikace půdy, eutrofizace vody, ekotoxicita, vyčerpání fosilních paliv a nerostných surovin.

K provádění analýz životního cyklu se používá mnoho metod, včetně:

- metody středního bodu ILCD doporučené Evropskou komisí jako reprezentativní pro evropské podmínky
- metody IPCC, kterou vyvinul Mezivládní panel pro změnu klimatu a která se používá k posouzení dopadu na emise skleníkových plynů,
- metody kumulativní poptávky po energii, která umožňuje stanovit kumulativní poptávku po energii,
- metody IMPACT2002+, která umožňuje sestavit soupisy údajů a vyhodnotit je v rámci více než desítky mezikategorií přiřazených ke čtyřem základním kategoriím škod,
- metody ReCiPe 2008, která představuje jeden z nejkompexnějších modelů hodnocení [15].

LCA je předmětem mezinárodních norem *ISO 14040: 2006 a ISO 14044: 2006 /Amd 2: 2020*, které definují čtyři hlavní kroky LCA, jak ukazují Obrázek 6: a Obrázek 13::

---

<sup>14</sup> Burchart-Korol D., (2010): Ocena cyklu życia - nową techniką zarządzania środowiskowego, Wdrażanie nowoczesnych systemów i narzędzi zarządzania procesami technologicznymi. Praca zbiorowa. Pod red. Remigiusza Sosnowskiego, Gliwice: Wydaw. Politechniki Śląskiej, Monografia. nr 267, s. 231-242

<sup>15</sup> Burchart-Korol D., Korol J., Czaplicka-Kolarz K.(2016) „Posouzení životního cyklu výroby tepla z podzemního zplyňování uhlí“, International Journal for Life Cycle Assessment, sv. 21, vyd. 10, s. 1391-1403.



Obrázek 6: Fáze posuzování životního cyklu

Využití metody LCA pro měření dopadů na životní prostředí přináší mnoho výhod. LCA zahrnuje celý životní cyklus výrobku, počínaje těžbou a získáváním surovin, přes výrobu energie a materiálů, výrobu a provoz až po zpracování nebo likvidaci na konci životnosti. LCA se používá jako prostředek ke komplexnímu hodnocení procesů, výběru materiálů a jejich vlivu na emise skleníkových plynů během životního cyklu a dalších kategorií dopadů a škod [16]. Mezi výhody patří mimo jiné:

- kvantifikace klíčových dopadů na životní prostředí
- identifikace příležitostí ke zlepšení environmentálních aspektů výrobků v celém jejich životním cyklu
- podpora rozhodování v rámci organizace – protože rozhodovat můžete pouze o věcech, které jste předtím skutečně změřili
- marketing (např. uspokojení poptávky spotřebitelů po ekologických výrobcích a jejich možnosti dozvědět se, jak je výrobek udržitelný)
- lepší znalost dodavatelů

Pokud se podíváme na LCA aplikovanou na automobilový průmysl, zjistíme, že nabízí jeden z nejkompexnějších nástrojů pro posouzení transformace automobilového průmyslu a jeho přechodu od konvenčních fosilních paliv, jako je nafta a benzin, k alternativním palivům, jako je CNG, LPG, elektřina a vodík. Umožňuje začlenit do rozhodování myšlenku životního cyklu, aby se dosáhlo udržitelné, oběhové alternativy.

## 2.4 ENVIRONMENTÁLNÍ STOPY

Pro účely posuzování dopadů na životní prostředí se v mnoha odvětvích používá pojem **environmentální stopa**. Environmentální stopy jsou odvozeny z techniky LCA.

<sup>16</sup> Burchart-Korol D., Jursova S., Folęga P., Pustejovska P., (2020) „Posouzení dopadu životního cyklu nabíjení baterií elektrických vozidel v zemích Evropské unie“, Journal of Cleaner Production, sv. 257.

Environmentální stopa je ukazatel založený na více kritériích, který se používá k měření vlivu výrobků a služeb na životní prostředí během jejich životního cyklu.

V roce 2013 zveřejnila Evropská komise (EK) doporučení k používání společných metod měření environmentální výkonnosti v průběhu životního cyklu výrobků a organizací, v důsledku čehož jednotlivá odvětví připravila specifické odvětvové pokyny pro metodiku měření environmentální výkonnosti výrobků a organizací, oficiálně označované jako *pravidla pro kategorii environmentální stopy výrobku* a *pravidla pro environmentální stopy organizací*. Evropská komise v současné době připravuje nová pravidla pro výpočet ekologické stopy a označování výrobků. *Doporučení Evropské komise ze dne 9. dubna 2013 o používání společných metod pro měření a sdělování informací o vlivu výrobků a organizací na životní prostředí během jejich životního cyklu (2013/179/EU)* definuje evropskou metodiku navrhovanou pro měření vlivu výrobků a podniků na životní prostředí. Doporučení EK podporují používání metody měření ekologické stopy ve strategiích a programech určených k měření vlivu výrobků nebo podniků na životní prostředí během jejich životního cyklu. V souladu s doporučením Evropské komise se metoda **ekologické stopy výrobku** (PEF) používá k měření potenciálního dopadu výrobku na životní prostředí během jeho životního cyklu, zatímco metoda **ekologické stopy organizace** (OEF) se používá k měření potenciálního dopadu podniku na životní prostředí během jeho životního cyklu.

Posouzení ekologické stopy se skládá z několika kroků: vymezení účelu a rozsahu analýzy, identifikace zdrojů a emisí, posouzení dopadu na životní prostředí, interpretace výsledků a vypracování zprávy. Hodnocení ekologické stopy výrobků a podniků by mělo být prováděno v souladu se zásadami významnosti, úplnosti, soudržnosti, přesnosti a transparentnosti.

Pokud jde o rámec environmentální stopy, hlavním cílem Evropské unie a jejích členských států je účinné využívání omezených přírodních zdrojů a eliminace výrobků a technologií, které mají značný negativní dopad na životní prostředí. Metodika hodnocení ekologické stopy se může stát součástí závazných právních předpisů v oblasti životního prostředí, systémů environmentálního řízení a zelených programů zadávání veřejných zakázek, jakož i mnoha aktivit a iniciativ přispívajících k rozvoji zelené ekonomiky, jak se běžně označuje, ale může se stát i důležitým prvkem procesu, v němž se přijímají rozhodnutí v oblasti ochrany životního prostředí.

Nejdůležitější environmentální stopy jsou:

- uhlíková stopa (CF)

- vodní stopa (WF)
- ekologická stopa (EF)

Uhlíková stopa je definována jako množství emisí ekvivalentu CO<sub>2</sub> způsobených přímo a nepřímo emisemi skleníkových plynů nebo jako celkové množství skleníkových plynů uvolněných během celého životního cyklu procesu nebo výrobku [17]. CF se vyjadřuje jako hmotnostní ekvivalent oxidu uhličitého na funkční jednotku (FU) výrobku nebo služby (kg CO<sub>2</sub>ekv/FU). CF je také definován jako součet emisí skleníkových plynů, které během životního cyklu výrobku přímo nebo nepřímo vyprodukuje osoba, podnik, výrobek nebo služba.

Vodní stopa (WF) je objem sladké vody spotřebované při výrobě výrobku, měřený v průběhu celého výrobního procesu. Jedná se o vícerozměrný ukazatel, který demonstruje množství spotřebované vody z daného zdroje a množství kontaminované vody podle typu znečištění. WF je ukazatelem spotřeby čisté vody a zahrnuje nejen přímou, ale také nepřímou spotřebu vody. Lze rozlišit modrou složku (spotřeba povrchové a podzemní vody), zelenou složku (spotřeba dešťové vody) a šedou složku (voda potřebná k asimilaci znečištění). Modrá stopa odpovídá objemu použité povrchové a podzemní vody. Pojem zelená stopa se vztahuje na spotřebu dešťové vody, pokud není odváděna například do kanalizace. Zvýšení množství dešťové vody používané k výrobě nebo spotřebě snižuje modrou stopu. Dešťová voda může být při vypouštění do kanalizace znečištěna odpadními vodami, čímž vzniká tzv. šedá stopa. Také dešťová voda odtékající z orné půdy, znečištěná pesticidy nebo hnojivy, může zanechat šedou stopu. Šedá stopa určuje velikost zatížení vody znečištěním, které lze vyjádřit jako objem vody potřebný k naředění znečišťujících látek, které obsahuje, na takovou úroveň, aby se jejich koncentrace stala ekologicky přijatelnou. Čistá voda se stala jedním z nejvzácnějších a nejžádanějších přírodních zdrojů, a proto je nutné začít kvantitativním hodnocením spotřeby vody, aby bylo možné analyzovat procesy nebo jejich jednotlivé fáze, kde lze spotřebu vody minimalizovat.

Ekologická stopa (EF) definuje dopad člověka na životní prostředí. Tento ukazatel vyjadřuje velikost bioprodukční oblasti (pevniny, moří a oceánů), která je nezbytná k získávání zdrojů a produkci zboží spotřebovávaného jejími obyvateli. EF je měřítko, které se používá k místnímu i globálnímu hodnocení regeneračního potenciálu biosféry

---

<sup>17</sup> Burmistrz P., Chmielniak T., Czepirski L., Gazda-Grzywacz M.: Uhlíková stopa procesu výroby vodíku s využitím zplyňování subbituminózního a lignitového uhlí. *Journal of Cleaner Production* Vol. 139, 2016, s. 858-865.



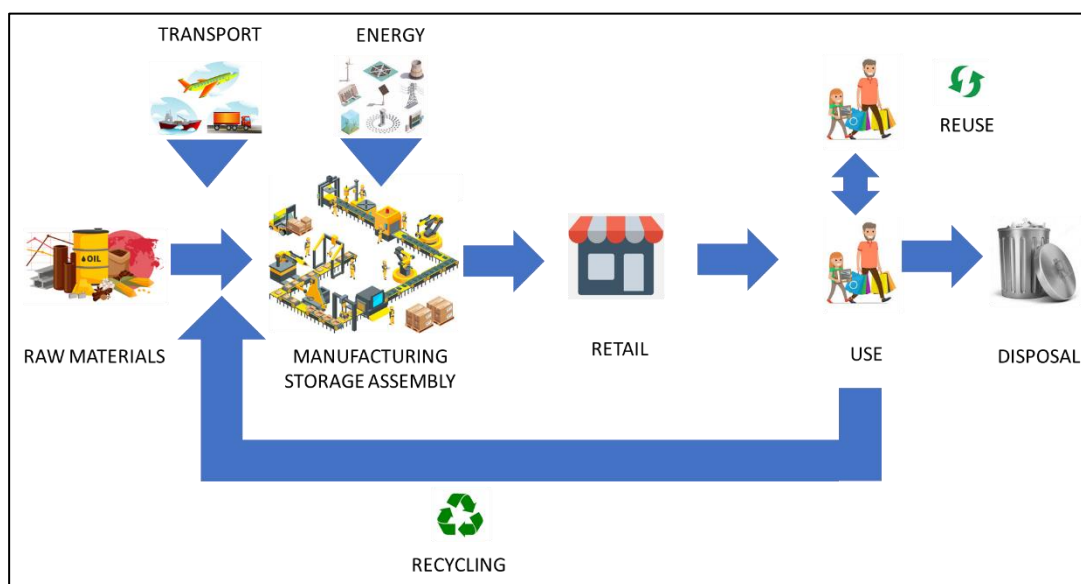
využívaného přímo nebo nepřímo lidmi s ohledem na velikost dostupného biologického potenciálu. EF se týká přímého a nepřímého využívání půdy jako zdroje.

## 2.5 HRANICE SYSTÉMU

Vymezení hranic systému LCA je podstatnou součástí cíle analýzy. Hranice jsou popsány v *normě ISO 14040:2006*.

Hranice systému určuje, které procesy budou do systému zahrnuty nebo z něj vyloučeny, a vymezuje, které procesy by měly být zahrnuty do analýzy systému produktů, včetně toho, zda systém produkuje nějaké vedlejší produkty, které je třeba zohlednit v rámci rozšíření systému nebo alokace<sup>18</sup>.

Definování hranic systému je částečně založeno na subjektivní volbě, která se provádí ve fázi rozsahu, kdy jsou hranice původně stanoveny. Obrázek 7 zobrazuje schematické znázornění hranice systému.



Obrázek 7: znázornění hranic systému LCA

V úvahu přicházejí následující hranice [19]:

**Hranice mezi technologickým systémem a přírodou.** Životní cyklus obvykle začíná v místě těžby surovin a nosičů energie z přírody. Závěrečné fáze obvykle zahrnují výrobu odpadu a/nebo tepla.

<sup>18</sup> Podrobné informace o fázích LCA jsou k dispozici v kapitole 2.6 FÁZE LCA

<sup>19</sup> LCA jako nástroj pro podporu rozhodování o ekologické výrobě olivového oleje, web projektu, k dispozici na <http://www.ecoil.tuc.gr>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

**Geografická oblast.** Geografie hraje ve většině studií LCA zásadní roli, např. infrastruktura, jako je výroba elektřiny, nakládání s odpady a dopravní systémy, se v jednotlivých regionech liší. Citlivost ekosystémů na dopady na životní prostředí se navíc liší i regionálně.

**Časový horizont.** Hranice musí být stanoveny nejen v prostoru, ale také v čase. LCA se v zásadě provádí za účelem vyhodnocení současných dopadů a předpovědi budoucích scénářů. Omezení časových hranic jsou dána použitými technologiemi, životností znečišťujících látek atd.

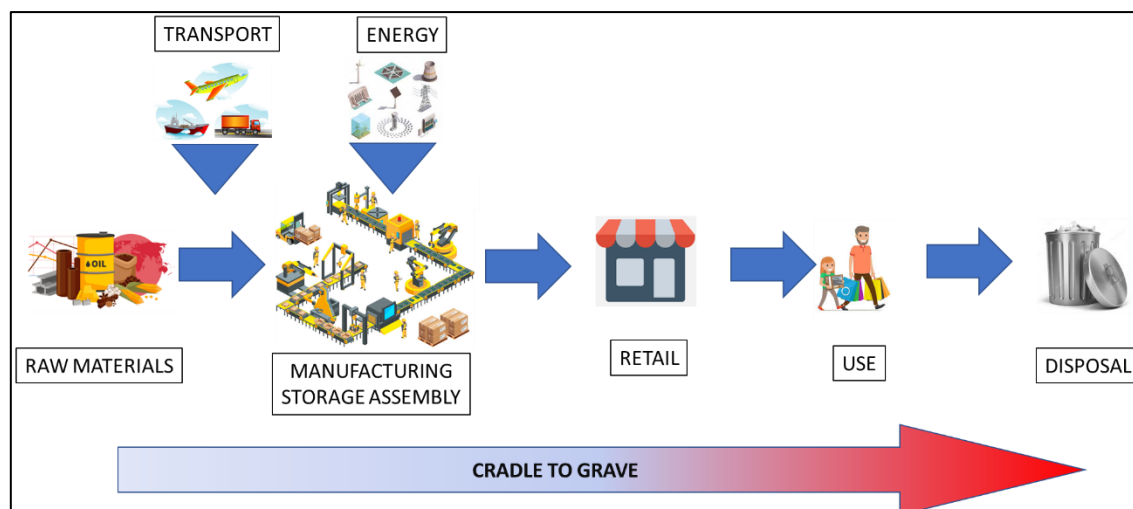
**Hranice mezi současným životním cyklem a souvisejícími životními cykly jiných technických systémů.** Většina činností je vzájemně propojena, a proto je třeba je pro další studium od sebe oddělit. Například při výrobě investičních statků lze hodnotit ekonomickou proveditelnost nových a ekologicky šetrnějších postupů v porovnání se současně používanými technologiemi. Vzájemné vztahy výrobních systémů mají tendenci být vzájemně propojeny velmi složitým způsobem. V ideálním případě jsou požadovány také životní cykly výrobků používaných k výrobě zkoumaných materiálů a výrobku. To by však vedlo k nekonečnému a složitému seznamu vstupů a výstupů. V důsledku toho je třeba stanovit limity, hranice pro vyloučení určitých částí, což však může změnit konečný výstup studie. Čím menší je systém, tím ostřejší je jeho hranice; velké systémy mohou mít více hranic, protože jsou propojeny s více systémy.

Pro identifikaci hranic je velmi užitečný diagram systému a také některé volby, jako je výroba a likvidace kapitálových statků a přírodní hranice.

Existují **čtyři** hlavní možnosti, jak definovat hranice systému používané ve studii LCA:

- Od kolébky ke hrobu
- Od kolébky k bráně
- Od kolébky ke kolébce
- Od brány k bráně
- Od vrtu ke kolu

## OD KOLÉBKY KE HROBU



Obrázek 8: schéma od kolébky ke hrobu

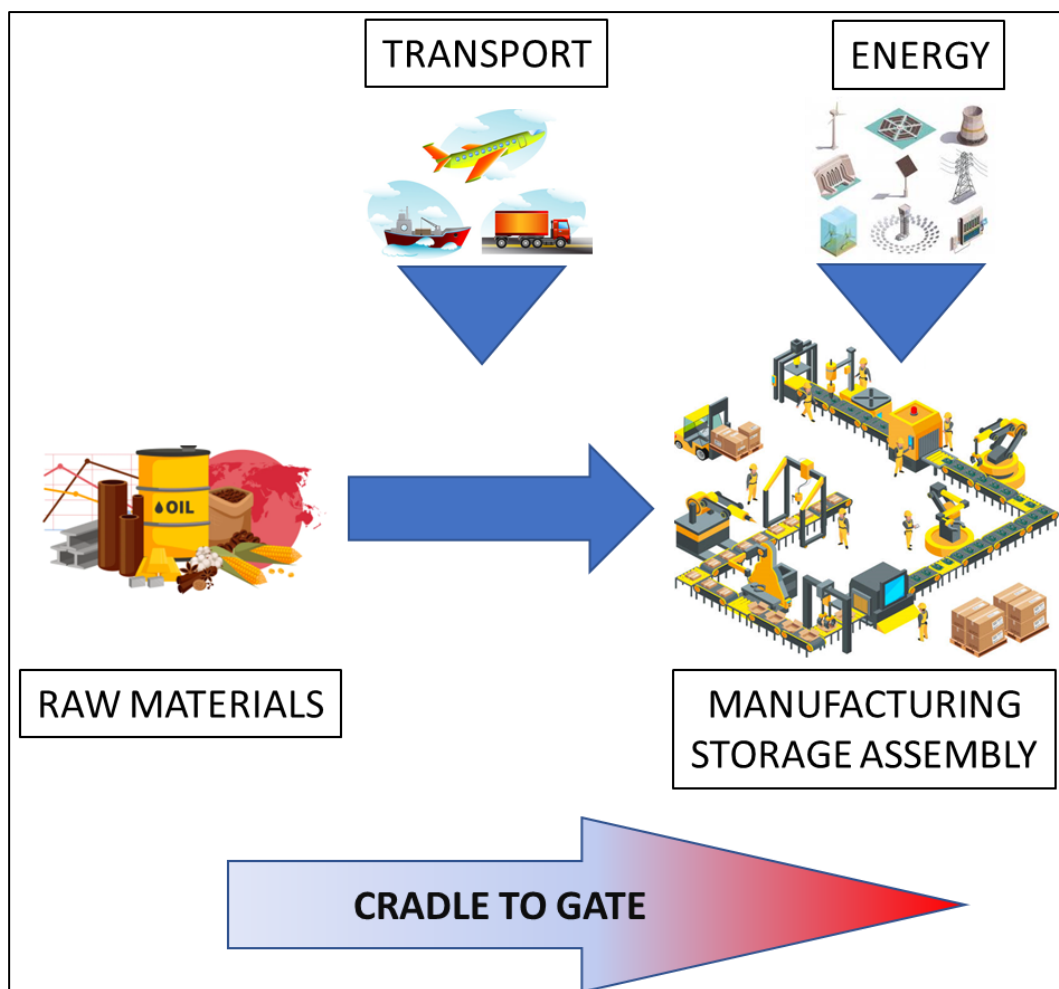
Tato hranice zahrnuje řetězec výroby materiálů a energie a všechny procesy od těžby surovin přes fázi výroby, přepravy a používání až po zpracování výrobku na konci jeho životnosti.

Od kolébky ke hrobu je „konvenční jednorázový přístup“, který již není udržitelný s ohledem na rozvojové cíle stanovené Evropou pro rok 2030 [20]. Velká část emisí skleníkových plynů je totiž způsobena právě tímto způsobem výroby, který je založen na fosilních palivech. K dosažení souladu s Pařížskou dohodou [21] je proto nutná radikální změna výrobních modelů.

<sup>20</sup> Cíle udržitelného rozvoje, [https://ec.europa.eu/international-partnerships/sustainable-development-goals\\_en](https://ec.europa.eu/international-partnerships/sustainable-development-goals_en), březen 2022

<sup>21</sup> Pařížská dohoda je právně závazná mezinárodní smlouva o změně klimatu. Byla přijata 196 smluvními stranami na COP 21 v Paříži 12. prosince 2015 a vstoupila v platnost 4. listopadu 2016.

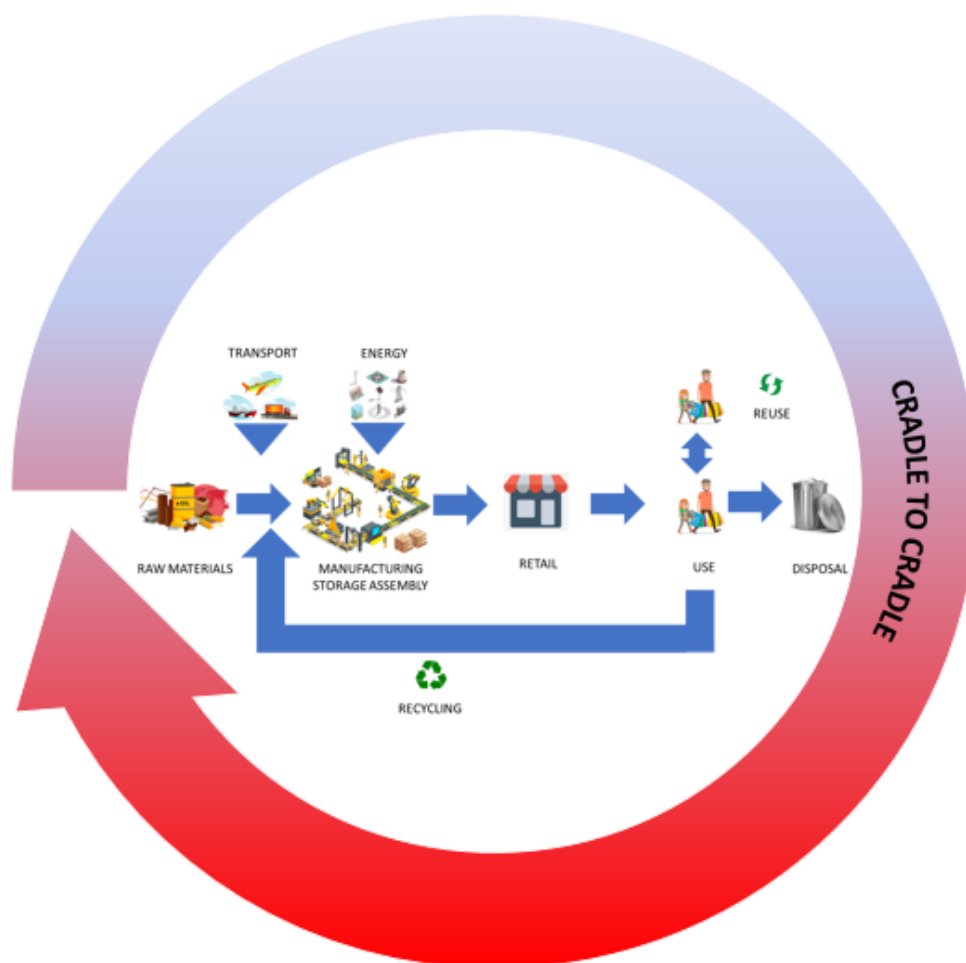
## OD KOLÉBKY K BRÁŇE (CRADLE TO GATE)



Obrázek 9: schéma od kolébky k bráně

Tato hranice zahrnuje všechny procesy od těžby surovin až po fázi výroby (brána závodu); používá se ke stanovení dopadu produkce výrobku na životní prostředí, a vylučuje tak fázi jeho používání a likvidace. Jedná se o dílčí analýzu, která je užitečná v procesu LCA velkých systémů.

## OD KOLÉBKY KE KOLÉBCE



Obrázek 10: schéma od kolébky ke kolébce

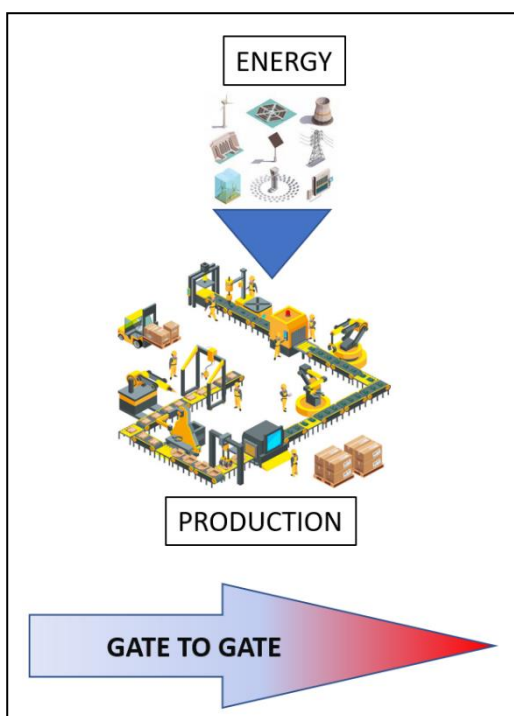
Jedná se o specifický případ předchozí systémové hranice „od kolébky ke hrobu“, kde je krokem zpracování na konci životnosti recyklační proces; používá se k minimalizaci dopadu výrobků na životní prostředí používáním udržitelných výrobních, provozních a likvidačních postupů a jeho cílem je začlenit sociální odpovědnost do vývoje výrobků.

Přístup od kolébky ke kolébce je základním nástrojem oběhového hospodářství, který umožňuje transformovat výrobní procesy snížením odpadu na minimální úroveň a vytvořit pozitivní stopu. Zakladateli přístupu od kolébky ke kolébce jsou Michael Braungart a William McDonough [22], kteří zkoumají hranice procesu prostřednictvím tří základních prvků:

<sup>22</sup> „Od kolébky ke kolébce: změna způsobu, jakým vyrábíme věci“, Michael Braungart a William McDonough, 2002

- Vše je zdrojem něčeho jiného: v přírodě se odpad z jednoho systému stává potravou pro jiný. Vše může být navrženo tak, aby se následně rozložilo a vrátilo do životního prostředí ve formě živin, nebo může být znovu použito jako surovina pro výrobu nových produktů.
- Využívejte čistou a obnovitelnou energii: živým bytostem se daří díky sluneční energii. Stejně tak lze vyrábět produkty s využitím různých forem obnovitelné energie, a to v zájmu ochrany životního prostředí a zdraví.
- Oslavujte rozmanitost: geologie, hydrologie, fotosyntéza a koloběh živin přizpůsobené danému místu vytvářejí po celém světě překvapivou rozmanitost přírodního a kulturního života.

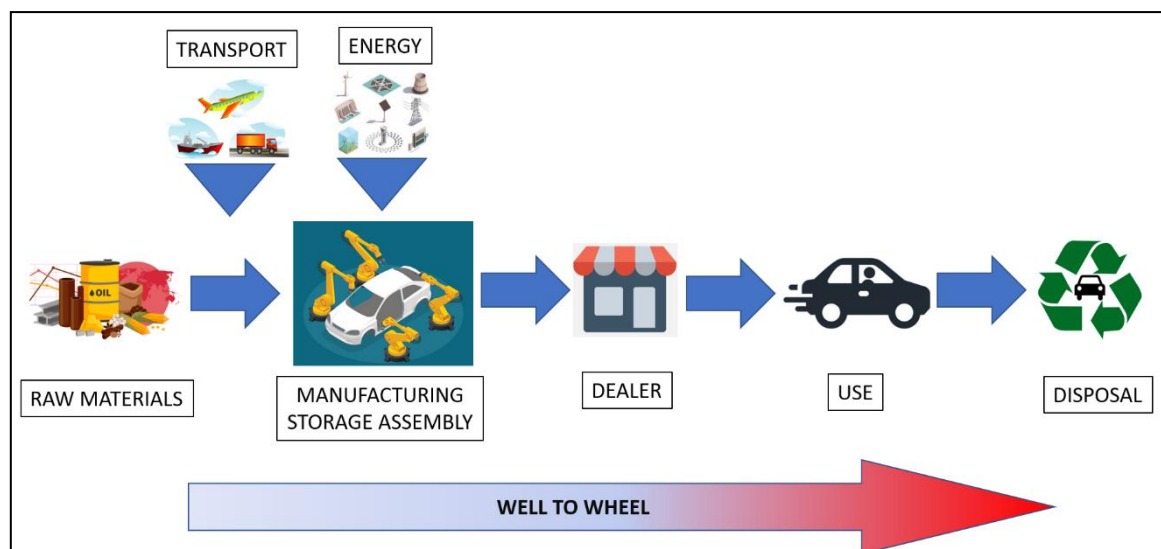
## OD BRÁNY K BRÁNĚ



Obrázek 11: schéma od brány k bráně

Tato hranice zahrnuje pouze procesy z výrobní fáze; používá se ke stanovení dopadů na životní prostředí jednoho výrobního kroku nebo procesu.

## OD VRTU KE KOLU



Obrázek 12: schéma od vrtu ke kolu

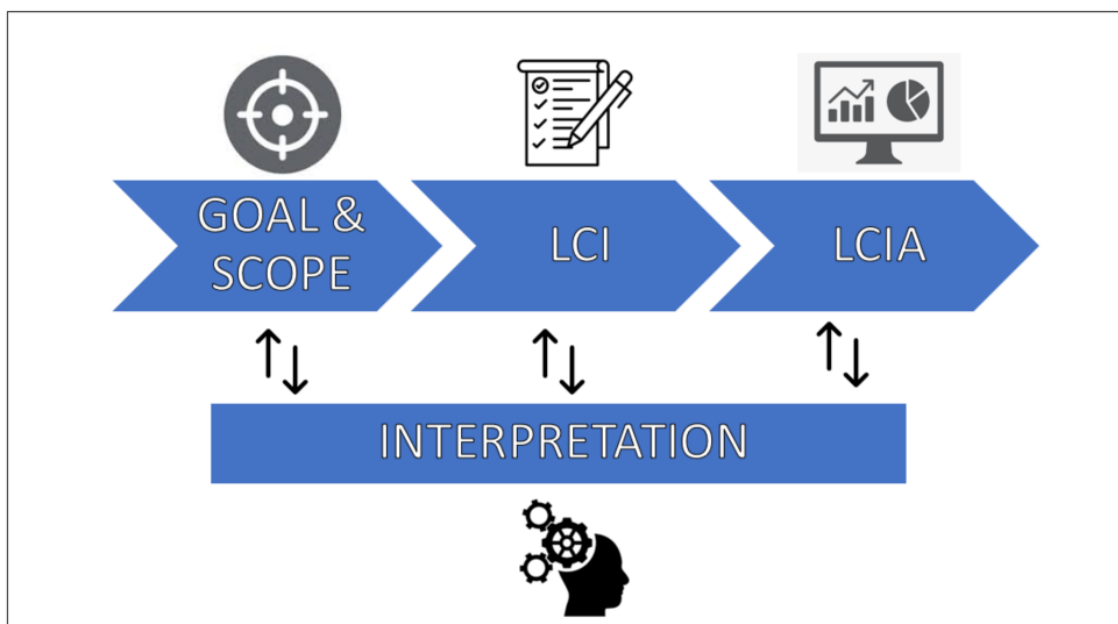
Jedná se o specifickou systémovou hranici, která se používá k posouzení celkové spotřeby energie (nebo účinnosti přeměny energie a dopadu emisí) námořních plavidel, letadel a motorových vozidel, včetně jejich uhlíkové stopy (viz Obrázek 12), a paliv používaných v každém z těchto druhů dopravy, která je užitečná pro hodnocení dopadů používání paliv pomocí hodnocení od vrtu ke kolu, zatímco tradiční přístup je „od kolébky ke hrobu“.

## 2.6 FÁZE LCA

Posuzování životního cyklu je metodika, která umožňuje vyhodnotit dopad systému (výrobku, procesu, služby) na životní prostředí prostřednictvím analýzy energie a spotřebovaných materiálů, odpadů, logistiky a dopravy, jakož i emisí uvolňovaných do životního prostředí, a to v průběhu celého životního cyklu.

Studie LCA musí být strukturována podle čtyř následných fází [23], jak je uvedeno v následujícím textu Obrázek 13:: cíl a rozsah, inventarizace životního cyklu (LCI), posouzení dopadů životního cyklu (LCIA) a interpretace.

<sup>23</sup> V souladu s ustanoveními normy ISO 14040



Obrázek 13: LCA 4 hlavní fáze

## CÍL A ROZSAH

Definice cílů a rozsahu je zásadní, protože v tomto kroku je možné **navrhnout rámec** studie, určit **důvod, proč** se provádí, a popsat všechny její **charakteristiky**. V této fázi je nutné definovat:

- **cíl studie:** použití, pro které je určena, a důvody pro její provedení. Různé přístupy jsou založeny na (i) porovnávání výrobků/služeb mezi sebou, (ii) porovnávání předmětu studie s referenčním standardem, (iii) plánování zlepšení stávajícího výrobku/služby nebo (iv) navrhování nového výrobku/služby;
- **funkční jednotka:** musí být v souladu s cílem a oblastí použití. Jedná se o výrobek, službu nebo funkci, na které je založena analýza a srovnání s možnými alternativami ([kg] výrobku, [t] zpracovaného odpadu, [kWh] dodané energie, ...). Funkční jednotka označuje referenční objekt studie LCA, na který budou normalizovány všechny vstupní a výstupní údaje. Podle normy ISO 14040 je hlavním účelem funkční jednotky poskytnout referenci, s níž lze propojit odchozí a příchozí toky, a je nezbytnou referencí umožňující srovnatelnost výsledků LCA.



- **hranice systému** [24], které jsou nezbytné k určení, které procesy budou do systému zahrnuty nebo z něj vyloučeny, a vymezují, které procesy by měly být do analýzy zahrnuty;
- **kategorie údajů**, které je třeba shromáždit a analyzovat: což určuje možnost jejich sběru v terénu, měření, výpočtu, odhadu, získání z existujících databází. Shromážděná data je obvykle možné třídit podle 3 kategorií: (i) *primární údaje* (z přímých průzkumů), (ii) *sekundární údaje* (převzaté z literatury) a (iii) *terciární údaje* (z odhadů a průměrných hodnot);
- požadavky na **kvalitu dat**: konzistentnost z hlediska časového, geografického a technologického pokrytí, správná reprezentativnost a reprodukovatelnost a samozřejmě spolehlivý zdroj.

## INVENTARIZACE ŽIVOTNÍHO CYKLU (LCI)

Inventarizační analýza je nejjemnější a nejnáročnější fází studie LCA. Zde jsou definovány a kvantifikovány vstupní a výstupní toky v životním cyklu systému prostřednictvím modelu, který je co nejdůvěhodněji reprezentuje.

Pro další postup v LCI je užitečné použít znázornění procesního diagramu [25], pomocí kterého lze zobrazit složky systému, který se skládá z posloupnosti procesů (políček) spojených toky materiálů (šipek).

Nejreprezentativnější schéma, platné pro většinu průmyslových systémů, je zaměřeno na identifikaci hlavních environmentálních procesů a zásahů a lze jej rozdělit do sedmi sekvencí:

1. **Hlavní výroba**: tato sekvence zdůrazňuje prioritní výrobní proces výrobku; v této fázi jsou zvýrazněny hlavní kroky procesu a hlavní materiálové toky.
2. **Vedlejší výroba nebo vedlejší produkt**: tato sekvence se týká výrobního procesu výrobku, který probíhá během výroby hlavního výrobku.
3. **Výroba pomocných materiálů**: cílem této fáze je rozšířit schéma procesu o procesy, které se objevují před produkcí výrobku, během ní a po ní; tato fáze umožní analyzovat těžbu, výrobu a složky surovin, na druhé straně

---

<sup>24</sup> Viz kapitola 2.5 HRANICE SYSTÉMU

<sup>25</sup> Vývojový diagram je typ diagramu, který znázorňuje pracovní postup nebo proces, <https://en.wikipedia.org/wiki/Flowchart>, březen 2022.

ukáže použití výrobku, spotřebu, recyklaci nebo opětovné použití a procesy nakládání s odpady.

4. **Výroba energie:** tato sekvence se týká možnosti získávání energie pomocí tepla nebo elektřiny.
5. **Spotřeba energie:** tato sekvence zohledňuje spotřebu energie způsobenou různými procesy.
6. **Doprava:** tato sekvence se týká dopravy použité pro přepravu produktu nebo vedlejšího produktu a týká se množství přepraveného produktu na kilometr.
7. **Úprava odpadů:** zohledňuje úpravy, které se používají při zpracování odpadů a pomocných materiálů.

Po nastínění postupu je možné přistoupit k efektivnímu sběru dat. Ta budou dvojího druhu: ta, která se týkají vstupních toků [<sup>26</sup>] (**vstupy**), a ta, která odpovídají výstupům [<sup>27</sup>] (**výstupy**). Shromážděné údaje je třeba vyhodnotit na základě parametrů, jako je stáří údajů, referenční technologie, proces, ke kterému se údaje vztahují, metody výpočtu použité k získání průměrných hodnot.

Po shromáždění je třeba všechny údaje roztrždit do kategorií (suroviny, energie, doprava, ...) a zapsat do **inventarizační tabulky**, která je základním podkladem pro další fázi hodnocení dopadů (LCIA).

## POSOUZENÍ DOPADŮ ŽIVOTNÍHO CYKLU (LCIA)

Tato fáze umožňuje určit potenciální účinky analyzovaného systému na životní prostředí propojením inventarizačních údajů s konkrétními **kategoriemi dopadů**, jak je uvedeno v Tabulka 2.

---

<sup>26</sup> Materiály, doprava a energie

<sup>27</sup> Produkty a plyny uvolňované do ovzduší, vody a půdy

Tabulka 2: hlavní kategorie dopadů na životní prostředí

DOPADY NA EKOSYSTÉM	DOPADY NA ČLOVĚKA	VYČERPÁNÍ ZDROJŮ
Kyselý déšť	Karcinogeny	Fosilní palivo
Změna klimatu	Úbytek ozonu	Les
Eutrofizace	Pevné částice	Pitná voda
Změna využití půdy	Smog	Pastviny
Pevný odpad	Toxicita	Minerály
Toxicita		Půda

Tyto kategorie dopadů na životní prostředí lze přiřadit ke třem hlavním oblastem ochrany životního prostředí, které jsou spojeny se třemi oblastmi ochrany (AoP):

- dopady na ekosystém (přírodní prostředí)
- dopady na člověka (lidské zdraví)
- vyčerpání zdrojů (vyčerpání neobnovitelných zdrojů)

V důsledku toho je možné uvést následující environmentální problémy:

- Možné vyčerpání surovin.
- Možné vyčerpání zdrojů energie.
- Možnost globálního oteplení (skleníkový efekt). (GWP: možnost globálního oteplení).
- Možné poškození ozonové vrstvy. (ODP: Možnost poškození ozonové vrstvy).
- Ekotoxicita vody a půdy.
- Možné okyselení. (AP: Možnost okyselení).
- Toxicita pro člověka.
- Eutrofizace. (NP: Nutrifikační potenciál).

Dopady mohou přetrvávat v místním, regionálním nebo globálním měřítku a týkají se spíše různých sektorů životního prostředí než účinků na lidské zdraví, a to určením příspěvku systému k primární energii, ke skleníkovému efektu, ke snížení ozonové vrstvy, k acidifikaci, k eutrofizaci, k fotochemickému smogu a k pevnému odpadu:

## PRIMÁRNÍ ENERGIE

Tento ukazatel zohledňuje poptávku po primární energii za celý životní cyklus posuzovaného výrobku, přičemž bere v úvahu například přeměnu spalitelných materiálů na elektřinu. Hořlavé materiály proto přispívají k tomuto ukazateli svým obsahem primární energie. Charakteristickým faktorem je v tomto případě výhřevnost uvažovaného materiálu.

## SKLENÍKOVÝ EFEKT

Ukazatel skleníkového efektu se vypočítává s ohledem na látky vypouštěné do ovzduší, které přispívají ke globálnímu oteplování planety Země.

Hmotnostní množství každé látky vypočtené za celý životní cyklus výrobku se vynásobí váhovým koeficientem, který se nazývá potenciál globálního oteplování (GWP). Poté se sečtou příspěvky jednotlivých látek a získá se souhrnná hodnota ukazatele. Látky, které přispívají ke skleníkovému efektu, jsou především: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC, HCFC a HFC. CO<sub>2</sub> je referenční látkou pro tento ukazatel, tj. jeho váhový koeficient je roven 1 a hodnoty ukazatele jsou vyjádřeny v kg ekvivalentu CO<sub>2</sub> [kg CO<sub>2</sub>].

## SNÍŽENÍ OZONOVÉ VRSTVY

Snížení ozonové vrstvy ve stratosféře se počítá stejně jako předchozí ukazatel, ale vztahuje se na jiné látky (CFC, HCFC) s jiným váhovým koeficientem, který se nazývá potenciál poškozování ozonové vrstvy (ODP, Ozone Depletion Potential). Látka, která se bere jako referenční, je v tomto případě chlor-fluor-karbid [CFC – 11].

## OKYSELOVÁNÍ

Indikátor okyselení je spojen s emisemi určitých okyselujících látek, jako jsou oxidy dusíku [NO<sub>x</sub>] a oxidy síry [SO<sub>x</sub>], do ovzduší. Referenční látkou je SO<sub>2</sub> a váhový koeficient se nazývá potenciál okyselení [AP, Acidification potential].

## EUTROFIZACE

Tento ukazatel hodnotí vliv eutrofizace [28]. Látky, které přispívají k eutrofizaci, jsou sloučeniny na bázi fosforu [P] a dusíku [N]. Referenční látkou je fosforečnan ( $\text{PO}_4$ ) a váhový koeficient se nazývá nutriční potenciál [NP].

## FOTOCHEMICKÝ SMOG

Všechny těkavé organické látky, které vedou k fotochemické tvorbě (za přítomnosti slunečního záření) troposférického ozonu, jsou sdruženy pod názvem *letní smog* [29]. Charakteristický faktor se nazývá fotochemický potenciál tvorby ozonu (POCP) a referenční látkou je ethylen [ $\text{C}_2\text{H}_4$ ].

## PEVNÝ ODPAD

Daný ukazatel sdružuje všechny pevné odpady, které vznikají při jakékoli činnosti v životním cyklu výrobku, například při výrobě elektřiny potřebné pro daný proces nebo při výrobě ocelových plechů. Pro tento ukazatel neexistují žádné charakterizační faktory a každá látka se přičítá k ostatním jednoduše s přihlédnutím k emitovanému hmotnostnímu množství.

## INTERPRETACE

Ve fázi interpretace je možné pochopit výsledek studie, dát ho do souvislostí a indikovat **zlepšení** systému tím, že se určí složky, u kterých lze provést změny, aby se snížil dopad celého systému na životní prostředí.

Je důležité zdůraznit, že i když je fáze interpretace spojena s (konečným) výsledkem studie, jak je uvedeno na Obrázek 13:, interpretace údajů je nezbytná v každé fázi metodiky LCA.

Během činnosti LCIA je nutné kombinovat technicko-ekologické výsledky poskytnuté LCA se všemi ostatními informacemi týkajícími se zkoumaného výrobku; ekonomicko-finančními a politicko-sociálními informacemi o výrobku a informacemi o vnímavosti a spokojenosti spotřebitelů a o konsensu veřejného mínění, aby bylo možné

---

<sup>28</sup> tj. zvýšení koncentrace živin ve vodním prostředí

<sup>29</sup> Smog se často dělí na letní a zimní. Letní smog je spojen především s fotochemickou tvorbou ozonu. V zimních měsících, kdy jsou teploty nižší a atmosférické inverze běžné, se zvyšuje spotřeba uhlí a dalších fosilních paliv k vytápění domácností a budov. <https://en.wikipedia.org/wiki/Smog>, březen 2022

nalézt ekologicky kompatibilní výrobek nebo, jinými slovy, aby bylo možné učinit správné rozhodnutí o produktové politice společnosti a environmentálních programech, které společnost hodlá v budoucnu rozvíjet.

Je důležité zdůraznit, že LCA, stejně jako všechny metodiky založené na porovnávání, nenavrhuje absolutní řešení, ale identifikuje soubor alternativ, z nichž si rozhodovatelé vyberou podle svého názoru tu nejlepší.

Cíle této fáze jsou následující:

- překlad a interpretace výsledků.
- ověření dosažení cílů studie (iterace), kvality dat a limitů systému (analýza citlivosti)
- porovnání možných variant.

Výsledky je třeba interpretovat a znázornit tak, aby jejich vnímání bylo snadno použitelné a aby bylo možné znázornit i jiné scénáře, než je ten uvažovaný.

## 2.7 ODKAZY KE KAPITOLE



### Shrnutí

Na konci této kapitoly budou studenti rozumět následujícím pojmům:

- Udržitelnost a udržitelný rozvoj
- Hodnocení životního cyklu (LCA)
- Environmentální aspekt
- Dopad na životní prostředí
- Vstupy, výstupy a procesy
- Kategorie dopadů LCA
- Environmentální stopa
- Hranice systému: od kolébky k hrobu, od kolébky k bráně, od kolébky ke kolébce, od brány k bráně, od vrtu ke kolu
- Fáze LCA: cíl a rozsah, inventarizace životního cyklu (LCI), posouzení dopadů životního cyklu (LCIA), interpretace



### Otázky

- Co znamená udržitelnost a udržitelný rozvoj?
- Jaké jsou různé rozměry udržitelnosti a jak je lze popsat?
- Jaký je význam pojmů „životní prostředí“, „environmentální aspekt“ a „dopad na životní prostředí“ podle terminologie ISO 14001?
- Jak byste definovali „kategorii dopadu“?
- Jaké jsou hlavní obecné výhody používání LCA?
- Hranice systému: popište stručně každou z nich
- Fáze LCA: popište stručně každou z nich

## Zkratky

AP - možnost okyselení

CF- uhlíková stopa

CSR - společenská odpovědnost firem

EF - ekologická stopa

FU - funkční jednotka

GDP - hrubý domácí produkt

Emise GHG - emise skleníkových plynů

GPI - ukazatel skutečného pokroku

GWP - potenciál globálního oteplování

LCA - hodnocení životního cyklu

LCC - kalkulace nákladů životního cyklu

LCI - inventarizace životního cyklu

LCIA - posouzení dopadů životního cyklu

LCSA - hodnocení udržitelnosti životního cyklu

NP - nutriční potenciál

ODP - potenciál poškozování ozonové vrstvy

OEF - environmentální stopa organizace

PEF- environmentální stopa produktu

SDGs - cíle udržitelného rozvoje

SLCA - hodnocení sociálního životního cyklu

WCED - Světová komise pro životní prostředí a rozvoj

WF - vodní stopa

POCP - fotochemický potenciál tvorby ozonu



## 3. LCA V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU: KONVENČNÍ PALIVOVÉ NÁDRŽE

3. LCA V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU: KONVENČNÍ PALIVOVÉ NÁDRŽE	40
3.1 SPALOVACÍ MOTORY .....	42
Vývoj spalovacích motorů .....	44
3.2 EVROPSKÉ EMISNÍ NORMY PRO SILNIČNÍ VOZIDLA .....	48
Emisní předpisy pro osobní a lehká užitková vozidla.....	49
emisní předpisy pro těžká nákladní vozidla a autobusy.....	51
3.3 METODY MĚŘENÍ SPOTŘEBY PALIVA.....	54
3.4 POSOUZENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU VOZIDEL NA KONVENČNÍ PALIVA - případová studie.....	60
Výsledky posouzení uhlíkové stopy vozidel s konvenčními palivy .....	63
Výsledky posouzení vodní stopy vozidel s konvenčními palivy .....	64
Výsledky posouzení stopy zdrojů u vozidel na konvenční paliva .....	65
3.5 SROVNÁNÍ INDIVIDUÁLNÍ A VEŘEJNÉ OSOBNÍ DOPRAVY .....	66
3.6 ODKAZY KE KAPITOLE .....	75



## Doba studia 120 minut



### Cíle

#### JAKÉ ZNALOSTI STUDENTI ZÍSKAJÍ:

Po absolvování těchto lekcí budou studenti schopni:

- získat lepší znalosti o vývoji spalovacích motorů a hodnocení životního cyklu vozidel s konvenčními palivy
- lépe si představit různé principy fungování benzinových, naftových a alternativních spalovacích motorů, metody měření spotřeby paliva, faktory určující různé hodnocení ekologické stopy vozidel se spalovacími motory a výsledky reálných měření spotřeby energie a produkce skleníkových plynů v individuální a veřejné osobní dopravě
- získat znalosti o evropských emisních normách pro silniční vozidla

#### JAK JIM KAPITOLA POMŮŽE POCHOPIT DANÉ TÉMA:

Nejprve se studenti seznámí s teoretickými informacemi o spalovacích motorech prostřednictvím popisu jejich vývoje a vysvětlení principů jejich fungování. V současné době platné evropské emisní předpisy pro osobní automobily, lehká užitková vozidla, nákladní automobily a autobusy uvádějí aktuálně povolené mezní hodnoty emisí, které poukazují na negativní účinky provozu spalovacích motorů. Studenti také získají znalosti o různých metodách měření spotřeby paliva díky teoretickému popisu jednotlivých metod doplněnému grafickým znázorněním jízdních cyklů. Obecné informace o posuzování životního cyklu jsou pak aplikovány na problematiku vozidel s konvenčním pohonem, což studentům poskytne znalosti o praktickém využití posuzování životního cyklu. V neposlední řadě jsou teoretické poznatky podpořeny příklady výsledků konkrétních měření spotřeby

a produkce skleníkových plynů osobního automobilu, autobusu a vlaku v reálném provozu.

### **JAKÉ DOVEDNOSTI BUDE KAPITOLA ROZVÍJET**

Kapitola zaručuje získání technických dovedností, které umožní lépe posoudit výhody či nevýhody použití určitého dopravního prostředku (vozidla) na základě jeho technických vlastností a druhu paliva. Kapitola rozvíjí dovednosti a znalosti, jak chránit životní prostředí z hlediska spotřeby energie a emisí skleníkových plynů.

### **KDE MOHOU STUDENTI VYUŽÍT SVÉ ZNALOSTI**

Studenti mohou znalosti využít v rozhodovacích procesech při posuzování volby vhodného druhu dopravy a paliva s ohledem na ochranu životního prostředí a zachování udržitelné mobility.



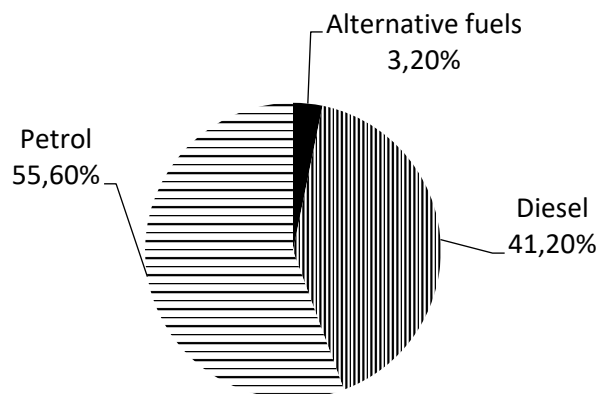
## **Teorie**

### **3.1 SPALOVACÍ MOTORY**

Podle Evropského sdružení výrobců automobilů je více než polovina všech evropských osobních automobilů (55,6 %) poháněna benzinem [30]. Obrázek 14 uvádí rozdělení osobních automobilů používaných v Evropské unii podle druhu paliva. Osobní automobily s malými benzinovými motory jsou ve většině členských států rozšířenější než střední a velké motory.

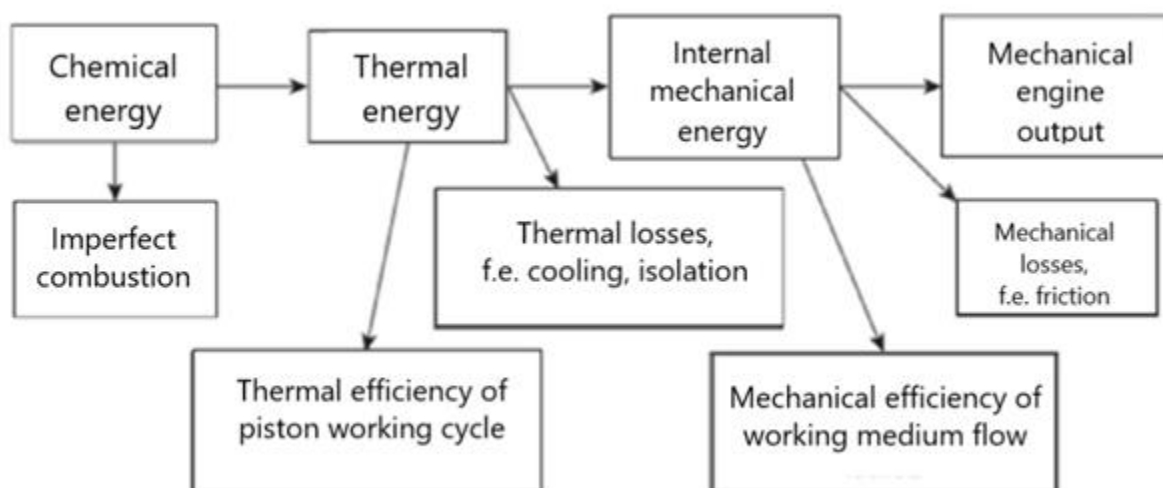
---

<sup>30</sup>Evropské sdružení výrobců automobilů (ACEA). K dispozici na adrese <https://www.acea.be>. Naposledy navštíveno v únoru 2022.



Obrázek 14: Osobní automobily používané v Evropské unii podle druhu paliva [30].

Spalovací motor je motor, který pracuje na principu spalování paliva, proto se spalovacímu motoru také říká tepelný motor. Při spalování paliva se chemická energie mění na mechanickou práci. Při spalování v motoru dochází k chemické reakci, při níž vzniká tepelná energie, která se pomocí vhodného plynného média přeměňuje na mechanickou práci. Plynné médium využívá energii dvěma způsoby - 1. potenciální energii pístových spalovacích motorů (tlak), 2. kinetickou energii spalovacích turbín (rychlost proudění) [31].



Obrázek 15: Schéma spalovacího motoru a přeměny vyrobené energie

<sup>31</sup> Hromádka J., Höning V., Miler P. Spalovací motory, Praha, Grada, 2011, s. 296nn.

Obrázek 15 zobrazuje diagram postupně vznikajících energií spalovacích motorů, které jsou součástí paliva. Spalovací motor přeměňuje chemickou energii na mechanickou práci.

## VÝVOJ SPALOVACÍCH MOTORŮ

Spalovací motory se začaly rozvíjet po objevení prvních dopravních prostředků, kdy si lidstvo uvědomilo, že mu tato vozidla usnadňují život a práci. Vývoj spalovacích motorů je také spojen s negativními dopady na přírodu, jako je využívání nerostných surovin, znečištění životního prostředí, skleníkový efekt, kyselé deště a úbytek ozonové vrstvy.

### BENZÍNOVÝ MOTOR

V roce 1786 požádal francouzský vynálezce Phillipe Lebon o patent na plynový motor. Dodnes není známo, že by se takový motor vyráběl. V roce 1807 získal vynálezce Issac de Rival patent na vozidlo poháněné plynovým spalovacím motorem, který funguje na principu míchání výbušné plynné směsi se vzduchem zapáleným pod pístem elektrickou jiskrou. Později si tvůrce J.J. Etienne Lenoir nechal patentovat první použitelný plynový motor, když v roce 1860 vytvořil dvoutaktní motor s elektrickou jiskrou. Tento vynálezce také v letech 1860-1863 jako první vytvořil motor poháněný kapalným palivem - benzinem. K. Benz získal v roce 1879 také patent na dvoutaktní plynový spalovací motor, díky němuž vznikla vozidla s plynovým motorem vlastní konstrukce [32].

Obrázek 16 ukazuje tříkolové vozidlo poháněné čtyřdobým benzínovým motorem, který pracuje podobně jako čtyřdobý vznětový motor, přičemž hlavní rozdíl spočívá v nasávání čistého vzduchu do válců a po ohřátí a stlačení vzduchu je do válců vstříkována nafta.

Princip činnosti čtyřdobého motoru [33]:

1. SÁNÍ- píst se pohybuje směrem dolů, čímž se zvětší prostor nad pístem a otevrou se sací ventily. Výsledkem je vyšší atmosférický tlak než tlak nad

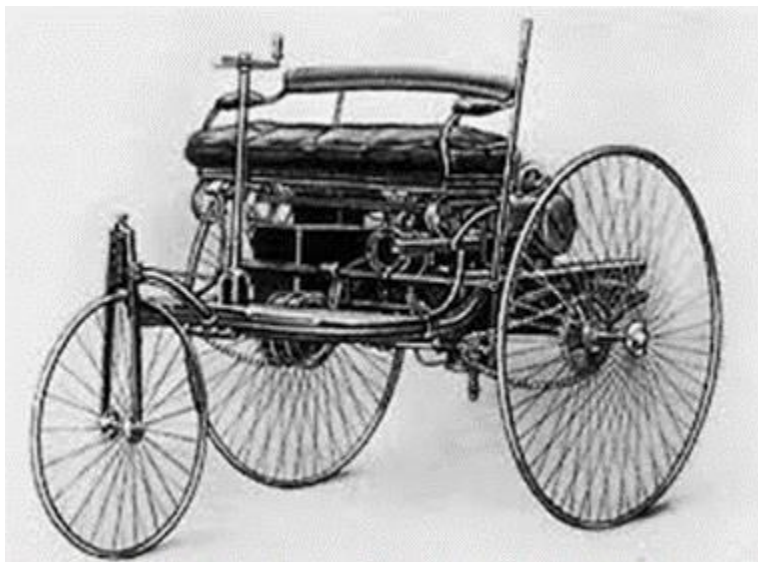
---

<sup>32</sup>Rauscher J. Zoznam použitých pojmov zo spaľovacích motorov. Bratislava 2005  
<<http://www.iae.fme.vutbr.cz/userfiles/ramik/files/Spalovaci%20motory%202005.pdf>>.

<sup>33</sup><https://autoride.sk/zazihovy-motor-jeho-funkcia-v-skratke>

pístem, který kromě vzduchu dodává do válců také palivo. Palivo + vzduch = hořlavá směs

2. **KOMPRESSE** - píst se pohybuje směrem nahoru a stlačuje směs, která se zahřívá a výsledkem je nárůst tlaku. Vysoký tlak a teplota podporují odpařování paliva s přimíchaným vzduchem, čímž se směs stává výbušnější.
3. **EXPANZE**- v této fázi dochází k procesu spalování, při kterém přeskočí jiskra na zapalovací svíčke a ta pak zapálí stlačenou směs. Po zapálení se směs rozpíná a píst se pohybuje směrem dolů.
4. **VÝFUK** - výfukové ventily se otevírají a pomáhají odvádět výfukové plyny z válce.



Obrázek 16 K. Benz - první tříkolové vozidlo poháněné čtyřdobým motorem [34]

Výhody benzinových motorů:

1. jednodušší a levnější konstrukce,
2. benzinové motory jsou výkonnější,
3. vhodnější pro kratší trasy, protože doba potřebná k dosažení provozní teploty je mnohem kratší.

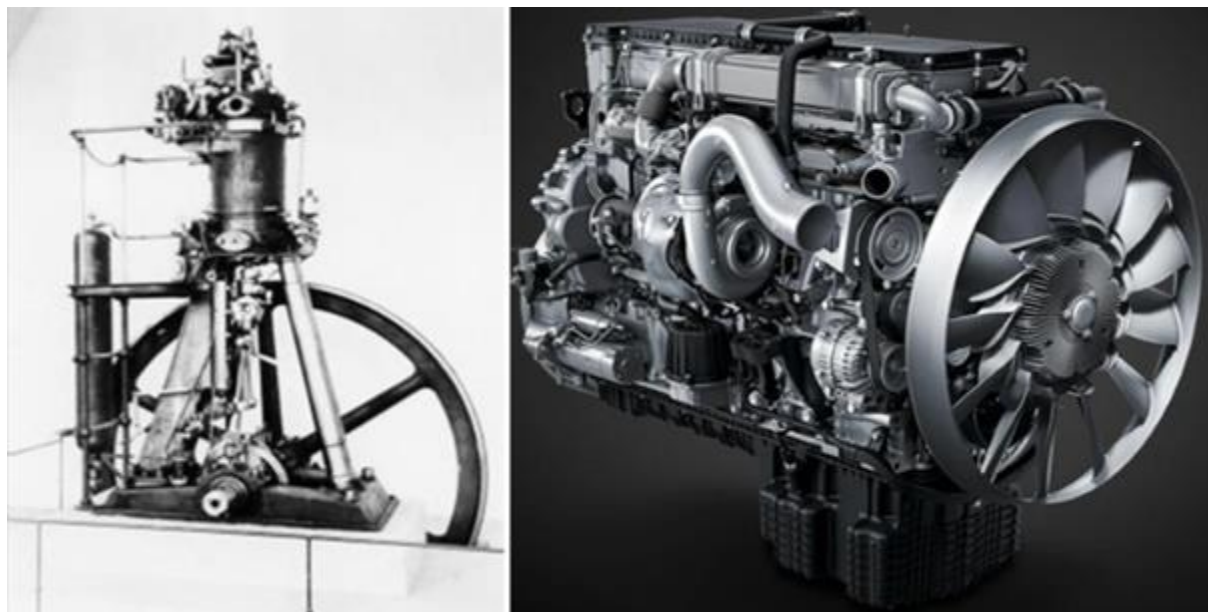
## **DIESELOVÝ MOTOR**

V roce 1892 získal Rudolf Diesel patent na vznětový motor. Vytvořil prototyp čtyřdobého motoru MAN poháněného naftou, kterou do válce stříkal pomocí stlačeného

---

<sup>34</sup><https://www.superstock.com/asset/transport-transportation-car-vehicle-variants-benz-first-three-wheeled-motor/4430-4122>

vzduchu. Byl to vznětový motor. Dieselové motory byly v minulosti považovány za úsporné. Dnes jsou tyto motory úsporné a výkonné [32].



Obrázek 17: Historické a současné vznětové motory [35]

Princip fungování [36]:

1. SÁNÍ- klikový hřídel se otáčí od  $0^\circ$  do  $180^\circ$ , je to fáze, kdy vzduch vstupuje do válce otevřeným ventilem.
2. KOMPRESSE - klikový hřídel se otáčí od  $180^\circ$  do  $360^\circ$ , je to fáze, kdy píst způsobí 16-25násobné stlačení vzduchu v komoře a dosáhne teploty  $700-900^\circ\text{C}$ .
3. SPALOVÁNÍ - klikový hřídel se otáčí z  $360^\circ$  na  $540^\circ$  a vstříkuje palivo, které je následně zapáleno. Spalováním vznikají látky, které umožňují pohyb pístu směrem dolů.
4. VÝFUK - klikový hřídel je otočen o  $540^\circ$  až  $720^\circ$  od polohy sání. Píst se pohybuje nahoru, spálené plyny jsou odváděny do výfuku.

Výhody vznětových motorů [36]:

1. Životnost vznětového motoru je dvakrát delší než životnost zážehového motoru,

---

35

[https://www.reddit.com/r/MechanicalEngineering/comments/ojnpcp/rudolf\\_diesel\\_who\\_invented\\_the\\_diesel\\_engine/](https://www.reddit.com/r/MechanicalEngineering/comments/ojnpcp/rudolf_diesel_who_invented_the_diesel_engine/)

<sup>36</sup><https://www.autodoc.sk/info/dieselovy-motor-zaklady>

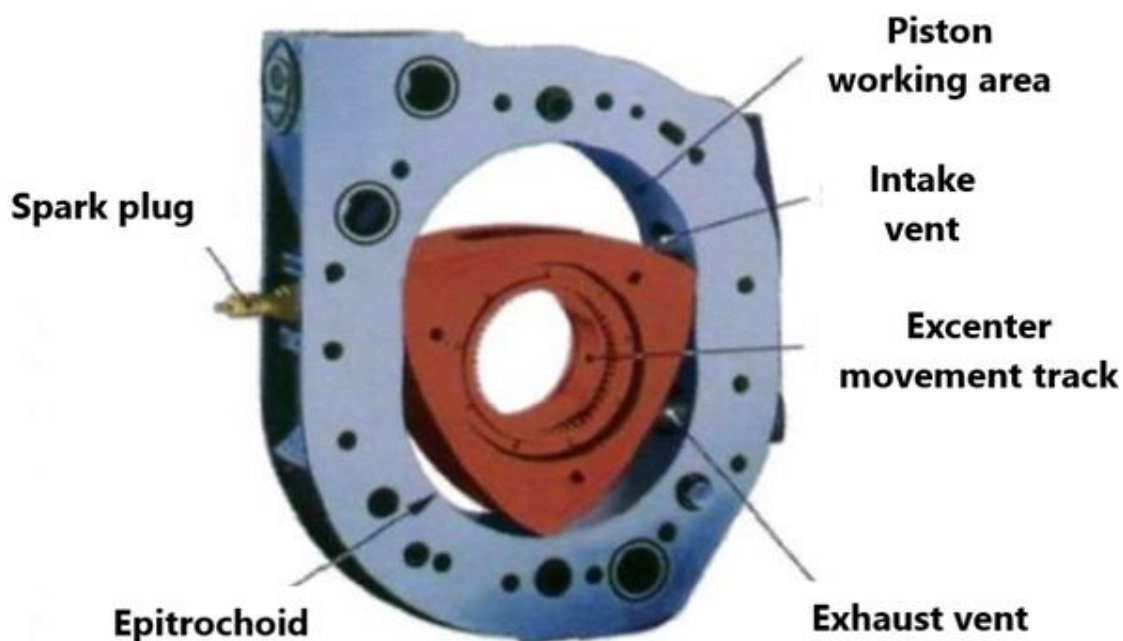
2. spalují v průměru o 30 % méně paliva ve srovnání s benzinovým motorem,
3. vznětový motor spaluje palivo ihned po uvedení do provozu, čímž zaručuje vysoký točivý moment při nižších otáčkách.

## ALTERNATIVNÍ SPALOVACÍ MOTORY

Navzdory osvědčeným konvenčním pístovým spalovacím motorům vznikly i alternativní spalovací motory, které se však v budoucnu neosvědčily jako ekologické a ekonomické, a jejich vývoj tak skončil [32].

### *Rotační pístové motory*

Motor s rotačním pístem, nazývaný také Wankelův motor, byl jediný, který se začal sériově vyrábět s jedním typem motoru. Tento motor byl poprvé použit ve voze NSU Prinz a později byl použit při výrobě sportovního vozu Mazda RX-8 [32].



Obrázek 18:Wankelův motor [37]

Obrázek 18 uvádí jednotlivé části Wankelova motoru. Motor se skládá ze zapalovací svíčky, která slouží k zapalování pomocí jiskry. Skládá se také z pracovní plochy skříně, sacího kanálu, excentrické oběžnice, výfukového kanálu a epitrochoidu.

<sup>37</sup><http://www.autorubik.sk/clanky/wankelov-motor/>



### *Stirlingův motor*

Robert Stirling vytvořil v roce 1816 pístový tepelný motor, v němž získává energii pro pracovní cyklus z vnějšího zdroje. Stirlingovy motory nepatřily z hlediska ceny a konstrukce k nejvýhodnějším, jejich předností oproti jiným motorům však byla nízká hlučnost a nízké emise ve výfukových plynech. Jedná se o motor s vnějším spalováním [31].

### *Spalovací turbína*

Spalovací turbína našla uplatnění především ve vojenských a dopravních letadlech, ale také ve vrtulnících, lokomotivách nebo námořní dopravě. Všechny uvedené prostředky jsou poháněny spalovací turbínou. Spalovací turbína neměla v silniční dopravě velké uplatnění. Jedinou značkou osobních automobilů, která používá spalovací turbínu, byl ROVER. V současné době se automobilky snaží zkoumat snížení spotřeby paliva zvýšením teploty výfukových plynů před turbínou. Teplota by měla stoupnout až na 1 500 °C, což je možné pouze při použití keramických materiálů, např. na lopatkách rotoru turbíny [31].

Výhodou spalovacích motorů je rychlé uvedení do provozu, možnost jejich konstrukce pro spalování různých paliv v různých velikostech a pro různé účely, motory na kapalná paliva dosahují nízké spotřeby paliva a pístové spalovací motory mají vysokou energetickou konverzi. Mezi nevýhody spalovacích motorů patří zejména nepříznivé účinky na životní prostředí, lidské zdraví a další organismy, potřebují cizí zdroj k nastartování a také mají omezenou životnost. Spalovací motory jsou také závažným zdrojem emisí hluku [34].

## **3.2 EVROPSKÉ EMISNÍ NORMY PRO SILNIČNÍ VOZIDLA**

Evropská unie vytvořila směrnice ES/EHS, které se vztahují na všechny evropské členské státy. Později byly směrnice změněny na nařízení EU.

Dělí se na dvě základní skupiny:

1. Emisní předpisy pro osobní a lehká užitková vozidla (EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5, EURO 6),
2. Emisní předpisy pro těžká nákladní vozidla a autobusy (EURO I, EURO II, EURO III, EURO IV, EURO V, EURO VI).

Vozidla jsou rozdělena podle hmotnosti. Pokud je hmotnost do 2 610 kg, jedná se o první skupinu. Druhá skupina vozidel váží více než 2 610 kg. Evropské emisní limity jsou stanoveny pro vznětové motory (nafta), ale také pro zážehové motory (LPG, benzín, zemní plyn atd.). Normy emisí CO u vznětových motorů jsou přísnější, hodnoty NO<sub>x</sub> jsou vyšší. U zážehových motorů se měření pevných částic ve fázi EURO 4 neprovádí. Ve fázích EURO 5, 6 se zavádí hmotnost emisí pevných částic. Emisní předpisy upravují maximální množství znečišťujících látek ve výfukových plynech vypouštěných z motorů.

Regulované emise zahrnují:

1. Pevné částice (PM) - vznikají pouze u vznětových motorů, jedná se o uhlík, popel, saze, zbytky nespáleného oleje nebo paliva,
2. Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) - vznikají oxidací dusíku přidaného do spalovací komory spolu s kyslíkem určeným k oxidaci paliva nebo kyslíkem obsaženým v palivech,
3. Uhlovodíky (HC) - vznikají z paliva za špatných oxidačních podmínek, měří se také jako THC nebo NMHC,
4. Oxid uhelnatý (CO) - vzniká nedokonalým spalováním při nedostatku kyslíku ve spalovací směsi.

## EMISNÍ PŘEDPISY PRO OSOBNÍ A LEHKÁ UŽITKOVÁ VOZIDLA

Tabulka 3: Emisní limity Euro 5

Kategorie		Třída	Referenční hmotnost (RW) (kg)	Mezní hodnoty					
				Hmotnost oxidu uhelnatého (CO)		Hmotnost všech uhlovodíků (THC)		Hmotnost uhlovodíků jiných než metan (NMHC)	
				L1 (mg·km <sup>-1</sup> )		L2 (mg·km <sup>-1</sup> )		L3 (mg·km <sup>-1</sup> )	
Kategorie	Třída		PI	CI	PI	CI	PI	CI	
<b>M</b>	-	Všechny	1000	500	100	-	68	-	
<b>N1</b>	<b>I</b>	RM≤1305	1000	500	100	-	68	-	
	<b>II</b>	1305<RM≤1760	1810	630	130	-	90	-	
	<b>III</b>	1760<RM	2270	740	160	-	108	-	
<b>N2</b>			2270	740	160	-	108	-	
Kategorie		Třída	Referenční hmotnost (RW) (kg)	Hmotnost oxidu dusíku (NO <sub>x</sub> )		Součet všech vah (THC+NO <sub>x</sub> )		Hmotnost pevných částic (PM)	
				L4 (mg·km <sup>-1</sup> )		L2+L4 (mg·km <sup>-1</sup> )		L5 (mg·km <sup>-1</sup> )	
				PI	CI	PI	CI	PI (2)	CI
<b>M</b>	-	Všechny	60	180	-	230	5	5	
<b>N1</b>	<b>I</b>	RM≤1305	60	180	-	230	5	5	
	<b>II</b>	1305<RM≤1760	75	235	-	295	5	5	
	<b>III</b>	1760<RM	82	280	-	350	5	5	
<b>N2</b>			82	280	-	350	5	5	

Zdroj [38] (2) Normy hmotnosti částic pro zážehové motory se vztahují pouze na vozidla vybavená motory s přímým vstřikováním.

PI = jiskrové zapalování, CI = vznětové zapalování

Emisní limity byly poprvé upraveny směrnicí 70/220/EHS z roku 2004, která byla později nahrazena nařízením ES 715/2007 z roku 2007. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/631 ze dne 17. dubna 2019 se vztahuje na nové osobní automobily a nová užitková vozidla, nové emisní normy, a nahrazuje tak nařízení (ES) č. 443/2009 a (EU) č. 510/2011 (EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE, 2019).

Cílem nařízení (EU) 2019/631 je splnit Pařížskou dohodu pro období 2021-2030, zajistit ekologičtější silniční dopravu, snížit vysoké emise, a tím snížit emise skleníkových plynů. Pařížská dohoda stanoví limity emisí CO<sub>2</sub> pro nové osobní automobily a nová lehká užitková vozidla. Cílem Pařížské dohody je snížit emise skleníkových plynů do roku 2030 o 30 % ve srovnání s rokem 2005 [38].

- EURO 1 (1993) - zavedena směrnicí 91/441/EHS, dále pozměněna směrnicí 93/59/EHS,
- EURO 2 (1996) - zavedena směrnicí 94/12/ES, dále pozměněna směrnicí 96/69/ES,
- EURO 3/4 (2000/2005) - zavedena směrnicí 98/69/ES, dále pozměněna směrnicí 2002/80/ES,
- EURO 5/6 (2009/2014) - zavedena nařízením ES 715/2007 a prováděcím nařízením ES 692/2008.

Norma Euro 5 zavedla jako první normu filtry pevných částic (DPF/FAP) pro všechna nová vozidla se vznětovými motory. DPF/FAP je filtr umístěný ve výfukovém systému a doplněný katalyzátorem, jehož cílem je zachytit až 99 % částic.

Aby splnili nové emisní normy Euro 6, zavedli někteří výrobci selektivní katalytickou redukci, při níž se do výfuku vznětového motoru vstříkuje AdBlue.

---

<sup>38</sup>EUR - Lex, oficiální internetové stránky Evropské unie. K dispozici na adrese <https://eur-lex.europa.eu>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

Tabulka 4: Emisní limity Euro 6

		Referenční hmotnost (RW) (kg)	Mezní hodnoty					
			Hmotnost oxidu uhelnatého (CO)		Hmotnost všech uhlovodíků		Hmotnost uhlovodíků jiných než metan (NMHC)	
			L1(mg·km-1)		L2(mg·km-1)		L3(mg·km-1)	
Kategorie	Třída		PI	CI	PI	CI	PI	CI
<b>M</b>	-	Všechny	1 000	500	100	-	68	-
<b>N1</b>	I		1 000	500	100	-	68	-
	II		1 810	630	130	-	90	-
	III		2 270	740	160	-	108	-
<b>N2</b>			2 270	740	160	-	108	-
		Referenční hmotnost (RW) (kg)	Hmotnost oxidu dusíku (NOx)		Součet všech vah (THC+NOx)		Hmotnost pevných částic (PM)	
			L4(mg·km-1)		L2+L4 (mg·km-1)		L5(mg·km-1)	
			PI	CI	PI	CI	PI (4)	CI
Kategorie	Třída		PI	CI	PI	CI	PI (4)	CI
<b>M</b>	-	Všechny	60	80	-	170	5	5
<b>N1</b>	I		60	80	-	170	5	5
	II		75	105	-	195	5	5
	III		82	125	-	215	5	5
<b>N2</b>			82	125	-	215	5	5

Zdroj [38], (4) Normy hmotnosti částic pro zážehové motory se vztahují pouze na vozidla vybavená motory s přímým vstřikováním.

PI = jiskrové zapalování, CI = vznětové zapalování

## EMISNÍ PŘEDPISY PRO TĚŽKÁ NÁKLADNÍ VOZIDLA A AUTOBUSY

Emisní předpisy stanoví, že vozidla musí splňovat emisní limity po celou dobu životnosti vozidla v závislosti na kategorii vozidla.

Tabulka 5: Normy EURO 0, I, II, III, IV, V, EEV Zdroj [39]

Třída	Rok výroby / datum první registrace
<b>EURO 0, I, II</b>	1992, <85kW
	1992, >85kW
	1996,10
	1998,10
<b>EURO III</b>	1999,10 EEV
	2000,10
<b>EURO IV, V, EEV</b>	2005,10
	2008,10
	2013,01

<sup>39</sup>Určení emisní třídy. K dispozici na adrese [https://www.emyto.sk/files/2017-03/SVOP\\_03\\_Emisna\\_trieda\\_v4.0\\_svk.pdf](https://www.emyto.sk/files/2017-03/SVOP_03_Emisna_trieda_v4.0_svk.pdf). Naposledy navštíveno v únoru 2022

Norma EURO V definuje tzv. vylepšené vozidlo, které by mělo být šetrnější k životnímu prostředí a označené jako EEV. Emisní třída EURO 0 je určena pro emisní třídu, kterou nemůžeme určit na základě tabulky.

Pokud není možné určit emisní třídu vozidla z technického průkazu nebo z osvědčení o registraci vozidla apod., určí se emisní třída podle směrnice Evropské unie na základě vyznačeného parametru v technickém průkazu nebo osvědčení o registraci vozidla. „Emise ES/EHK“ [39].

Tabulka 6: Životnost vozidla

Kategorie vozidla	Fáze	
	Euro IV-V	Euro VI
M <sub>1</sub> N <sub>1</sub> M <sub>2</sub>	100 000 km / 5 let	160 000 km / 5 let
N <sub>2</sub> N <sub>3</sub> ≤ 16 t M <sub>3</sub> třída I, třída II, třída A a třída B ≤ 7.5 t	200 000 km / 6 let	300 000 km / 6 let
N <sub>3</sub> > 16 t M <sub>3</sub> třída III a třída B > 7.5 t	500 000 km / 7 let	700 000 km / 7 let
<p>Vysvětlení:  třída I - městský autobus (&gt;22 míst)  třída II - regionální autobus (&gt;22 míst)  třída III - autokar (&gt;22 míst)  <b>třída A – městský autobus (≤22 míst)</b>  <b>třída B – autokar (≤22 míst)</b></p>		

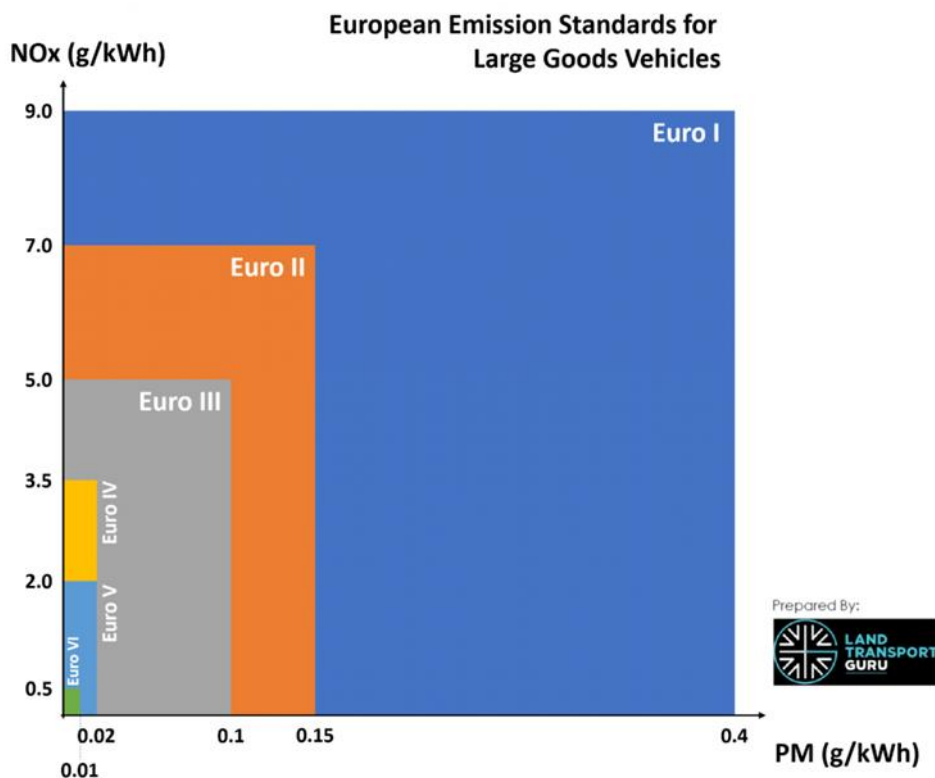
Tabulka 6: ukazuje životnost každého vozidla pro správné emise.

Snížení emisí výfukových plynů upravuje nejpodrobnější emisní předpis EURO VI.

Reguluje je zejména v:

- zavedení emisního limitu pro amoniak,
- zavedení limitu pro pevné částice, které povede ke snížení až o 95 %,
- zavedení emisních norem pro Evropu, Severní Ameriku a Japonsko,
- rozšíření emisních požadavků na životnost až na 700 000 km nebo 7 let u nejtěžších vozidel apod.

Obrázek 19 ukazuje srovnání emisních předpisů EURO I-VI a snížení emisních limitů. EURO VI představuje významné snížení oxidů dusíku a pevných částic, přičemž tyto znečišťující látky jsou ve vztahu nepřímé úměry. To znamená, že čím méně pevných látek, tím více oxidů dusíku.



Obrázek 19: Předpis EURO I - V<sup>40</sup>

<sup>40</sup> Microsoft Bing, Images, available at

<https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=fNYZb54n&id=B6F69E329823B1846872EDD149E1FB1B4B5E655A&thid=OIP.fNYZb54n7xhA1zplKJJxAAHaGA&mediaurl=https%3A%2F%2Flantransportguru.net%2Fweb%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F02%2FNOx-PM-Graph-for-Euro-I-to-VI-1024x830.png&cdnurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.7cd6196f9e27ef1840d73a6528927100%3Frik%3DWMVeSxv74UnR7Q%26pid%3DImgRaw%26r%3D0&exph=830&expw=1024&q=reduction+of+NOx+by+HGV+emission+standards&simid=608027649944589771&form=IRPRST&ck=DE5E86C463D10ECE80DC16DF16AB62CD&selectedIndex=0&ajaxhist=0&ajaxserp=0&vt=0&sim=11>. Last accessed in July.

## 3.3 METODY MĚŘENÍ SPOTŘEBY PALIVA

Při zjišťování spotřeby je nutné postupovat podle metodiky, která stanoví postup a podmínky měření. Měla by být co nejpřesnější a co nejobjektivněji vyjadřovat spotřebu vozidla. Ve snaze zajistit požadované výsledky měření bylo vytvořeno několik typů, které lze rozdělit:

1. podle místa výkonu:
  - a) exteriér - řídičské zkoušky,
  - b) interiér - dynamometrické testy;
2. podle provozních režimů vozidla:
  - a) definované provozní režimy,
  - b) běžný provoz vozidla;
3. podle metody stanovení množství spotřebovaného paliva:
  - a) volumetrické (lze provádět v laboratořích i mimo ně),
  - b) hmotnostní (většinou v závislosti na laboratorních podmínkách).

### MĚŘENÍ VENKOVNÍCH A VNITŘNÍCH PROSTORŮ

#### Řidičské zkoušky

Tento typ testu se provádí na silnici nebo na zkušební dráze. Jedná se o zkoušku, při které se simulují provozní podmínky. Odpory působící na vozidlo mají skutečnou povahu, proto je nutné zvolit správný postup měření tak, aby se co nejvíce blížil požadovaným provozním podmínkám.

#### Testy na dynamometru

Dynamometrické zkoušky jsou náhradou jízdních zkoušek a provádějí se v případě, že není k dispozici vhodná zkušební dráha nebo se provádí velké množství měření. Proto jej používají dnešní výrobci automobilů. Při tomto měření se vozidlo umístí na odporové válce, které jsou nastaveny tak, aby simulovaly předem vypočtený teoretický jízdni odpor vozidla. Následně se provede měření s vozidlem, které musí překonat sílu odporu válců, a tím spotřebovat měřené množství paliva. Jedná se o méně přesné výsledky měření než výsledky získané z měření při jízdních zkouškách.

### PROVOZNÍ REŽIMY MĚŘENÍ SPOTŘEBY

Provozní režimy měření spotřeby se provádějí podle předem stanovených podmínek tak, aby bylo možné podle výsledků kvantifikovat spotřebu a jednotlivé vlivy na ni. Jedná se nejčastěji o určité provozní režimy, které představují „body“, z nichž se vychází při porovnávání. Nejčastěji se měří spotřeba při různých rychlostech. U

nákladních vozidel to může být například  $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a podobně. Je však třeba stanovit podmínky, jako je sklon vozovky, na níž se měření provádí, a skutečnou hmotnost vozidla a nákladu. Ty je třeba dodržet při každém měření, aby bylo možné získat srovnatelné výsledky.

## JÍZDNÍ CYKLY V EVROPĚ

Jízdní cykly určují závislost rychlosti vozidla na čase. Jsou vytvářeny různými zeměmi a organizacemi tak, aby vyhovovaly městské nebo mimoměstské dopravě. Jízdní cykly lze rozdělit z několika hledisek:

- v závislosti na právních předpisech:
  - legislativní jízdní cykly
  - jízdní cykly výzkumu a vývoje,
- z hlediska tvaru - závislost rychlosti na čase:
  - o skutečných jízdních cyklech,
  - polygonální.

Mezi jízdními cykly existuje řada rozdílů, které ovlivňují množství produkovaných škodlivin a spotřebu paliva. Jízdní cykly vyvinuté v Evropě jsou polygonální, což znamená, že se skládají z konstantních zrychlení, zpomalení a rychlostí.

Jízdní cykly v Evropě:

- ECE 15,
- EUDC,
- EUDCL,
- NEDC,
- WLTP.

Směrnice 70/220/ES stanoví postup, podle kterého se provádí zkoušky emisí vznětových a zážehových motorů vozidel. Tato směrnice je v souladu s předpisem EHK OSN č. 83 - Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavků na palivo motoru.

### **ECE 15**

Jízdní městský cyklus sestávající ze čtyř stejných částí. Každý úsek má délku 1,013 km a vozidlo jej projede za 195 s. Celková vzdálenost ujetá během cyklu je 4,052 km za 780 s. Vozidlo zrychluje z klidu na ustálenou rychlost 15, 32 a 50  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , přičemž průměrná rychlost je 19  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ .



### EUDC

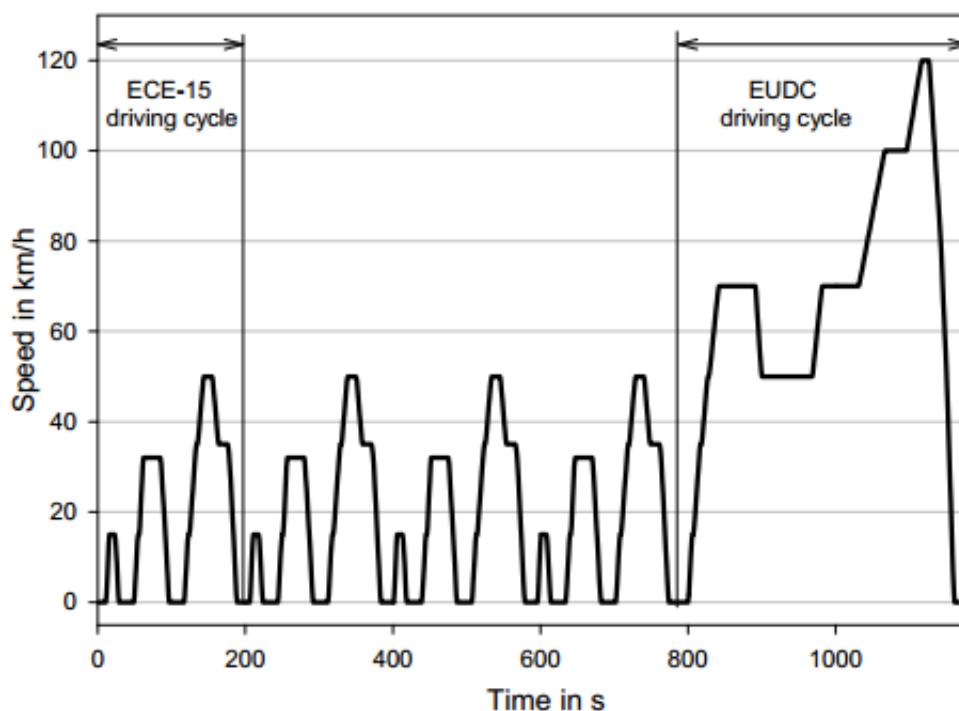
Tento cyklus je mimoměstský cyklus trvající 400 s, během kterého vozidlo ujede 6,955 km a dosáhne průměrné rychlosti  $62,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Maximální rychlost během tohoto cyklu je  $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Během tohoto cyklu vozidlo zrychlí na  $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , poté zpomalí na  $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a opět zrychlí na 70, 100 a  $120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

### EUDCL

Jedná se o podobný cyklus jako EUDC, s tím rozdílem, že se vztahuje na motorová vozidla s nižším výkonem motoru. Maximální rychlost dosažená v tomto jízdním cyklu je  $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a průměrná rychlost je  $59,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

### NEDC

Tento jízdní cyklus se skládá ze čtyř částí městského cyklu ECE 15 a jedné mimoměstské části cyklu EUDC. Celková doba trvání tohoto cyklu je 1 180 s. Za tuto dobu ujede vozidlo 11 007 km. Průměrná rychlost vozidla během jízdního cyklu je  $33,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Vozidlo se startuje s motorem o teplotě  $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a musí mít najeto nejméně 3 000 km, nejvýše však 15 000 km. Zkoušky se provádějí na vozidle s řidičem o hmotnosti 75 kg a nákladem o hmotnosti 100 kg.



Obrázek 20: Jízdní cyklus NEDC

Všechny uvedené cykly jsou modelové, protože nereprezentují skutečný provoz vozidla v silničním provozu.

## **WLTP**

Od září 2017 vstoupila v platnost nová metodika stanovení spotřeby paliva a znečišťujících látek WLTP. Tento jízdní cyklus realističtěji odpovídá skutečnému používání vozidel v silničním provozu. Je rozdělen do tří tříd, které vyjadřují poměr výkonu k hmotnosti vozidla.

### *Třída 1*

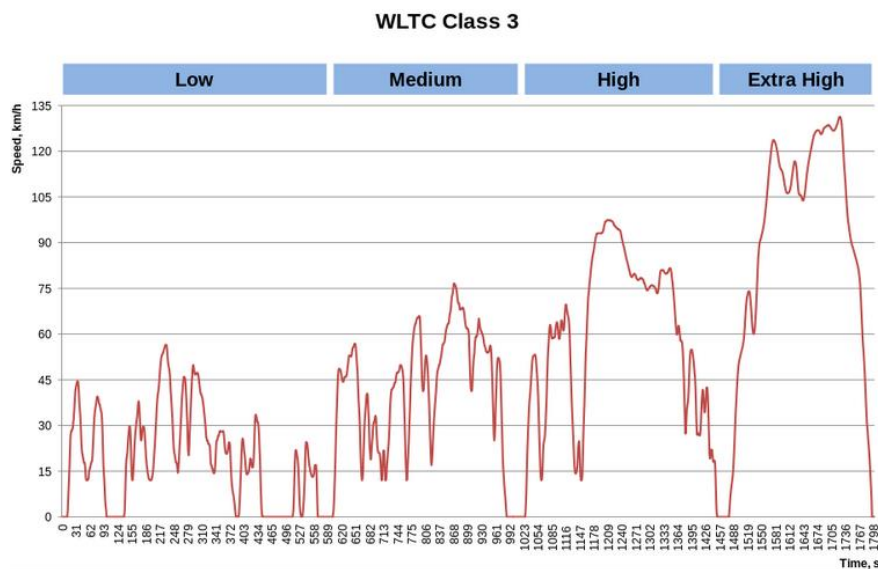
Cyklus se skládá z nízké a střední rychlosti. Celková doba trvání je 1 022 s, celková ujetá vzdálenost je 8,091 km při průměrné rychlosti 28,5 km·h<sup>-1</sup>.

### *Třída 2*

Cyklus zahrnuje nízké, střední a relativně vysoké rychlosti vozidel. Celková doba trvání je 1 477 s, vzdálenost 14,66 km a průměrná rychlost 35,7 km·h<sup>-1</sup>.

### *Třída 3*

Tento jízdní cyklus se skládá ze čtyř částí různých druhů provozu: městský provoz, mimoměstský provoz, relativně vysoké rychlosti, dálniční zóna. Vzdálenost ujetá během cyklu je 23,262 km, doba trvání 1 800 s a průměrná rychlost 46,5 km·h<sup>-1</sup>.



Obrázek 21: Jízdní cyklus WLTP – třída 3

## **Běžný provoz vozidla**

Výsledky takového měření mají z hlediska provozovatele vozidla nejpřesnější vypovídací hodnotu, protože poskytují výsledky odpovídající skutečné spotřebě vozidla během skutečného provozu. Tato měření lze provádět napodobením skutečného provozu, zejména trasy, hmotnosti nákladu, rychlostního profilu a doby používání, nebo měřením během skutečného používání vozidla. U těchto metod měření je vhodné, aby řidič nebyl obeznámen s tím, že se měření provádí, aby nedošlo k ovlivnění výsledků měření.

## **METODY STANOVENÍ SPOTŘEBY PALIVA**

### **Hmotnostní (gravimetrická) metoda**

Množství energie v palivu závisí na jeho hmotnosti, proto spotřebovaná hmotnost paliva přímo určuje energetickou náročnost. Princip je nejčastěji takový, že se palivo v nádrži zváží před měřením a po něm a rozdíl hmotností představuje hmotnost spotřebovaného paliva. Hmotnost lze také sledovat v určitých intervalech nebo nepřetržitě během měření. Častěji se používá ke stanovení spotřeby motoru nebo celkové spotřeby vozidla při určování spotřeby v ustáleném stavu. Eliminuje rozdíl specifické hmotnosti paliva v přívodní a odvodní větví způsobený zahříváním paliva. Proto se používá hlavně pro vědecké a výzkumné účely a většinou se váže na laboratorní podmínky.

### **Objemová metoda**

Tato metoda, jak již název napovídá, je měřením objemu spotřebovaného paliva. Množství paliva se vyjadřuje v jednotkách objemu. Spotřeba silničních motorových vozidel se nejčastěji udává v  $l \cdot 100 \text{ km}^{-1}$ , v případě speciálních vozidel v litrech na motohodinu. Tato metoda je flexibilnější vzhledem k postupu měření a použitému přístroji. Proto se používá k jízdám zkouškám mimo laboratoře.

Vzhledem k měnící se hustotě paliva vlivem okolní teploty a atmosférického tlaku je nutné přepočítat objem spotřebovaného paliva na objem při normalizovaných hodnotách.

Objem spotřebovaného paliva můžeme měřit pomocí měřicích zařízení, tzv. průtokoměrů. Pracují na principu mechanického měření objemu proteklého paliva. Tento pohyb mechanických částí se převádí na elektrické impulsy o určité frekvenci (čím vyšší, tím přesnější a lepší), které zpracovává vyhodnocovací elektronika a poskytuje tak výstupy v podobě jednotek spotřeby. Vzhledem ke složitosti průtokoměrů

a vyhodnocovací elektroniky mohou výstupy představovat celkovou spotřebu paliva za měření, okamžitou spotřebu v litrech za hodinu nebo v případě spolupráce se snímačem rychlosti vozidla v  $l \cdot 100 \text{ km}^{-1}$ . Průtokoměr je připojen přímo k palivovému systému vozidla, takže veškeré palivo proudící ke vstřikovačům protéká nejen jimi, ale i zpět (přepadová větev). U vysokotlakých vstřikovacích systémů jsou průtokoměry připojeny k nízkotlaké části. Konkrétně před napájecím čerpadlem, pokud se jedná o vakuové čerpadlo. Pokud jde o tlakové čerpadlo, je k němu připojeno. Jednodušší jednosměrné průtokoměry lze použít u napájecích čerpadel s vnitřní vratnou smyčkou paliva. V těchto systémech je přesná dávka vstřikovaného paliva regulována přímo v podávacím čerpadle, takže ke vstřikovačům jde pouze jedna větev s jedním směrem proudění paliva. Jednosměrné průtokoměry měří objem průtoku paliva pouze v jednom směru. V systémech s řízením vstřikování paliva ve vstřikovači (např. systém Common Rail) jsou dvě větve palivového potrubí, a proto je nutné použít obousměrné průtokoměry. Ty měří objem paliva proudícího z nádrže do vstřikovače a také objem nespotřebovaného paliva vracejícího se ve zpětné větvi ze vstřikovačů. Rozdíl mezi těmito dvěma naměřenými objemy představuje skutečnou spotřebu vozidla. Průtokoměry měří s přesností přibližně 0,5 %.

### **Sledování spotřeby paliva**

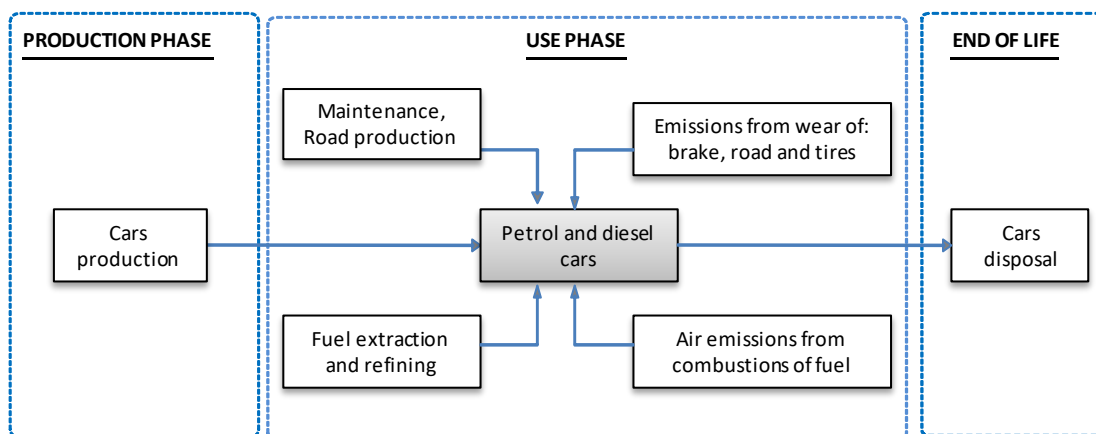
Vedle sledování vozidel slouží telematické aplikace také k monitorování pohonných hmot. Základem tohoto sledování je prevence krádeží pohonných hmot a získávání objektivních údajů o jejich spotřebě. Taková analýza má za následek snížení nákladů dopravců a spotřeby paliva v průměru o 5,5 %. Řešení měření spotřeby paliva lze provádět sběrem dat z řídicí jednotky vozidla pomocí sběrnic CAN/FMS, hladinové sondy nebo průtokoměru. Výsledný průběh spotřeby paliva v závislosti na čase a ujeté vzdálenosti se zobrazí na stole dispečera v podobě grafu. Analýza by se měla zaměřit na prudký pokles paliva v nádrži. Jde o kontrolu a ochranu před jejich krádeží a nelegálním odvozem. Mohou však být také způsobeny výkonem vozidla na místě.

### 3.4 POSOUZENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU VOZIDEL NA KONVENČNÍ PALIVA - PŘÍPADOVÁ STUDIE

Zde představujeme případovou studii, která může studentům pomoci pochopit praktickou případovou studii hodnocení životního cyklu (LCA) vozidel. Provedli jsme LCA pro vozidla se spalovacím motorem (ICEV), která zahrnují: osobní automobily s benzinovým a naftovým motorem.

Analyzovali jsme uhlíkovou stopu, vodní stopu a stopu zdrojů těchto vozidel. Provedli jsme LCA v souladu s pokyny ISO 14040: 2006 pomocí softwaru SimaPro v. 9 s databází Ecoinvent v.3 (další podrobnosti o nástrojích LCA naleznete v části „5. NÁSTROJE PRO POSUZOVÁNÍ VLIVŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ“). Posouzení vlivu osobních automobilů s benzinovým a naftovým motorem na životní prostředí bylo provedeno podle čtyř fází LCA:

- Definice cíle a rozsahu
- Definice inventarizace životního cyklu
- Posouzení dopadu životního cyklu
- Interpretace.



Obrázek 22: Systémové hranice analyzovaného životního cyklu osobního automobilu [41]

Pro analýzy LCA jsme předpokládali, že funkční jednotka (FU) je rovna 100 km. Provedli jsme srovnávací analýzu dopadů vozidel ICEV s benzinovým motorem a vozidel

<sup>41</sup> Burchart-Korol D.; Fołęga P.: Comparative life cycle impact assessment of chosen passenger cars with internal combustion engines (Srovnávací hodnocení dopadů životního cyklu vybraných osobních automobilů se spalovacími motory), *Transport Problems* 2019 vol. 14 vyd. 2 s. 69-76

ICEV s naftovým motorem na životní prostředí. Hranice systému pro analyzovaný životní cyklus osobního automobilu jsou uvedeny na **Obrázek 22**

Hranice systému se rozprostírají od kolébky ke hrobu: výroba osobních automobilů, výroba pohonných hmot (nafty a benzínu), fáze provozu automobilů (včetně údržby automobilů), emise související s provozem automobilů, výstavba silnic, likvidace automobilů a údržba (**Obrázek 22**). Provedli jsme LCA pro dopravu malými osobními automobily se spalovacími motory, a to jak s benzinovým, tak s naftovým motorem. Pro analýzu jsme zvolili malé automobily, protože malé motory jsou v zemích Evropské unie rozšířenější než střední a velké motory. Průměrná hmotnost malých vozů byla odhadnuta na 1 200 kg. Předpokládaná velikost motoru byla až 1,4 l. Analýza zahrnuje malé osobní automobily třídy Euro 5.

Ve druhé fázi LCA - definice inventáře životního cyklu - jsme analyzovali vstupní a výstupní údaje pro životní cyklus automobilu. Údaje zahrnovaly výstavbu, provoz, údržbu a likvidaci automobilů. K analýze LCA jsme potřebovali všechny přímé emise způsobené spalováním paliva a emise mimo výfukové plyny, jako jsou emise vznikající opotřebením pneumatik a brzd a opotřebením vozovky.

Údaje pro LCA pocházejí od společnosti Simapro. Mezi hlavní vstupy pro elektromobily patří: lithium-iontová baterie, výroba osobních elektromobilů, údržba, výroba elektřiny. Mezi hlavní výstupy patří: emise z opotřebením brzd, emise z opotřebením vozovky a emise z opotřebením pneumatik.

Mezi hlavní vstupy pro vozidla se spalovacími motory poháněná benzinem a naftou patří: údržba osobních automobilů, výroba osobních automobilů, výroba pohonných hmot. Mezi hlavní výstupy vozidel se spalovacími motory poháněných benzinem a naftou patří: emise oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého, nemethanových těkavých organických sloučenin, oxidů dusíku, pevných částic a oxidu siřičitého do ovzduší, emise z opotřebením brzd, emise z opotřebením vozovky a emise z opotřebením pneumatik.

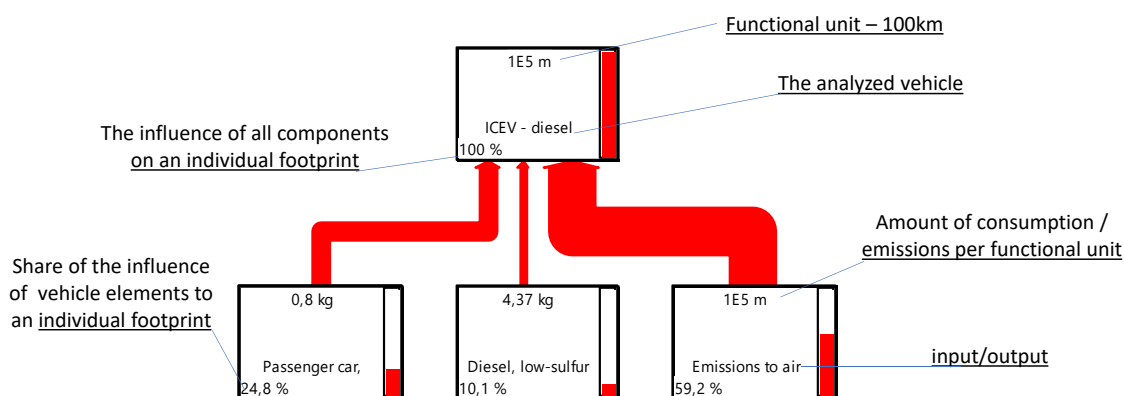
Další fáze, a to posouzení dopadů životního cyklu (LCIA), umožnila výpočet hodnot kategorií dopadů na životní prostředí podle zvolených metod hodnocení v softwaru Simapro. Zvolili jsme metody LCIA, které nám umožnily provést posouzení jednotlivých environmentálních stop: uhlíkové stopy, vodní stopy a stopy zdrojů osobních automobilů s benzinovým a naftovým motorem.

**Uhlíková stopa** umožňuje analyzovat emise skleníkových plynů s přihlédnutím k přímým a nepřímým dopadům lidské činnosti, vyjádřeným v referenční jednotce kg CO<sub>2</sub>. Uhlíková stopa se počítá na základě potenciálu globálního oteplování (GWP).

**Vodní stopa** umožňuje analyzovat spotřebu vody během životního cyklu výrobku. Tento ukazatel se vztahuje na objem spotřebované vody a hodnotí pouze spotřebovanou vodu. Celkové množství vodní stopy je vyjádřeno v referenční jednotce m<sup>3</sup>.

Z hlediska oběhového hospodářství je důležitá také **stopa zdrojů**, která zahrnuje vyčerpání fosilních paliv, kovů a minerálů. Celkové množství stopy zdrojů je vyjádřeno v referenční jednotce MJ.

Naše analýza LCA nám umožnila identifikovat hlavní negativní faktory, které ovlivňují jednotlivé environmentální stopy. Hlavní negativní faktory jsme nazvali **determinanty** - jedná se o hlavní prvky v celém životním cyklu vozidla, které mají největší negativní dopad na danou ekologickou stopu. Výsledky LCA pro jednotlivé stopy jsme prezentovali ve formě grafů. Níže je uveden popis diagramu pro všechny analýzy LCA.



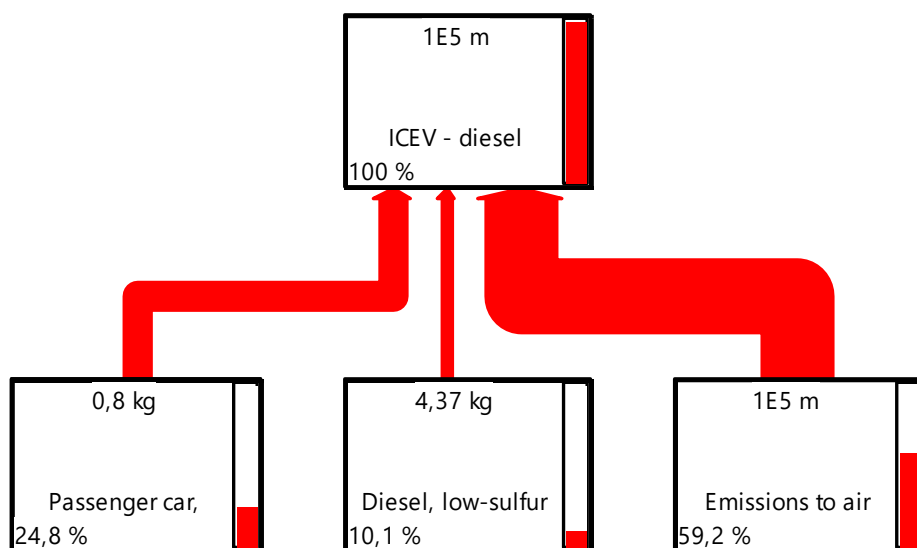
Obrázek 23: popis diagramu pro analýzu LCA

Červená barva šipky označuje negativní dopad na životní prostředí. Šipky směřují od vstupu/výstupu k analyzovanému vozidlu. Tloušťka šipky označuje velikost negativního dopadu na životní prostředí, v tomto případě velikost jednotlivých ekologických stop. Čím silnější je červená šipka, tím větší je negativní dopad. Hlavním určujícím faktorem dopadu na životní prostředí je prvek, ze kterého vychází nejsilnější šipka. Funkční jednotka je 100 km. Množství spotřeby všech vstupů se přepočítává na funkční jednotku - např. pro dieselové ICEV - 4,37 kg znamená spotřebu nafty na 100 km v případě osobního automobilu. Hodnota 10,1 % znamená, že výroba nafty představuje 10,1 % všech emisí skleníkových plynů v životním cyklu vozidla ICEV.

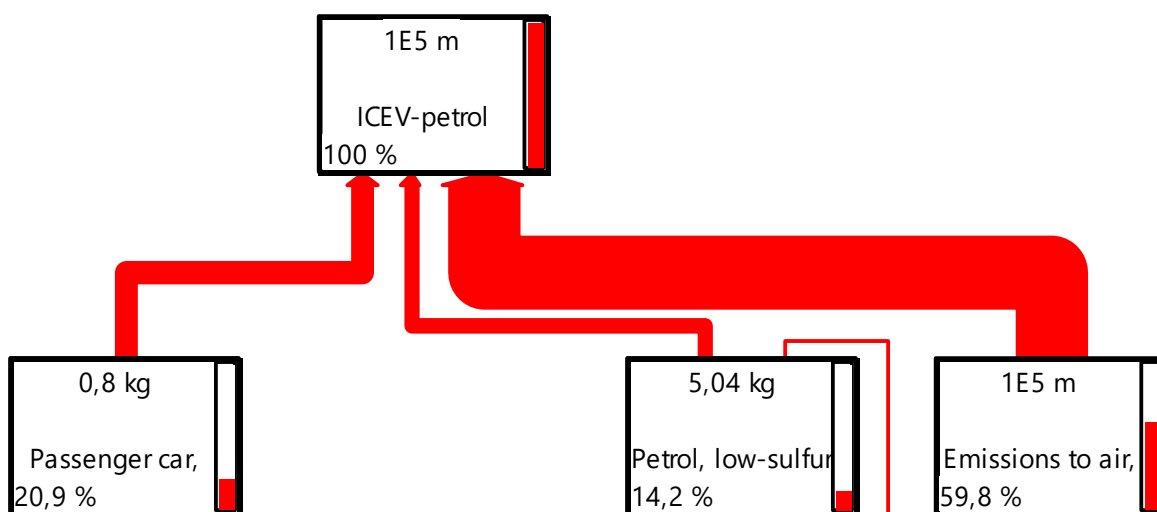
## VÝSLEDKY POSOUZENÍ UHLÍKOVÉ STOPY VOZIDEL S KONVENČNÍMI PALIVY

Zjistili jsme faktory určující uhlíkovou stopu u vozidel s benzinovým motorem a vozidel s naftovým motorem. Výsledky hodnocení uhlíkové stopy byly znázorněny v následujících Obrázek 25:.

Hlavním faktorem uhlíkové stopy u vozidel ICEVS (diesel a benzin) jsou emise do ovzduší, které tvoří 59,2 %, resp. 59,8 % uhlíkové stopy (obr. 24 a obr. 25). Velká část uhlíkové stopy je také spojena s výrobou vozidel (determinant vyjádřený jako osobní automobil) a paliv (determinant vyjádřený jako benzin s nízkým obsahem síry).



Obrázek 24: Determinanty uhlíkové stopy vozidel se vznětovým motorem (dieselová vozidla ICEV)



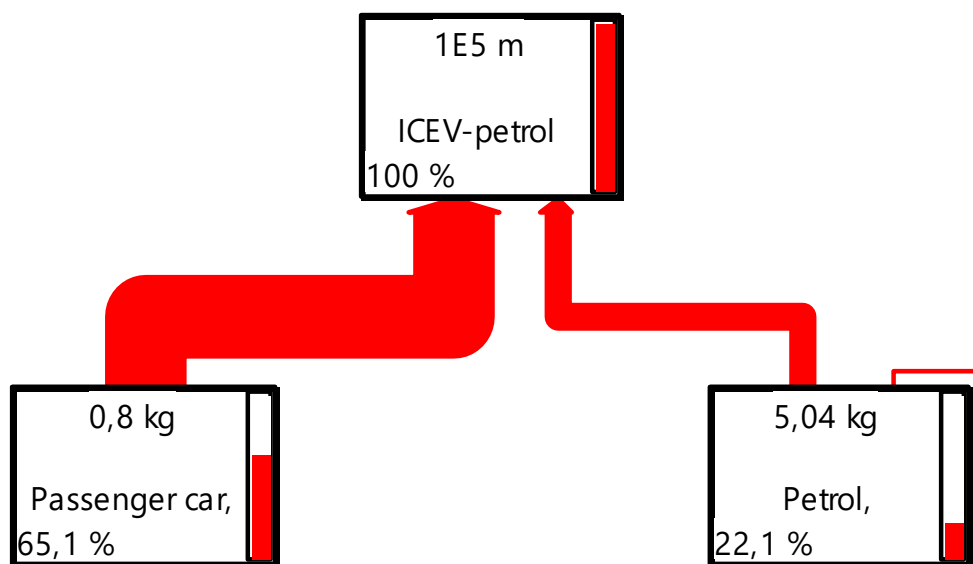
Obrázek 25: Determinanty uhlíkové stopy vozidel s benzinovým motorem (benzinová vozidla ICEV)



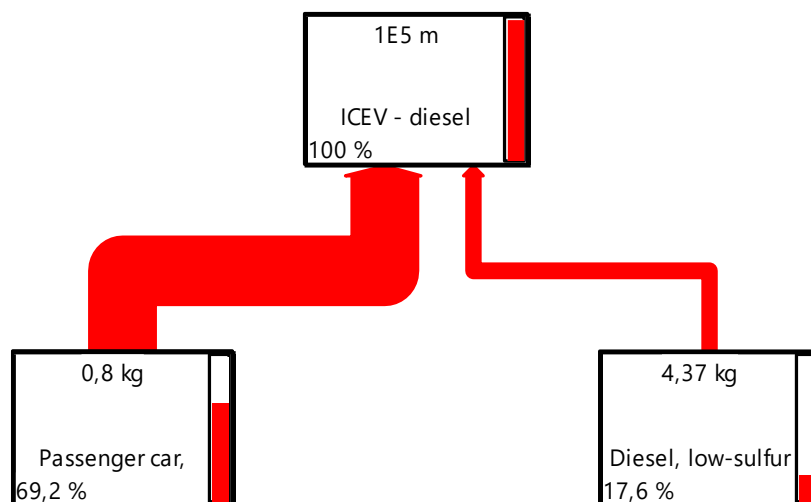
Naše srovnávací analýzy životního cyklu vozidel s benzinovým a naftovým pohonem ukázaly, že uhlíková stopa připadající na osobní automobily s naftovým pohonem je nižší než u osobních automobilů s benzinovým pohonem, což je ovlivněno především vyšší uhlíkovou stopou způsobenou výrobou benzínu a také přímými emisemi CO<sub>2</sub> souvisejícími s provozem automobilů s benzinovým pohonem. Hlavním faktorem ovlivňujícím uhlíkovou stopu těchto vozidel na konvenční paliva jsou přímé emise oxidu uhličitého do ovzduší spojené s provozem automobilů. Uhlíková stopa osobních automobilů s benzinovým a naftovým motorem je způsobena především provozem těchto vozidel. Proto by se v zájmu snížení jejich dopadu na životní prostředí mělo vyvinout zvláštní úsilí zaměřené na zvýšení podílu alternativních paliv ve směsi paliv pohánějících osobní automobily.

## VÝSLEDKY POSOUZENÍ VODNÍ STOPY VOZIDEL S KONVENČNÍMI PALIVY

Zjistili jsme, jaké jsou rozhodující faktory vodní stopy u vozidel s benzinovým a naftovým motorem. Výsledky posouzení vodní stopy jsou uvedeny níže.



Obrázek 26: Determinanty vodní stopy vozidel ICEV-benzín

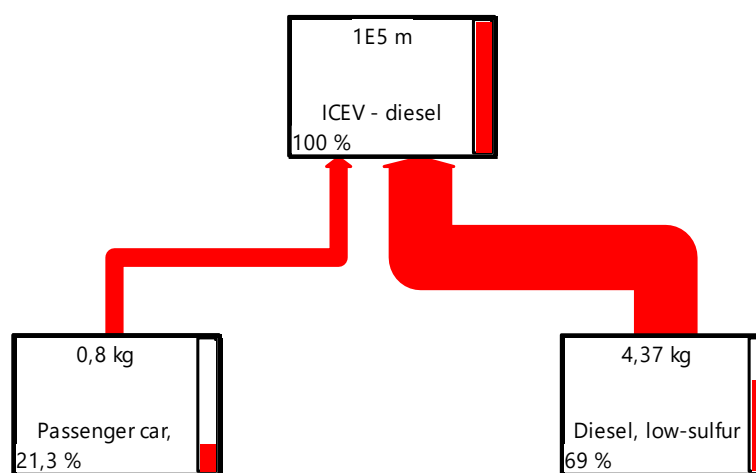


Obrázek 27: Determinanty vodní stopy ICEV - nafta

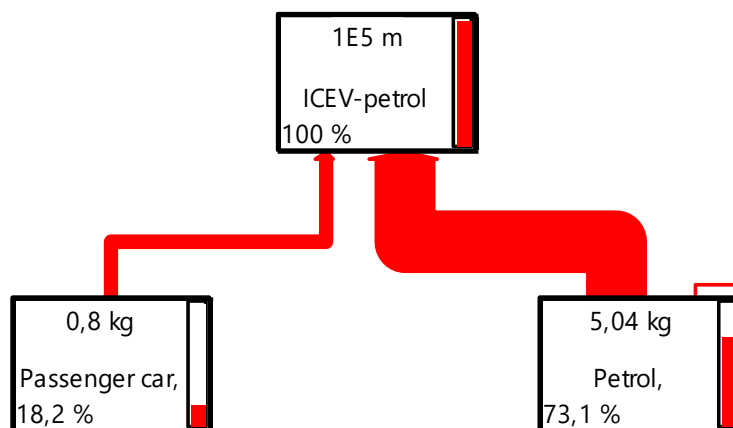
Jak vyplývá z předchozí analýzy, hlavním faktorem ovlivňujícím vodní stopu vozidel s vnitřním pohonem je výroba vozidel. Velký vliv na vodní stopu má také výroba paliv.

## VÝSLEDKY POSOUZENÍ STOPY ZDROJŮ U VOZIDEL NA KONVENČNÍ PALIVA

Zjistili jsme, jaké faktory určují stopu zdrojů u vozidel s benzinovým a naftovým motorem. Výsledky posouzení stopy zdrojů jsou uvedeny na Obrázek 28, Obrázek 29.



Obrázek 28: Determinanty stopy zdrojů vozidel s dieselovým motorem



Obrázek 29: Faktory určující dopad benzinových vozidel na zdroje

Pokud jde o vozidla s vnitřním pohonem, je fáze výroby paliva hlavním faktorem ovlivňujícím stopu zdrojů.

### 3.5 SROVNÁNÍ INDIVIDUÁLNÍ A VEŘEJNÉ OSOBNÍ DOPRAVY

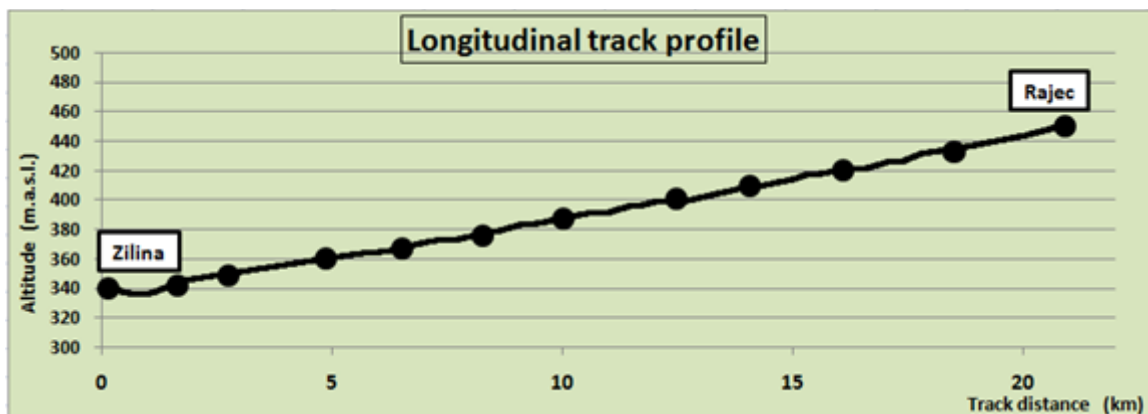
Výsledky praktických měření spotřeby v reálném provozu jsou prezentovány na spotřebě, osobním vlaku, autobusu a osobním automobilu. Sledovány byly ukazatele, jako je spotřeba energie a produkce skleníkových plynů, s přihlédnutím k principu W-t-W.

Spotřeba byla vypočtena na trase Žilina - Rajec a zpět ve Slovenské republice, přičemž byla porovnána osobní železniční, autobusová a individuální doprava.

Železniční trať mezi Žilinou a Rajcem na Slovensku není elektrifikovaná. V současné době na ní jezdí regionální vlaky nezávislé trakce v jedno- až dvouhodinových intervalech. Železniční trať i silnice vedou podél řeky Rajčanky. Délka trati je 21,3 km.

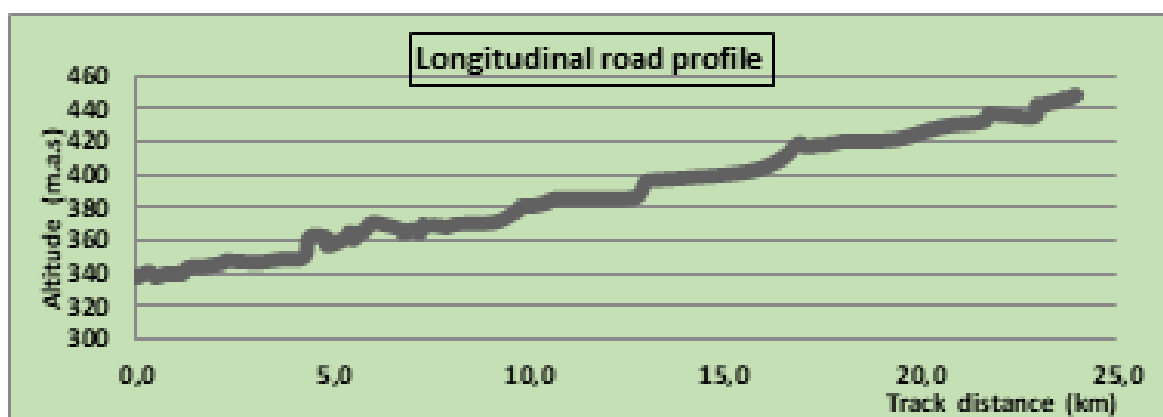
Výškový rozdíl mezi Žilinou (340) a Rajcem (450) způsobuje, že stoupání trati dosahuje nejvyšší hodnoty 13 %, s výjimkou krátkého stoupání za železniční stanicí v Žilině, kde stoupání krátkodobě dosahuje 17 %. Průměrné stoupání mezi terminály je 5 % Obrázek 30 [42].

<sup>42</sup>Skrúcaný T., Ponický J., Kendra M., Grenčík J. Spotřeba energie a produkce skleníkových plynů na vybrané železniční trati v regionální osobní dopravě. 22. mezinárodní konference: Aktuální problémy kolejových vozidel, VOL II, Žilina, 2015



Obrázek 30: Podélný profil železniční trati se zastávkami

Na trati je 12 železničních zastávek a stanic, první je Žilina na začátku a poslední Rajec na konci trati. Maximální traťová rychlost je  $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , ale na některých úsecích trati je rychlost omezena pouze na  $50$  nebo  $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Doba jízdy mezi terminály je přibližně 37 minut. Průměrný počet přepravených cestujících na vlak v roce 2014 byl přibližně 32 osob.



Obrázek 31: Podélný profil silnice

K měření spotřeby vlaku byla použita motorová jednotka řady 813-913, která byla vyrobena v ŽOS Zvolen (Slovensko) přestavbou starých vozů řady 810.

Pro měření spotřeby autobusů byl použit autobus Karosa C954 vyráběný společností Karosa Vysoké Mýto (Česká republika) v letech 2001 až 2006.

Podrobnější technické parametry vozidel jsou uvedeny na Tabulka 7:.

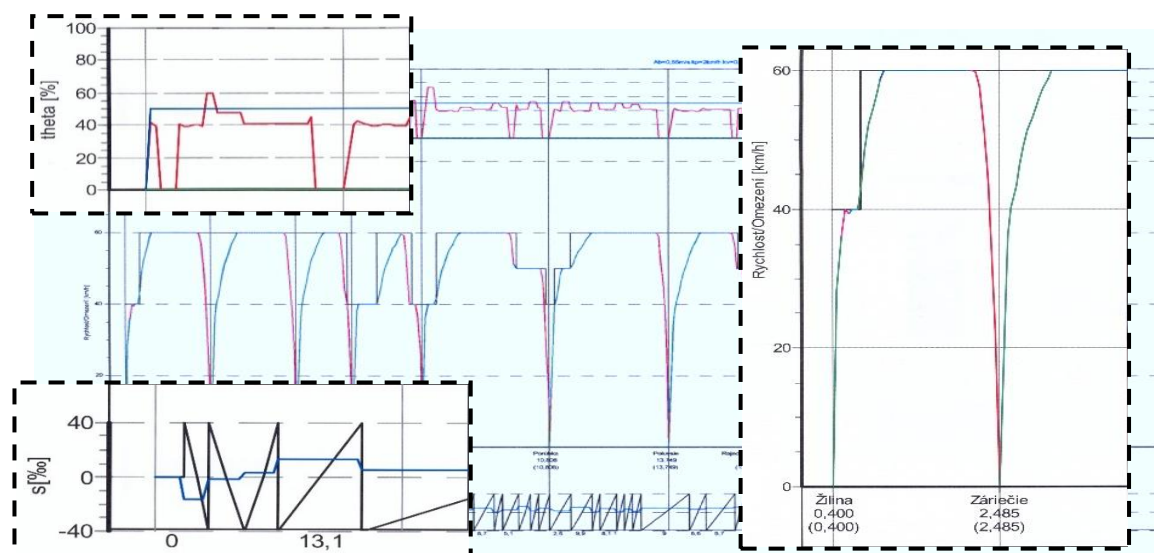


Obrázek 32: Porovnávání vozidla (vlevo: vlaková motorová jednotka 813-913, vpravo: autobus Karosa C954)

K výpočtu spotřeby energie vlaku byl použit simulační software Railway Dynamics (Obrázek 33). Spotřeba energie vlakem byla vypočtena na základě předem zvolených a definovaných parametrů na stanovené trase. Software pracuje s importovaným směrem dráhy a výškovým vedením. Na základě definovaných parametrů (řada motorových jednotek, hmotnost vlaku, délka vlaku, zatížení náprav, počet a umístění zastávek) byla vypočtena spotřeba energie v kWh. Tento software lze použít k výpočtu spotřeby energie a doby jízdy jakéhokoli vlaku na jakékoli železniční trati. Pro výpočet je nutné pouze importovat základní parametry vlaku a údaje o trati.

Tabulka 7: Základní technické parametry autobusu a vlaku

Vozidlo	Motorová jednotka 813-913	autobus Karosa C 954
Uspořádání pohonu	1'A' + 1'I'	-
Zdroj energie	Diesel	Diesel
Přenos energie	hydromechanické	mechanické
Maximální rychlost	90 km·h <sup>-1</sup>	105 km·h <sup>-1</sup>
Spalovací motor	MAN D 2876 LUE 21	Iveco Cursor F2 B
Výkon motoru	257 kW	228 kW
Hmotnost prázdného vozidla	39 t	10,8 t
Hmotnost naloženého vozidla	53 t	18 t
Délka vozidla	28 820 mm	11 990 mm
Počet míst	78 + 5	49
Maximální počet stojících cestujících	120	39

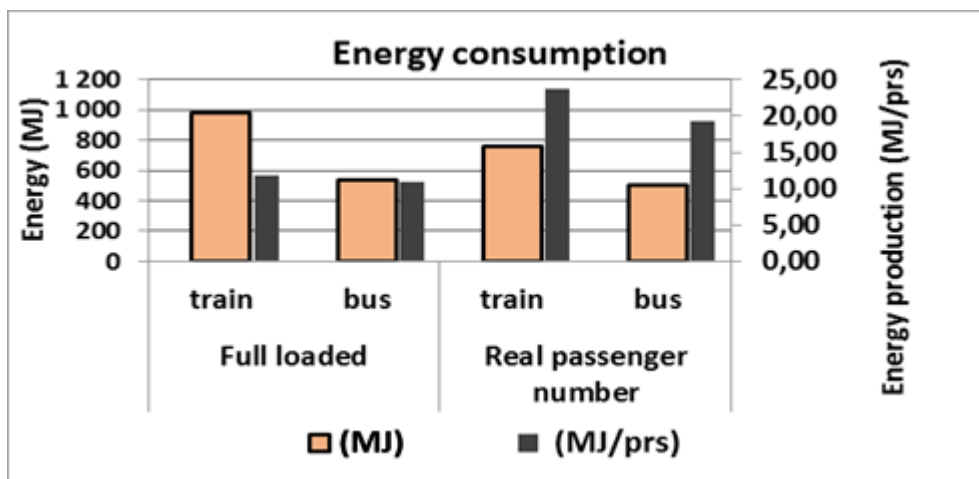


Obrázek 33: Výstupní data ze softwaru Railway Dynamics (Zdroj: software Railway dynamics)

Výpočet v této případové studii byl proveden pro jízdu v obou směrech, tj. jeden pro stoupaní a druhý pro klesání. Výsledky spotřeby v obou směrech jsou zahrnuty do závěrečného hodnocení (Tabulka 8:). Tabulka 8: ukazuje výhodu autobusové dopravy. To znamená, že navzdory parametrově velmi podobným motorům (výkon, spotřeba) vlaku a autobusu a nižší náročnosti železniční tratě dosahuje železniční vozidlo na sledované trati vyšší spotřeby paliva než autobus. Je to dáno vlastní hmotností železničního vozidla 39 t, což je o 28 t více než hmotnost autobusu (cca 11 t).

Tabulka 8: Výsledky výpočtu vlak - autobus

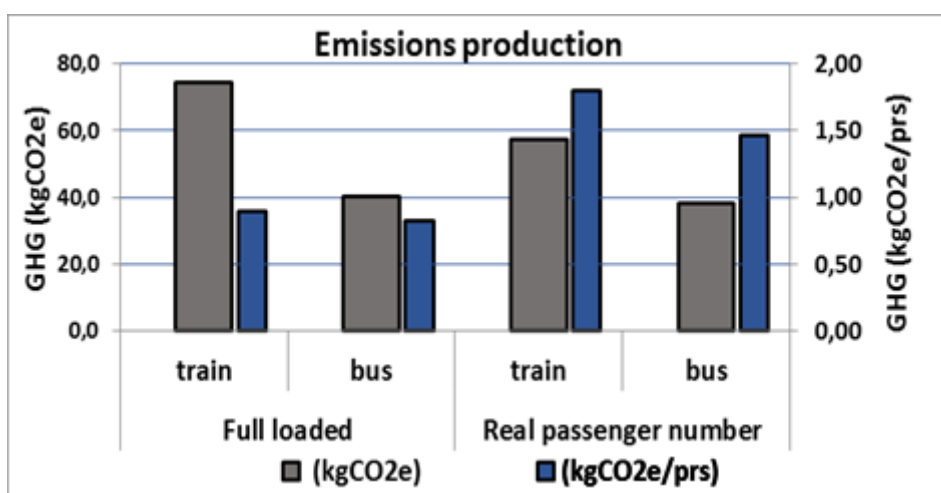
Obsazenost vozidla	Vozidlo	Spotřeba paliva [L]	Celková spotřeba energie [MJ]	Celková produkce CO <sub>2e</sub> [kg]	Počet cestujících	Spotřeba energie na cestujícího [MJ/osoba-1]	Produkce CO <sub>2e</sub> [kg/osoba-1]
Plná obsazenost	Vlak	22,98	981,2	74,4	83	11,82	0,90
	Autobus	12,48	532,9	40,4	49	10,88	0,83
Skutečný počet cestujících	Vlak	19,23	821,3	62,3	32	25,66	1,95
	Autobus	11,76	502,2	38,1	26	19,31	1,47



Obrázek 34: Srovnání spotřeby energie vlaků a autobusů

Výsledek simulace spotřeby paliva motorového vlaku byl porovnán se skutečnou spotřebou této jednotky na dané trati. Výsledek simulace se potvrdil, protože rozdíl oproti skutečné spotřebě činil pouze - 8,5 %. Proto byly všechny výsledky spotřeby zvýšeny o 8,5 %, aby se přiblížily skutečnosti.

Přestože motorový vlak dosahuje vyšších hodnot skutečného počtu cestujících, nedosahuje vyšší účinnosti než autobus. Jak již bylo uvedeno, je to způsobeno vyšší vlastní hmotností vlaku. Při výpočtu celkové spotřeby energie při skutečném používání vozidel představuje spotřeba energie autobusu pouze 54 až 66 % spotřeby vlaku. Při přepočtu spotřeby energie na cestujícího ( $\text{MJ} \cdot \text{osoba}^{-1}$ ) je rozdíl výrazně nižší (75 až 92 %), a to díky vyšší kapacitě vlaku. Bez ohledu na to je efektivita autobusové dopravy z hlediska spotřeby energie efektivnější, ale při maximálním využití kapacity vlaků nebo využití parkovacích míst by se železniční doprava přiblížila efektivitě silniční dopravy, v některých případech by mohla být efektivnější z hlediska počtu přepravených osob.



Obrázek 35: Srovnání emisí skleníkových plynů při provozu vlaků a autobusů

Podobně jako u spotřeby energie je možné vypočítat také emise skleníkových plynů. Poměr mezi emisemi skleníkových plynů z vozidel je podobný jako u spotřeby energie, protože byl vypočten podle normy EN 16 258:2012, kde produkce skleníkových plynů je součinem spotřeby paliva a emisního faktoru.

V další části je porovnána spotřeba osobního vlaku s osobním vozem. Technické parametry vozu jsou uvedeny v Tabulka 9:.

Tabulka 9: Technické parametry vozidla <sup>[43]</sup>

Skoda Fabia III	
Rok výroby	2016
Motor	1.2 TSI, DOHC
Palivo	benzín
Přeplnění	turbodmychadlo
Kód motoru	5J
Převodovka	mechanická (ruční)
Počet převodových stupňů	5
Rychlostní výkon	66 kW / 4 400 min <sup>-1</sup>
Točivý moment při rychlosti	160 Nm / 1 400 min <sup>-1</sup>
Celková hmotnost	1 564 kg
Pohotovostní hmotnost	1 133 kg
Spotřeba paliva ve městě (údaje výrobce)	6 l·100km <sup>-1</sup>
Spotřeba paliva ve městě (údaje výrobce)	4 l·100km <sup>-1</sup>



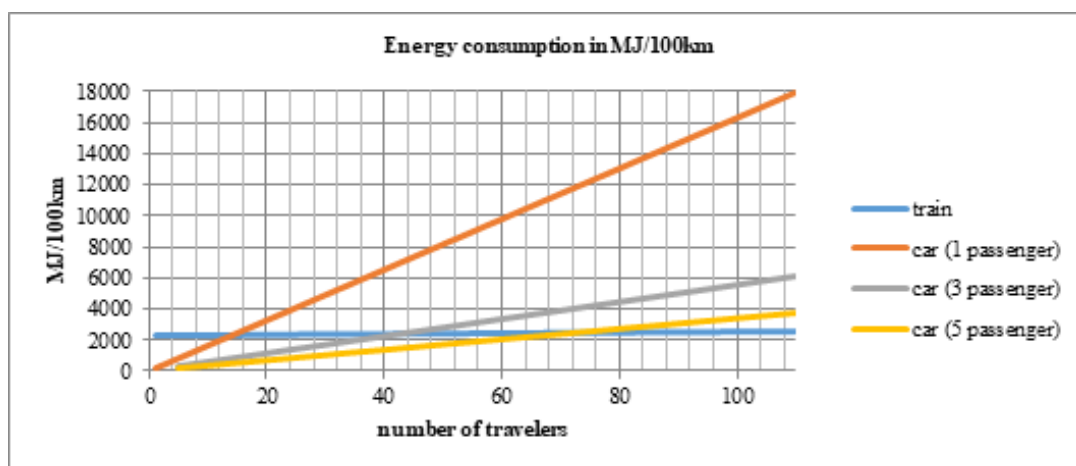
Obrázek 36: Škoda Fabia III - vůz používaný k měření

<sup>43</sup>Kendra M., Skrúcaný T., Synák F., Škorupa M., Grenčík J.: Energetická náročnost železniční a silniční osobní dopravy a její bod zlomu podle využití kapacity vozidel. 7. ročník konference Transport Research Arena TRA 2018, Vídeň. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1421671>



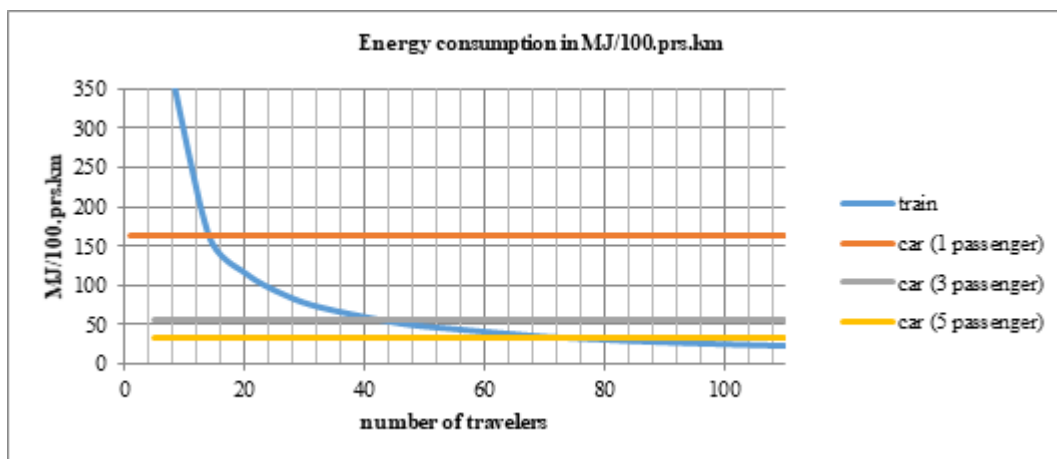
Výsledky měření u osobních automobilů ukázaly velký rozdíl mezi výrobcem udávanou a skutečně naměřenou spotřebou paliva. Naměřená spotřeba představuje vyšší hodnoty v rozmezí 8 až 11,5 % ve srovnání s deklarovanou spotřebou paliva vozu. V absolutních hodnotách se spotřeba paliva na sledované trase pohybovala v rozmezí 4,33 až 4,56 l·100 km<sup>-1</sup>. Všechny části byly měřeny ve třech opakováních.

Velmi malé odchylky mezi měřeními byly způsobeny co nejpodobnějším stylem jízdy řidiče. Měření probíhalo v časných ranních hodinách bez provozu jiných vozidel, průměrná úseková rychlost vozu byla neustále sledována a upravována a v maximální možné míře byl využíván tempomat vozu. Tímto postupem bylo dosaženo minimální odchylky výsledků jednotlivých měření, opakovatelnosti. Naměřené rozdíly tedy představují vliv zatížení vozu.



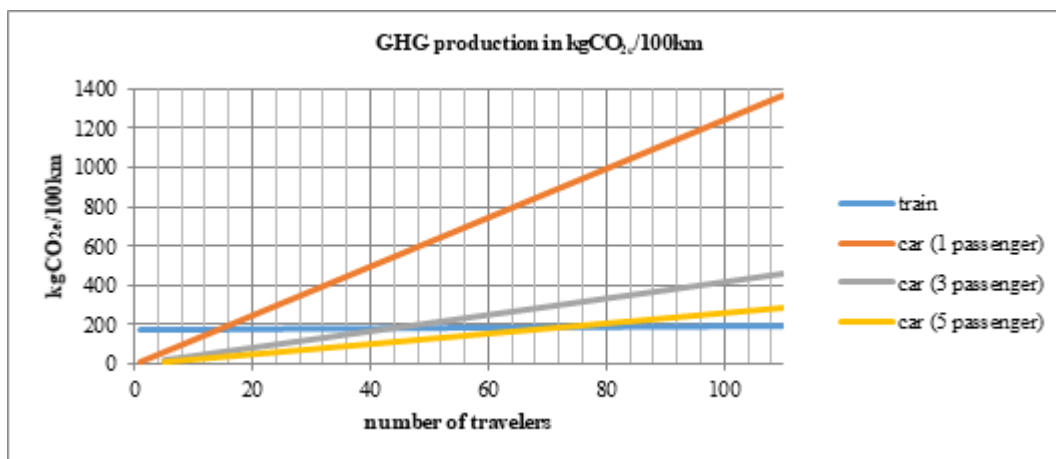
Obrázek 37: Srovnání spotřeby energie vlaku a automobilu

Obrázek 37: vypovídá o spotřebě energie na 100 km jednotlivých dopravních prostředků (vlak, osobní automobil) s ohledem na jejich obsazenost, resp. požadovaný počet přepravovaných osob. Nejhorším případem z hlediska energetické účinnosti je přeprava pouze jedné osoby v autě (řidiče). Potřebný počet ojetých automobilů se rovná počtu přepravovaných osob, což představuje strmý sklon přímky (červená). Účinnost se mnohonásobně zvyšuje s počtem osob ve voze. Přestože se spotřeba paliva vozu zvyšuje s ohledem na okamžitou hmotnost, a tedy i počet cestujících, s ohledem na třikrát až pětkrát menší potřebný počet vozidel než v prvním případě, jedná se o zvýšení účinnosti. Tuto skutečnost lze pozorovat v absolutních číslech na Obrázek 37: a v relativních číslech na Obrázek 38:.



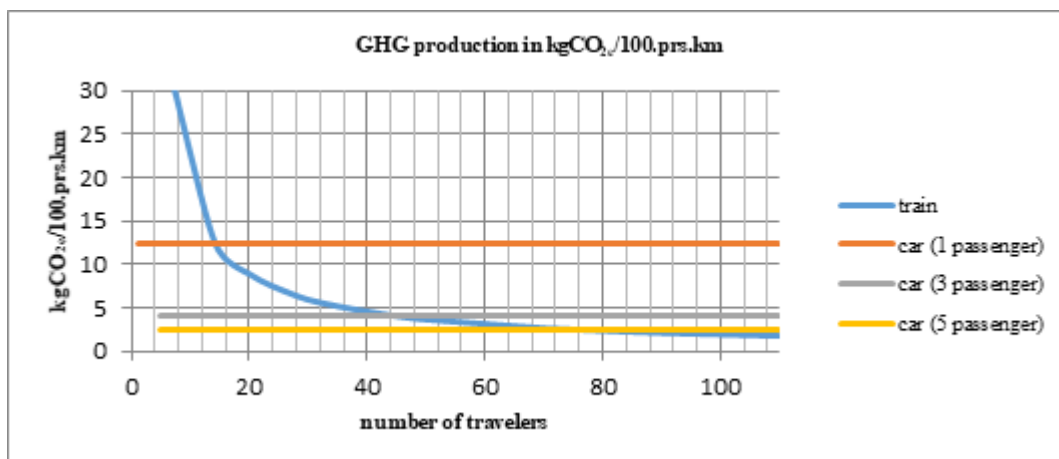
Obrázek 38: Relativní srovnání spotřeby energie

Průsečíky křivek na Obrázek 37: představují mezní hodnoty efektivity využití vlaku a vozu v závislosti na počtu přepravovaných osob. Pokud by byl vlak standardem, byl by při přepravě více než 14 cestujících efektivnější než automobil. V praxi to znamená, že na hodnocené dopravní trase je auto s řidičem efektivnější než vlak obsazený méně než 14 osobami. Při využití plného počtu míst k sezení, tj. 5 osob, se vlak stává efektivnějším při přepravě přibližně 73 osob, což je téměř 90 % kapacity míst k sezení (83 míst).



Obrázek 39: Srovnání emisí skleníkových plynů z provozu vlaků a automobilů

Míra emisí skleníkových plynů z provozu vlaku a osobního automobilu v měřené oblasti přímo souvisí se spotřebou energie, tj. paliva. Je to patrné i na obou grafických vyjádřeních Obrázek 39: a Obrázek 40:.



Obrázek 40: Relativní srovnání emisí skleníkových plynů

Množství vyprodukovaných skleníkových plynů bylo vypočteno na základě normy. Zohledňuje koeficienty produkce skleníkových plynů  $ew$  (emisní faktor) konstantní vzhledem k objemu spotřebovaného paliva ( $\text{kg CO}_{2e} \cdot \text{l}^{-1}$ ), množství spotřebovaného paliva ( $\text{kg CO}_{2e} \cdot \text{l}^{-1}$ ) nebo množství energie spotřebované v palivu ( $\text{g CO}_{2e} \cdot \text{MJ}^{-1}$ ), v tomto případě benzínu nebo nafty. Množství vyprodukovaných skleníkových plynů je tedy přímo úměrné množství spáleného paliva.

Vzhledem k hodnotám emisních faktorů porovnávaných paliv je benzín ( $75,2 \text{ g CO}_{2e} \cdot \text{MJ}^{-1}$ ) v mírné nevýhodě oproti naftě, která má o něco nižší hodnotu emisního faktoru ( $74,5 \text{ g CO}_{2e} \cdot \text{MJ}^{-1}$ ). Při zohlednění množství energie spotřebované v dopravních prostředcích a zaokrouhlení na celé číslo to však nemá vliv na změnu výsledků relativního vyjádření produkce skleníkových plynů z vozidel oproti relativnímu vyjádření spotřeby energie. I z hlediska produkce skleníkových plynů je tedy vlak efektivnější, pokud je obsazen více než 14 osobami, než automobil, ve kterém je pouze řidič. Ve vztahu k vozu pro 3 nebo 5 osob se vlak stává efektivnějším až od obsazenosti 44, resp. 73 osob.

Výsledky těchto praktických měření neměly za cíl určit, který způsob dopravy je lepší nebo šetrnější k životnímu prostředí. To nelze říci jednoznačně, protože energetická účinnost a produkce skleníkových plynů závisí nejen na spotřebě paliv a energie, ale také na využití kapacity dopravních prostředků. Je důležité zajistit co nejvyšší využitelnost dopravních prostředků pro cestující, např. vhodnou volbu vozidla pro daný dopravní proud. S klesající reálnou využitelností dopravních prostředků klesá i účinnost ekologické dopravy. Vhodná kombinace velikosti dopravního proudu a provozovaných vozidel je proto jedním z kroků k zajištění ekologické veřejné osobní dopravy.

## 3.6 ODKAZY KE KAPITOLE



### Shrnutí

Na konci této kapitoly budou studenti rozumět následujícím pojmům:

- Spalovací motor
- Evropské emisní normy
- Emisní předpisy
- Emisní limity
- Měření spotřeby paliva
- Jízdní cykly
- Spotřeba energie
- Produkce skleníkových plynů



### Otázky

- Jaká paliva se používají v běžných spalovacích motorech?
- Jaké jsou základní fáze činnosti čtyřdobého motoru?
- Jaké jsou výhody benzinového motoru?
- Jaké jsou výhody vznětového motoru?
- Do kterých dvou základních skupin se dělí evropské emisní normy?
- Které emise jsou regulovány evropskými emisními normami?
- Jaké jsou rozdíly mezi jednotlivými evropskými jízdními cykly?
- Jaké jsou metody měření spotřeby paliva?
- Jakou znáte ekologickou stopu spalovacích motorů?
- Jaké technické vlastnosti vozidel ovlivňují jejich provozní účinnost z hlediska spotřeby energie a produkce skleníkových plynů?

## Zkratky

BSFC - specifická spotřeba paliva při brzdění

CAN - síť řídicí jednotky

CI - zapalování vznětových motorů

CO - oxid uhelnatý

CO<sub>2</sub> - oxid uhličitý

DALY - rok života s ohledem na invaliditu

DPF/FAP - filtr pevných částic pro vznětové motory

ES - Evropské společenství

ECE 15 - Specifikace Evropské hospodářské komise OSN pro simulaci městského jízdního cyklu

EHS - Evropské hospodářské společenství

EEV - vozidlo šetrné k životnímu prostředí

EHK - Evropská hospodářská komise OSN

EN - evropská norma

ES - Evropské společenství

EU - Evropská unie

EUDC - mimoměstský jízdní cyklus

EUDCL - mimoměstský jízdní cyklus vztahující se na motorová vozidla s nižším výkonem motoru

FMS - funkční pohybová obrazovka

FO - funkční jednotka

GHG - skleníkové plyny

GWP - potenciál globálního oteplování

HC - uhlovodíky

ICEV - vozidlo se spalovacím motorem

IPCC - Mezivládní panel pro změnu klimatu

ISO - síť národních normalizačních institucí ze 148 zemí (odvozeno z řeckého slova „isos“, které znamená „stejný“)

LCA - hodnocení životního cyklu

LCIA - hodnocení dopadů životního cyklu

LPG - zkapalněný ropný plyn

NEDC - nový evropský jízdní cyklus

NMHC - nemetanové uhlovodíky

NO<sub>x</sub> - oxidy dusíku

PI -zážehové zapalování

PM - pevné částice

RW - referenční hmotnost

THC - tetrahydrokanabinol

UNECE - Evropská hospodářská komise OSN

WLTC - celosvětově harmonizovaný zkušební cyklus lehkých užitkových vozidel

WLTP - celosvětově harmonizovaný zkušební postup pro lehká užitková vozidla

W-t-W - od vrtu ke kolu

ŽOS - Společnost pro železniční opravy a strojírenství (Železnične opravovne a strojárne)

## 4. LCA V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU: VOZIDLA NA ALTERNATIVNÍ PALIVA

4. LCA V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU: VOZIDLA NA ALTERNATIVNÍ PALIVA .....	78
4.1 ÚVOD DO ELEKTRICKÝCH VOZIDEL .....	80
4.2 POSOUZENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU BATERIOVÝCH ELEKTRICKÝCH VOZIDEL (BEVS) .....	82
Výsledky hodnocení uhlíkové stopy bateriových elektrických vozidel.....	86
Výsledky hodnocení vodní stopy bateriových elektrických vozidel.....	87
Výsledky hodnocení stopy zdrojů bateriových elektrických vozidel .....	87
4.3 LCA NABÍJENÍ BATERIÍ ELEKTRICKÝCH VOZIDEL V ZEMÍCH EVROPSKÉ UNIE - případová studie .....	88
Výsledky .....	89
4.4 SROVNÁVACÍ ANALÝZA ŽIVOTNÍHO CYKLU BENZINOVÝCH ICEV, DIESELOVÝCH ICEV A BEV - případová studie .....	95
Předpoklady.....	95
4.5 POSOUZENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU ELEKTRICKÝCH VOZIDEL S PALIVOVÝMI ČLÁNKY.....	98
Vodík jako nejslibnější možnost dekarbonizace vozidel .....	98
4.6 POSOUZENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU ELEKTRICKÝCH VOZIDEL S PALIVOVÝMI ČLÁNKY - PŘÍPADOVÁ STUDIE .....	100
4.7 ODKAZY KE KAPITOLE.....	105



## Doba studia 120 minut



### Cíle

#### **JAKÉ ZNALOSTI STUDENTI ZÍSKAJÍ**

Studenti získají znalosti o aplikaci hodnocení životního cyklu LCA v automobilovém průmyslu, zejména LCA vozidel s alternativním pohonem, jako jsou bateriová elektrická vozidla (BEV) a elektrická vozidla s palivovými články (FCEV)

#### **JAK JIM TO POMŮŽE ROZUMĚT TÉMATU**

Studenti se seznámí s metodikou analýzy LCA, různými environmentálními stopami a podstatou těchto metod pro hodnocení dopadů automobilového průmyslu na životního prostředí

#### **JAKÉ DOVEDNOSTI BUDE KAPITOLA ROZVÍJET**

Kapitola zaručuje získání potřebných dovedností, které budou užitečné v budoucí profesní práci související s automobilovým průmyslem. Studenti se seznámí s rozhodujícími faktory environmentálního hodnocení životního cyklu vozidel a alternativních paliv.

#### **KDE MOHOU STUDENTI VYUŽÍT SVÉ ZNALOSTI**

Studenti mohou tyto znalosti využít při své budoucí práci související s ochranou životního prostředí v automobilovém průmyslu, zejména v odděleních analýzy emisí skleníkových plynů. Analýzy LCA poskytly nové poznatky, které budou využity v dalších analýzách týkajících se vývoje alternativních paliv v Evropské unii a jejich potenciálního dopadu na životní prostředí.

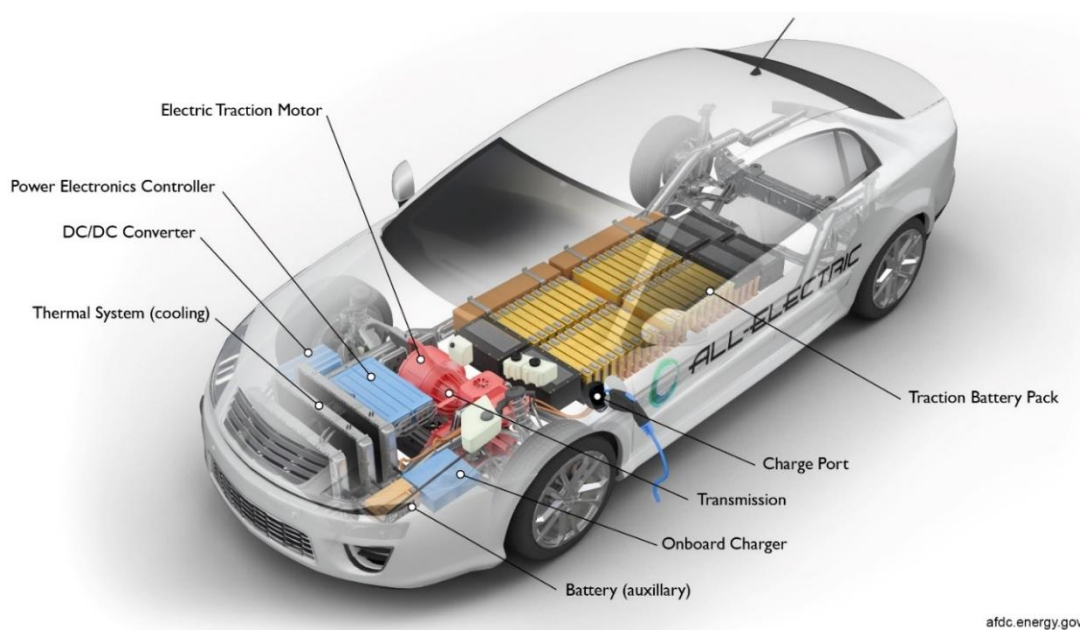




## Teorie

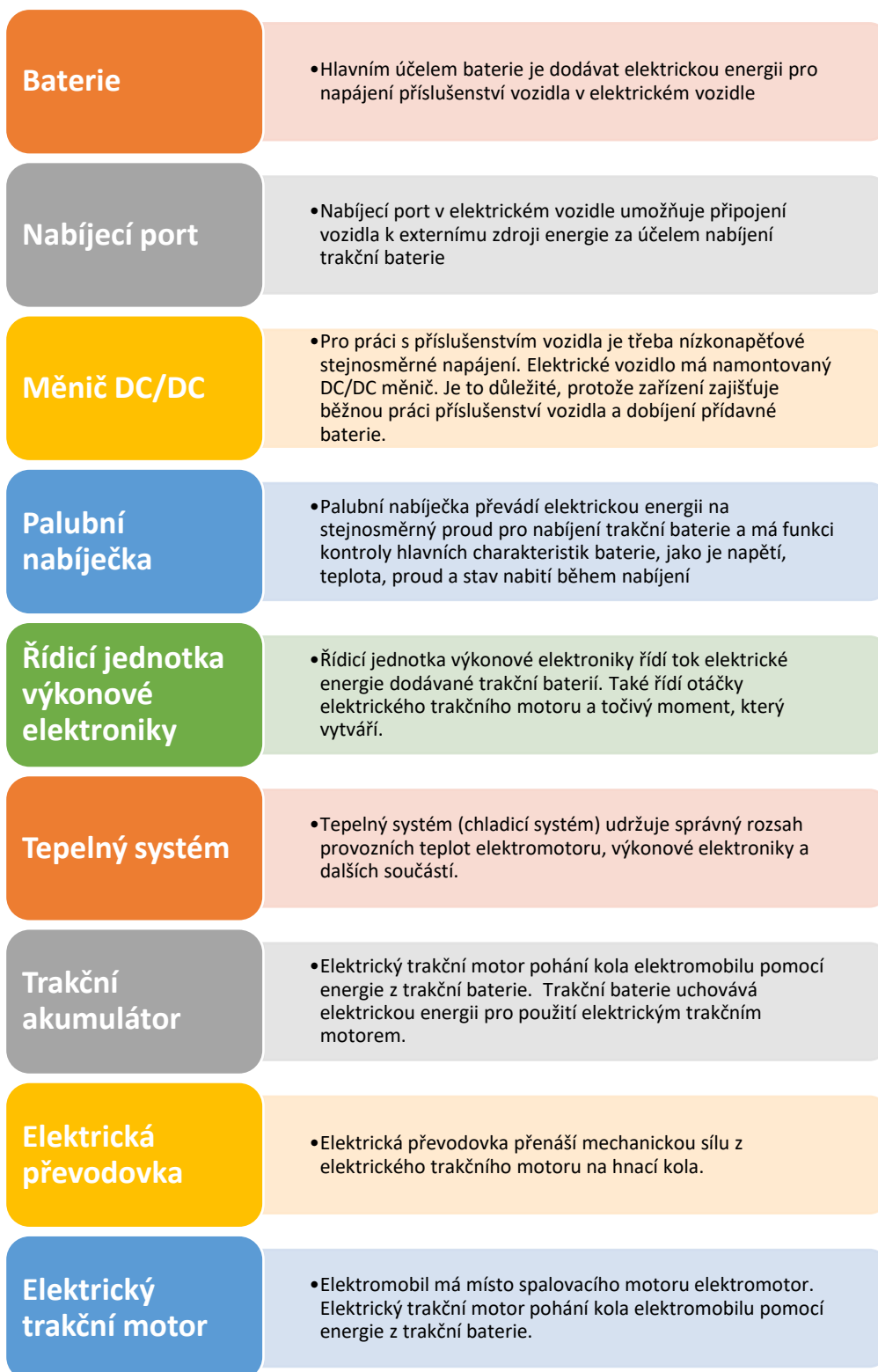
### 4.1 ÚVOD DO ELEKTRICKÝCH VOZIDEL

Elektromobil na baterie (BEV) má místo spalovacího motoru elektromotor. Vozidlo používá k napájení elektromotoru velký trakční akumulátor, který musí být připojen k zásuvce nebo k nabíjecímu zařízení, nazývanému také zařízení pro napájení elektrických vozidel (Obrázek 41:).



Obrázek 41: Konstrukce elektrických vozidel

Elektrické vozidlo se skládá z prvků, které jsou uvedeny na Obrázek 42::



Obrázek 42: Prvky elektrického vozidla <sup>44</sup>

<sup>44</sup> Vlastní analýza na základě <https://www.newkidscar.com/electric-car-construction/>

Americká agentura pro ochranu životního prostředí řadí bateriové elektromobily do kategorie vozidel s nulovými emisemi, protože neprodukují žádné přímé emise výfukových plynů. Na trhu jsou k dispozici těžká i lehká plně elektrická vozidla. Bateriová elektrická vozidla jsou dražší než podobná vozidla se spalovacím motorem. Elektromobily na baterie mají kratší dojezd než srovnatelná vozidla se spalovacími motory. Účinnost a dojezd bateriových elektromobilů se výrazně liší v závislosti na jízdních podmínkách. Plně elektrická vozidla jsou efektivnější při jízdě ve městě než na dálnici.

Silniční doprava se na emisích skleníkových plynů podílí téměř čtvrtinou. Elektromobily se v poslední době staly důležitým prvkem strategie rozvoje automobilového průmyslu v Evropské unii. Elektrická vozidla jsou budoucností silniční dopravy a nabízejí významný potenciál pro snížení znečištění ovzduší a zvýšení životního komfortu, zejména v přeplněných centrech měst. V zemích Evropské unie jsou vládní opatření i regulační balíček zaměřeny na zvýšení využívání alternativních paliv a podporu rozvoje elektromobility. Zdá se, že bateriová elektrická vozidla nabíjená elektřinou z obnovitelných zdrojů nemají v systému od vrtu ke kolu téměř žádný dopad na životní prostředí.

## 4.2 POSOUZENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU BATERIOVÝCH ELEKTRICKÝCH VOZIDEL (BEVS)

V kapitole 3.4 jsme představili případovou studii posouzení životního cyklu vozidel na konvenční paliva, zde uvádíme případovou studii posouzení životního cyklu vozidel na alternativní paliva.

Provedli jsme LCA pro bateriová elektrická vozidla (BEV). Za tímto účelem jsme stejně jako u analýzy LCA pro vozidla s konvenčními palivy provedli také analýzy uhlíkové stopy, vodní stopy a stopy zdrojů. V případě LCA elektrických vozidel jsme vzali v úvahu možnosti nabíjení baterií vzhledem k energetickému mixu dostupnému v letech 2020 až 2050. Posouzení životního cyklu jsme provedli v souladu s normou Environmentální management - Posuzování životního cyklu - Požadavky a pokyny - Změna 2 (ISO 14044: 2006 / Amd 2: 2020). Definovali jsme funkční jednotku, hranice systému a základní předpoklady. Hodnocení ekologické stopy jsme provedli pomocí

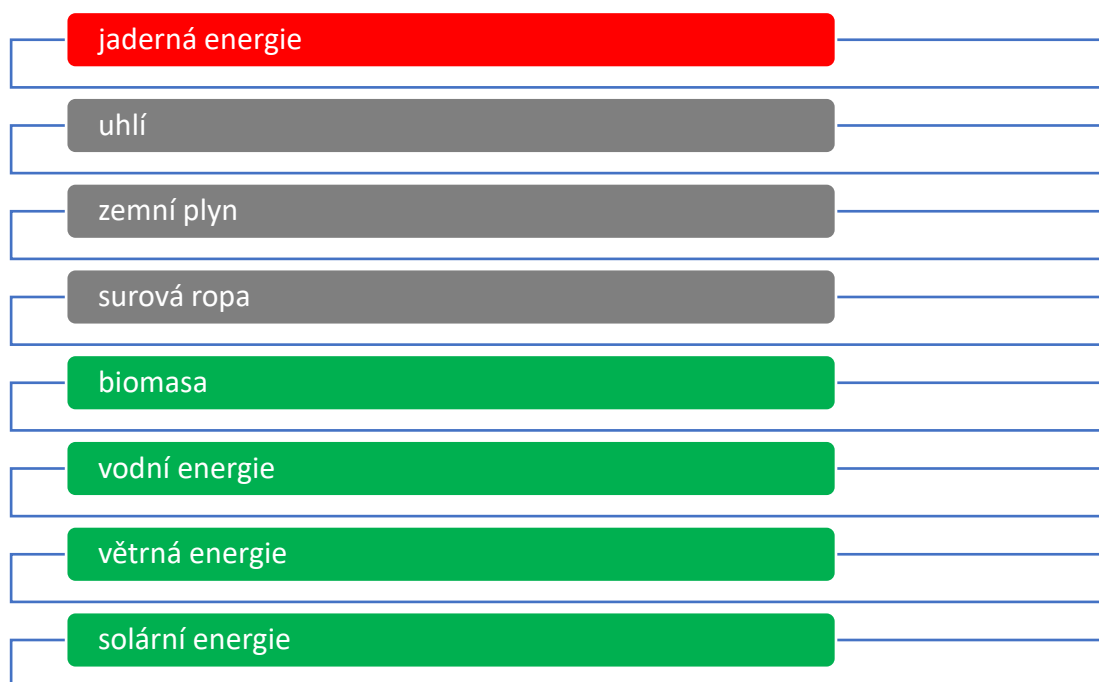
softwaru SimaPro v. 9 s databází Ecoinvent v.3. Stejně jako u analýzy LCA pro vozidla s konvenčními palivy jsme i u elektrických vozidel definovali funkční jednotku 100 km.

Systémové hranice pro bateriová elektrická vozidla zahrnovaly cykly životnosti osobního elektromobilu (včetně výroby osobních automobilů, výroby baterií, výstavby silnic, používání automobilů, údržby a likvidace) a nabíjení baterií s ohledem na trendy v dodávkách elektřiny pro účely nabíjení baterií v letech 2015 až 2050.

Samotný provoz elektromobilu nezpůsobuje žádné emise škodlivých látek do ovzduší; skutečný dopad na životní prostředí má nabíjení baterií. Nabíjení se provádí pomocí veřejné elektrické sítě, a proto bude dopad elektromobilu na životní prostředí přímo ovlivněn způsobem výroby elektřiny spotřebované k nabíjení vestavěné baterie vozidla.

Proto jsme za účelem provedení analýzy LCA pro elektrická vozidla vyvinuli výpočetní model LCA pro nabíjení baterií elektrických vozidel, který má pomoci při analýze dopadu elektrických vozidel na životní prostředí.

Provedli jsme analýzu jednotlivých zdrojů elektřiny. Následujících osm hlavních zdrojů energie používaných k výrobě elektřiny bylo uvedeno na Obrázek 43.:



Obrázek 43: Hlavní zdroje energie používané k výrobě elektřiny

Vypočítali jsme ekologickou stopu pro jednotlivé zdroje elektřiny (Tabulka 10:).

Tabulka 10: Uhlíková stopa, vodní stopa a zdroje

Lp.	Ekologická stopa	Uhlíková stopa	Vodní stopa	Stopa zdrojů
	Zkratky	CF	WF	RF
	Jednotka	g CO <sub>2</sub> ekv/ kWh	m <sup>3</sup> /kWh	MJ/kWh
1	Biomasa	4.77E+01	1.96E-04	5.52E-01
2	Černé uhlí	1.19E+03	1.58E-02	1.43E+01
3	Hydro	4.15E+00	1.00E-04	3.69E-02
4	Lignit	1.15E+03	5.90E-03	1.29E+01
5	Zemní plyn	5.49E+02	1.70E-03	8.91E+00
6	Jaderná energie	1.19E+01	3.50E-03	1.37E-01
7	Solární energie	7.69E+01	8.00E-04	9.38E-01
8	Větrná energie	1.58E+01	2.00E-04	1.93E-01

Provedli jsme literární rešerši prognóz vývoje energetiky v Evropské unii v následujících letech a zjistili jsme, že energie založená na fosilních palivech bude postupně nahrazována obnovitelnými zdroji, především větrnými elektrárnami. Související změny by se týkaly rozvoje elektráren využívajících OZE, zejména větrných elektráren, a růstu jaderné energetiky.

Model výpočtu LCA pro nabíjení baterií elektromobilů, který jsme vyvinuli, vyžaduje následující údaje: procentuální podíl jednotlivých zdrojů energie na celkovém mixu ve vybrané zemi a spotřebu energie na 100 km pro vybrané vozidlo. Hodnotu ekologické stopy pro každý zdroj energie jsme vypočetli a uvedli v Tabulka 10:.

Pro výpočet tří environmentálních stop pro nabíjení baterií elektromobilů jsme vytvořili následující výpočetní model environmentální stopy (vzorce 1 až 3):

$$CF_{EV} = (CF_{ES1-8} * S_{ES1-8}) * E_{EV} \quad (1)$$

kde:

$CF_{EV}$  - uhlíková stopa při nabíjení baterií elektromobilů [g CO<sub>2</sub> ekv/100 km];

$CF_{ES1-8}$  - uhlíková stopa z výroby 1 kWh energie pro jednotlivé zdroje energie [g CO<sub>2</sub> ekv/kWh];

$S_{ES\ 1-8}$  - procentuální podíl zdroje energie (S - podíl, ES - zdroje energie) v energetickém mixu dané země nebo jednotlivých zdrojů;

$E_{EV}$  - spotřeba energie vozidla [kWh/100 km];

1-8 - znamená jednotlivé zdroje energie: biomasa, černé uhlí, vodní energie, hnědé uhlí, zemní plyn, jaderná energie, solární a větrná energie

$$WF_{EV} = (WF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV} \quad (2)$$

kde:

$WF_{EV}$  - vodní stopa při nabíjení baterií elektromobilů [ $m^3/100\ km$ ];

$WF_{ES\ 1-8}$  - vodní stopa z výroby 1 kWh energie pro jednotlivé zdroje energie [ $m^3/kWh$ ];

$S_{ES\ 1-8}$  - procentuální podíl zdroje energie (S - podíl, ES - zdroje energie) v energetickém mixu dané země nebo jednotlivých zdrojů;

$E_{EV}$  - spotřeba energie vozidla [kWh/100 km];

1-8 - znamená jednotlivé zdroje energie: biomasa, černé uhlí, vodní energie, hnědé uhlí, zemní plyn, jaderná energie, solární a větrná energie

$$RF_{EV} = (RF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV} \quad (3)$$

kde:

$RF_{EV}$  – stopa zdroje pro nabíjení baterií elektromobilů [MJ/100 km];

$RF_{ES\ 1-8}$  - stopa zdroje z výroby 1 kWh energie pro jednotlivé zdroje energie [MJ/kWh];

$S_{ES\ 1-8}$  - procentuální podíl zdroje energie (S - podíl, ES - zdroje energie) v energetickém mixu dané země nebo jednotlivých zdrojů;

$E_{EV}$  - spotřeba energie vozidla [kWh/100 km];

1-8 - znamená jednotlivé zdroje energie: biomasa, černé uhlí, vodní energie, hnědé uhlí, zemní plyn, jaderná energie, solární a větrná energie

## POSOUZENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU BATERIOVÝCH ELEKTRICKÝCH VOZIDEL - PŘÍPADOVÁ STUDIE PRO POLSKO

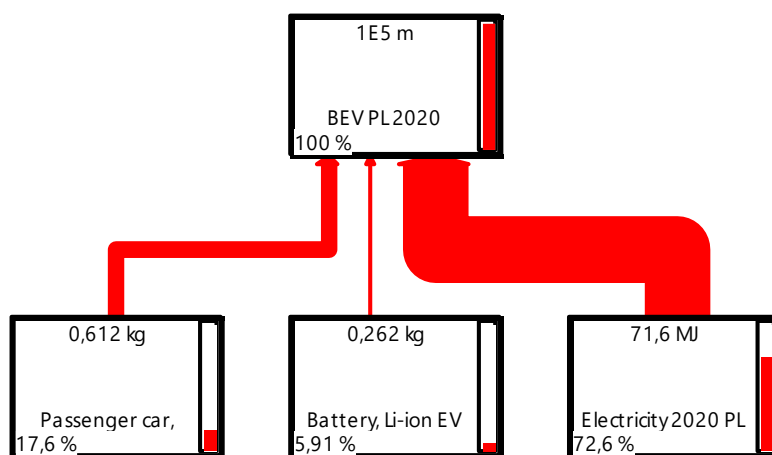
Zde jsme provedli posouzení životního cyklu bateriových elektrických vozidel v Polsku. Za tímto účelem jsme analyzovali strukturu polského mixu výroby elektrické energie v současnosti i v budoucnosti. Zjistili jsme, že elektrická energie je hlavním faktorem ovlivňujícím dopad elektromobilů na životní prostředí. Provedli jsme analýzu ekologické stopy způsobené nabíjením baterií elektromobilů v Polsku na základě námi vyvinutého výpočetního modelu analýzy životního cyklu.

V naší analýze LCA jsme vzali v úvahu životní cyklus elektromobilu - konstrukci, provoz, údržbu a likvidaci automobilů. Pro analýzu jsme zvolili lithium-iontovou baterii, protože se jedná o nejčastěji používanou baterii pro BEV.

V naší analýze LCA jsme zohlednili energii pro nabíjení baterií dodávanou ze současné a budoucí elektrické sítě v Polsku v letech 2020-2050.

Analyzovali jsme tři ekologické stopy: uhlíkovou stopu, vodní stopu a stopu zdrojů pro bateriová elektrická vozidla v Polsku. Popis těchto environmentálních stop je uveden v kapitole 3.

## VÝSLEDKY HODNOCENÍ UHLÍKOVÉ STOPY BATERIOVÝCH ELEKTRICKÝCH VOZIDEL



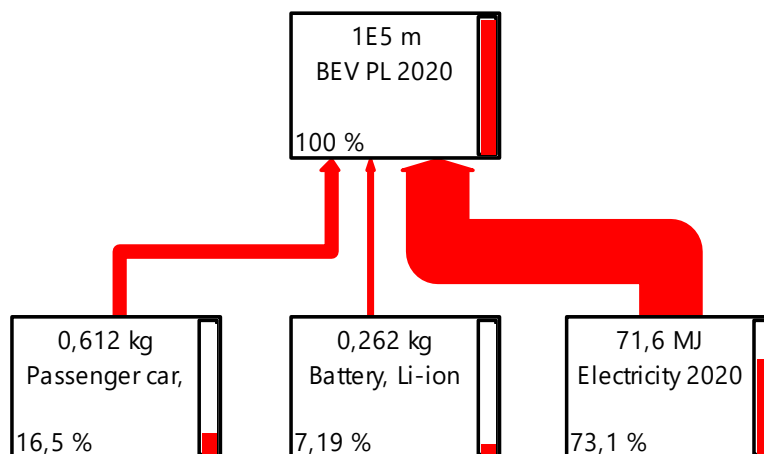
Obrázek 44: Determinanty uhlíkové stopy bateriových elektrických vozidel v Polsku v roce 2020

Výsledky LCA pro jednotlivé stopy jsme prezentovali ve formě grafů. Stanovili jsme rozhodující faktory uhlíkové stopy pro bateriová elektrická vozidla používaná v Polsku v roce 2020. Výsledky posouzení vybrané ekologické stopy byly znázorněny v následujících tabulkách Obrázek 44:

Na základě naší analýzy LCA jsme zjistili, že hlavním faktorem, který určuje uhlíkovou stopu vozidel BEV v Polsku, je elektřina spotřebovaná na nabíjení baterií vozidel (Obrázek 44:). Elektřina spotřebovaná na nabíjení baterií představuje 71,6 % uhlíkové stopy vozidel BEV v Polsku v roce 2020. Velký podíl uhlíkové stopy souvisí s výrobou osobních automobilů (17,6 %).

## VÝSLEDKY HODNOCENÍ VODNÍ STOPY BATERIOVÝCH ELEKTRICKÝCH VOZIDEL

Zjistili jsme, jaké faktory ovlivňují vodní stopu bateriových elektromobilů používaných v Polsku v roce 2020. Výsledky hodnocení vodní stopy jsou uvedeny v následujícím přehledu Obrázek 45:.. Hlavní faktor vodní stopy u vozidel BEV souvisí s elektřinou používanou k nabíjení baterií vozidel a jeho podíl v roce 2020 činil 73,1 %.

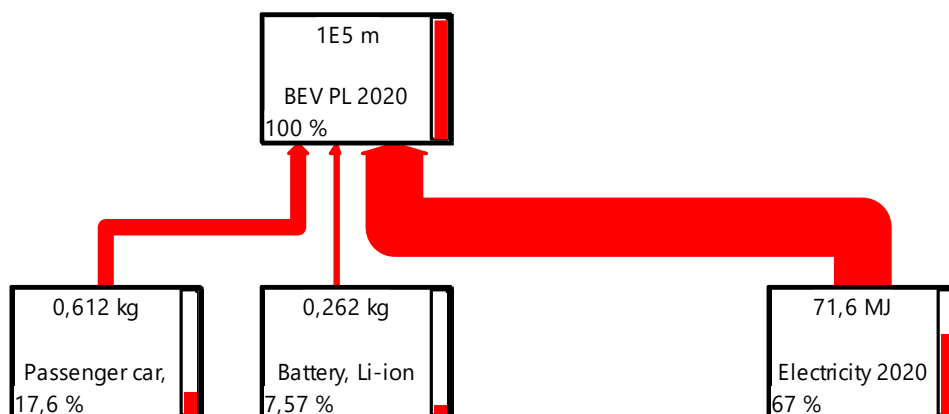


Obrázek 45: Determinanty vodní stopy elektromobilů v Polsku v roce 2020

## VÝSLEDKY HODNOCENÍ STOPY ZDROJŮ BATERIOVÝCH ELEKTRICKÝCH VOZIDEL

Zjistili jsme, jaké faktory ovlivňují stopu zdrojů bateriových elektromobilů používaných v Polsku v roce 2020. Výsledky hodnocení vybraných environmentálních stop byly uvedeny v Obrázek 46:.





Obrázek 46: Determinanty stopy zdrojů elektrických vozidel v Polsku v roce 2020

Srovnávací analýzy ekologické stopy současných i budoucích osobních elektromobilů byly provedeny s ohledem na změny ve zdrojích elektřiny tvořících polský mix. Zjistili jsme, že hlavním faktorem, který určuje ekologickou stopu elektromobilů v Polsku, je elektřina spotřebovaná k jejich nabíjení. V budoucnu se očekává nárůst výroby elektřiny z alternativních zdrojů i z jaderné energie, a to od roku 2035, zatímco objem elektřiny vyrobené z pevných paliv by měl klesat, což ovlivňuje výsledky. Na příkladu Polska a polského mixu elektrické energie lze použít výpočet určujících faktorů stopy elektrických vozidel v jiných zemích. Analýza LCA zdrojů elektřiny používaných pro nabíjení baterií vozidel ukázala, že hlavním faktorem negativního dopadu energetických systémů v Polsku na životní prostředí je spotřeba pevných paliv, a to jak černého, tak hnědého uhlí.

## 4.3 LCA NABÍJENÍ BATERIÍ ELEKTRICKÝCH VOZIDEL V ZEMÍCH EVROPSKÉ UNIE - PŘÍPADOVÁ STUDIE

### PŘEDPOKLADY

Tato kapitola se zabývá analýzou elektrické energie vyrobené v jednotlivých členských státech EU a použité pro nabíjení baterií elektromobilů v evropských zemích. Provedli jsme analýzu LCA pro kategorie dopadu na životní prostředí týkající se emisí skleníkových plynů, kumulované spotřeby vody a vyčerpání zdrojů. Naše analýzy se týkají roku 2015 a zahrnují také prognózy výroby energie ve všech zemích EU pro roky 2020, 2030 a 2050.

Analyzovali jsme strukturu výroby elektřiny v Evropě, a to jak v současnosti, tak v budoucnosti. Výroba energie je v Evropě velmi diverzifikovaná, pokud jde o používané

zdroje energie, což s sebou nese různorodý dopad na životní prostředí. **Funkční jednotkou systému** bylo množství elektrické energie v elektrické síti použité k nabití elektrické baterie osobního automobilu za předpokladu, že ujede vzdálenost 100 km. Pro srovnání se všechny analýzy vztahovaly ke stejné funkční jednotce (FU) 100 km. **Hranice systému** se vztahovaly na všechny technologie zahrnující mix elektrické energie všech zemí EU. Hranice systému je definována přístupem *od kolébky po bránu* (vysvětlení a podrobnosti o tomto přístupu jsou uvedeny v kapitole 2.5). Za účelem provedení analýzy životního cyklu byla definována hranice systému a byly určeny soubory dat s ohledem na strukturu výroby elektřiny v jednotlivých zemích EU. Hlavním **zdrojem dat** pro analýzy týkající se současné a plánované struktury výroby elektřiny ve všech zemích Evropské unie byla dokumentace vydaná Evropskou komisí. Struktura výroby elektřiny v elektrické síti použité v baterii je jedním z nejdůležitějších parametrů, které se berou v úvahu při analýze elektrického vozidla.

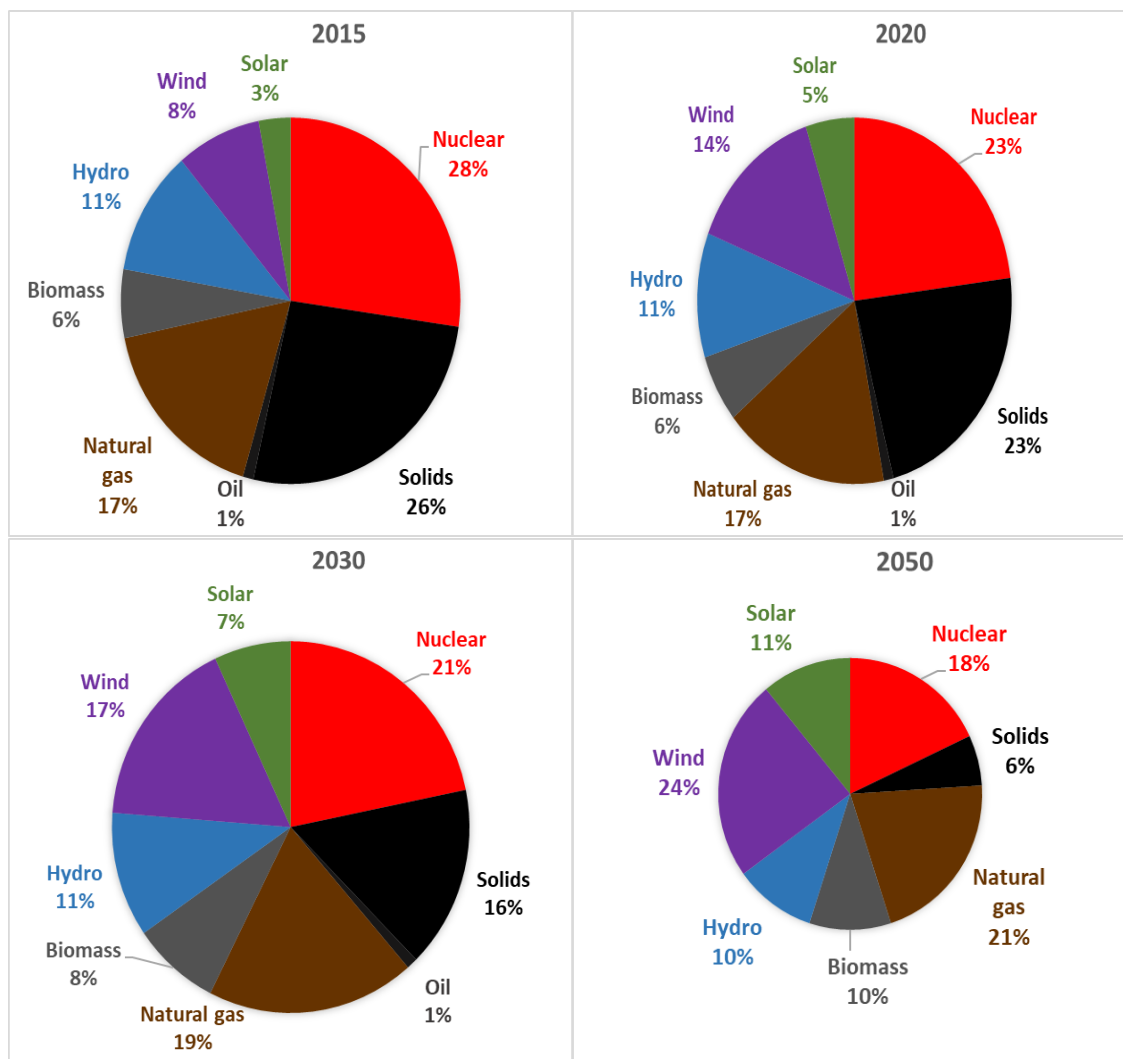
Předpokládali jsme, že základní proměnnou určující dopad elektromobilů na životní prostředí v zemích Evropské unie bude struktura výroby elektřiny pro účely nabíjení baterií elektromobilů. Z tohoto důvodu byly provedeny environmentální analýzy předpokládaných změn zdrojů energie ve všech zemích EU. Analýzy se týkají let 2015-2050 a zabývají se základními předpoklady týkajícími se změny zdrojů energie podle prognóz pro jednotlivé země. Analýzy se týkaly typů výroby energie předpokládaných v analyzovaných zemích pro roky 2015-2050.

Analýzy dopadů na životní prostředí jsme provedli na základě posouzení emisí skleníkových plynů z výroby elektřiny s ohledem na strukturu zdrojů energie ve všech zemích EU. Analyzovali jsme další kategorie, které jsme považovali za významné z hlediska dopadu elektromobilů na životní prostředí, včetně kumulativní spotřeby vody a vyčerpání zdrojů.

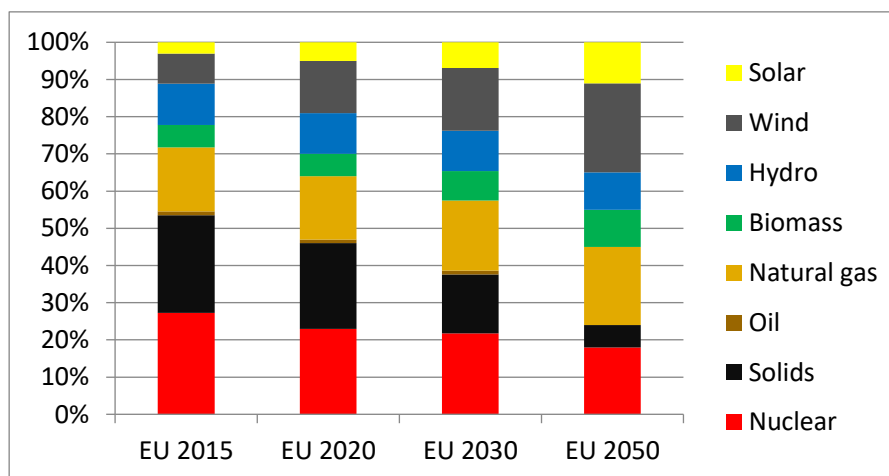
## VÝSLEDKY

### *Analýza zdrojů výroby energie v zemích EU*

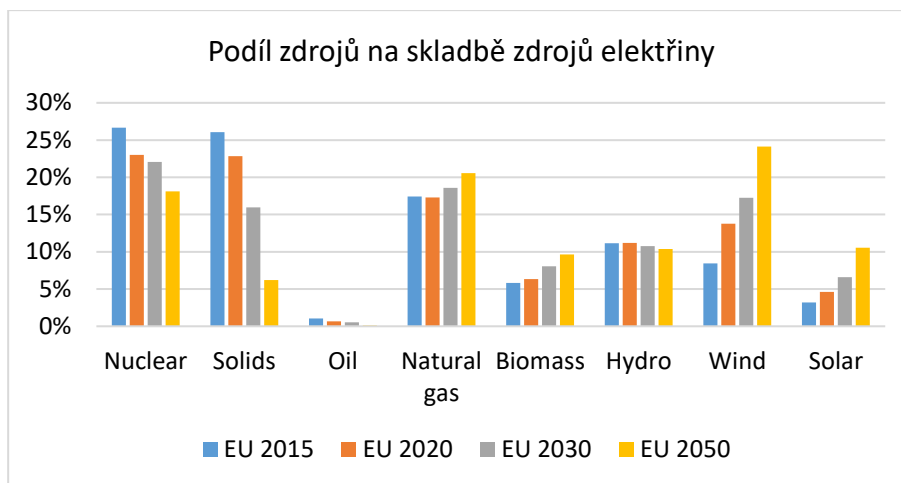
Nejprve jsme analyzovali zdroje elektřiny v EU. Podíl jednotlivých zdrojů elektrické energie v Evropské unii je uveden v **Obrázek 47**. Změny podílu jednotlivých zdrojů energie využívaných k výrobě elektřiny v Evropské unii v letech 2015-2050 byly uvedeny v **Obrázek 49**:



Obrázek 47a: Podíl jednotlivých zdrojů elektrické energie v Evropské unii



Obrázek 48 b: Podíl jednotlivých zdrojů elektrické energie v Evropské unii

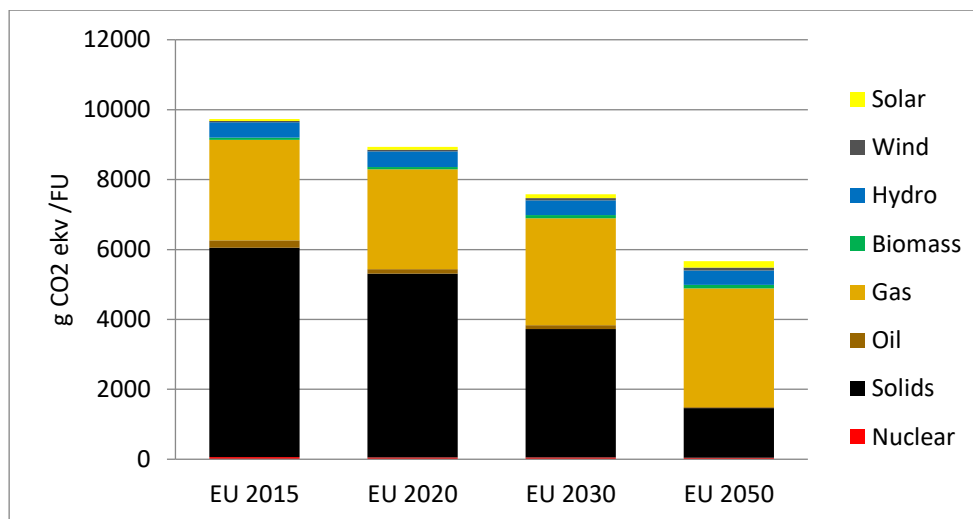


Obrázek 49: Změny podílu jednotlivých zdrojů energie používaných k výrobě elektřiny v Evropské unii v letech 2015-2050

Zjistili jsme, že v zemích EU tvořil v roce 2015 kumulovaný podíl jaderné energie, pevných paliv a zemního plynu 70 % (přičemž individuální podíl těchto zdrojů činil 27 %, 26 % a 17 %), zatímco podíl obnovitelných zdrojů energie (OZE) představoval pouze 29 %. V následujících letech se předpokládá, že podíl pevných paliv klesne v roce 2050 na 6 % a podíl jaderné energie na 18 %, zatímco podíl OZE se zvýší na 55 %, přičemž nejvyšší podíl připadá na větrnou energii (24 %). V Evropské unii se rovněž očekává mírný nárůst podílu spotřeby zemního plynu pro účely výroby elektřiny. Podrobný přehled energetické politiky jednotlivých zemí EU je uveden v publikaci (Energy Policies of IEA Countries - [www.iea.org](http://www.iea.org)).

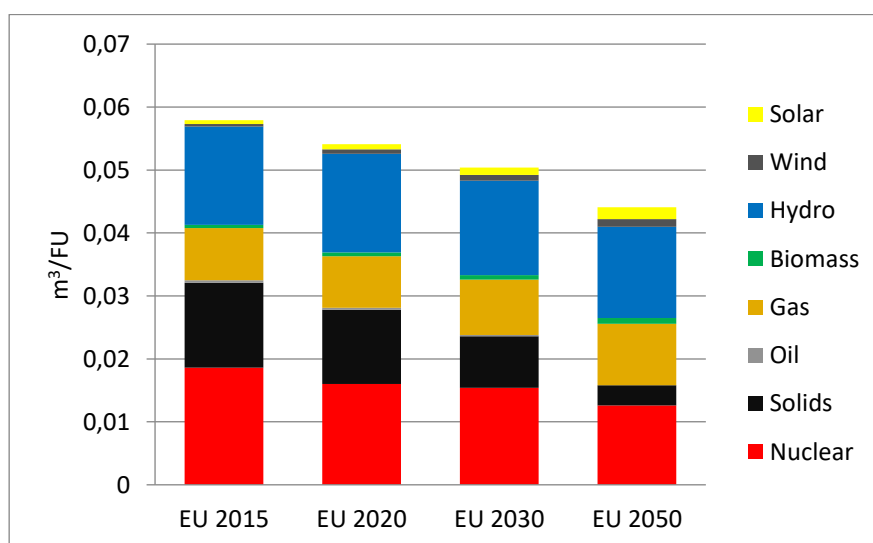
#### *Posouzení životního cyklu nabíjení baterií elektromobilů v Evropské unii*

Na základě analýzy nabíjení baterií elektromobilů v porovnání se spotřebou elektřiny z rozvodné sítě v Evropské unii jsme vypočítali ukazatele emisí skleníkových plynů (Obrázek 50:), kumulativní spotřebu vody (Obrázek 51:) a vyčerpání zdrojů (Obrázek 52:), přičemž za funkční měrnou jednotku jsme považovali 100 km ujetých osobním elektromobilem. Tyto ukazatele byly vypočteny pro jednotlivé země Evropské unie.



Obrázek 50: Dopad nabíjení baterií elektromobilů na emise skleníkových plynů v Evropské unii

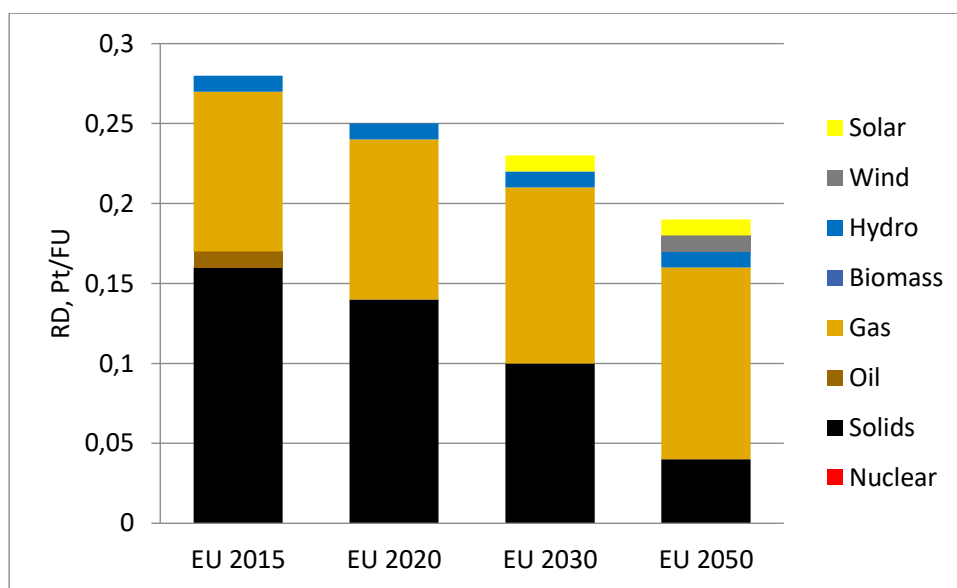
Na základě naší analýzy emisí skleníkových plynů (GHG) při nabíjení baterií elektromobilů jsme zjistili, že emise GHG klesají a rovnají se: 9 727,67 g CO<sub>2</sub> ekv. na 100 km v roce 2015, 8 934,34 g CO<sub>2</sub> ekv. na 100 km v roce 2020, 7 579,62 g CO<sub>2</sub> ekv. na 100 km v roce 2030 a 5 661,96 g CO<sub>2</sub> ekv. na 100 km v roce 2050. Jak ukazuje Obrázek 50:, největší vliv na emise skleníkových plynů má používání uhlí (pevných látek) a zemního plynu při výrobě elektřiny. Zjistili jsme také, že navzdory nárůstu podílu obnovitelných zdrojů energie nemají žádný vliv na emise skleníkových plynů (vliv OZE na emise skleníkových plynů je zanedbatelný). Navzdory velkému podílu jaderné energie na skladbě zdrojů elektrické energie v Evropské unii nemá tato energie žádný vliv na emise skleníkových plynů.



Obrázek 51: Kumulativní spotřeba vody při nabíjení baterií elektromobilů v Evropské unii

Na základě analýzy kumulativní spotřeby vody při nabíjení baterií elektromobilů v porovnání se spotřebou elektřiny z elektrické sítě jsme vypočítali kumulativní spotřebu vody na 100 km ujetých osobním elektromobilem. Prokázali jsme, že poměr kumulované spotřeby vody se snížil z 0,0579 m<sup>3</sup>/100 km v roce 2015, 0,0541 m<sup>3</sup>/100 km v roce 2020 a 0,0505 m<sup>3</sup>/100 km v roce 2030 na 0,0442 m<sup>3</sup>/100 km v roce 2050. Jak ukazuje **Obrázek 51.**, největší vliv na koeficient CWU má spotřeba vodní energie, jaderné energie, zemního plynu a pevných látek pro výrobu elektřiny.

Zjistili jsme, že zvýšení podílu zemního plynu ve struktuře výroby elektrické energie vyvolává zvýšenou spotřebu vody, a dále, že navzdory zvýšení podílu ostatních obnovitelných zdrojů energie (větrné, solární a biomasy) nemají na analyzovaný ukazatel žádný vliv. Vysoká spotřeba vody při výrobě elektrické energie z jádra, uhlí a zemního plynu souvisí s velmi vysokou spotřebou vody pro chladicí procesy v těchto technologiích.



Obrázek 52: Dopad nabíjení baterií elektrických vozidel v Evropské unii na vyčerpání zdrojů

Na základě analýzy vyčerpání zdrojů pro nabíjení baterií elektromobilů jsme prokázali, že tento ukazatel klesá z 0,29 Pt/100 km v roce 2015, 0,27 Pt/100 km v roce 2020 a 0,24 Pt/100 km v roce 2030 na 0,19 Pt/100 km v roce 2050. **Obrázek 52:** ukazuje, že největší vliv na spotřebu zdrojů má spotřeba pevných látek a zemního plynu při výrobě elektřiny. Spotřeba pevných látek klesá, což způsobuje pokles tohoto ukazatele, zatímco spotřeba zemního plynu roste, což vede ke zvýšení ukazatele vyčerpání zdrojů.

Pokud jde o analýzy všech environmentálních ukazatelů výroby elektrické energie používané v Evropské unii k nabíjení baterií elektromobilů, zjistili jsme, že všechny tyto

ukazatele klesají. Důvodem je především snížení podílu pevných látek na výrobě elektřiny. Pokud však jde o zvýšení podílu zemního plynu, má to dopad na zvýšení ukazatelů environmentální účinnosti, a zejména na vyčerpání zdrojů (surovin, tj. fosilních paliv a nerostů) a emisí skleníkových plynů.

Analýza dopadu využívání obnovitelných zdrojů energie k výrobě elektřiny ukázala, že neekologičtějším zdrojem energie je větrná energie. Na druhou stranu analýza vodní energie odhalila její negativní dopad na kumulativní spotřebu vody. V porovnání s větrnou energií jsou environmentální ukazatele stanovené pro výrobu elektřiny ze sluneční energie rovněž vyšší.

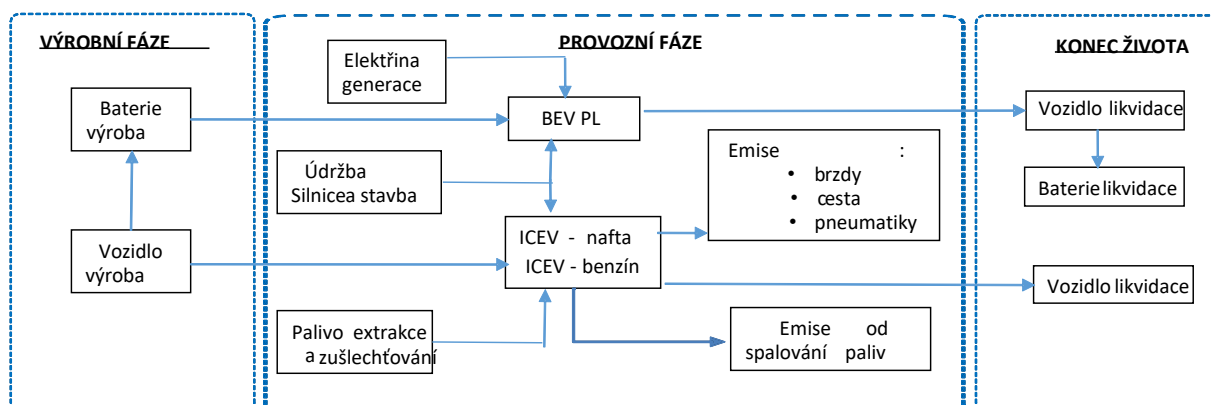
Na základě naší analýzy životního cyklu výroby elektrické energie v elektrické síti pro účely nabíjení baterií elektromobilů jsme dospěli k následujícím zjištěním:

- Ve většině zemí Evropské unie bylo zjištěno, že analyzované environmentální ukazatele v jednotlivých letech analýzy (od roku 2015 do roku 2050) klesají.
- Rozhodujícími faktory emisí skleníkových plynů z výroby elektřiny jsou spotřeba pevných látek a zemního plynu. Ostatní zdroje energie používané v zemích EU mají na emise skleníkových plynů malý vliv.
- Bylo prokázáno, že největší vliv na ukazatel CWU v důsledku výroby elektřiny má spotřeba vodní energie, jaderné energie, zemního plynu a pevných paliv. Vysoký ukazatel spotřeby vody připadající na výrobu elektrické energie založenou na jaderných, uhelných a plynových technologiích souvisí s vysokou spotřebou vody na chladicí procesy, které tyto technologie vyžadují.
- Největší vliv na vyčerpání zdroje má spotřeba pevných látek a zemního plynu při výrobě elektřiny. Snížení spotřeby uhlí ve struktuře výroby elektřiny má pozitivní vliv na vyčerpání zdroje, zatímco zvýšení spotřeby zemního plynu v některých zemích EU v následujících letech negativně ovlivňuje životní prostředí tím, že vyvolává zvýšení ukazatele vyčerpání zdroje.
- Analýza dopadu využívání obnovitelných zdrojů energie při výrobě elektřiny na životní prostředí ukázala, že neekologičtějším zdrojem energie je větrná energie.
- Emise skleníkových plynů a vodní stopa jsou při nabíjení baterií elektromobilů pomocí obnovitelné energie nižší než u jiných zdrojů. Z toho vyplývá závěr, že země Evropské unie by měly pro účely nabíjení baterií elektromobilů rozhodně využívat obnovitelné zdroje energie.

## 4.4 SROVNÁVACÍ ANALÝZA ŽIVOTNÍHO CYKLU BENZINOVÝCH ICEV, DIESELOVÝCH ICEV A BEV - PŘÍPADOVÁ STUDIE

### PŘEDPOKLADY

Zde jsme porovnávali dopady vozidel se spalovacím motorem (ICEV) na životní prostředí ve srovnání s elektromobily na baterie (BEV) s ohledem na životní cyklus těchto vozidel. Za tímto účelem jsme analyzovali uhlíkovou stopu, vodní stopu a stopu zdrojů těchto vozidel. Hranice systému pro životní cyklus vozidel BEV a ICEV (s naftovým a benzinovým motorem) jsou uvedeny v tabulce Obrázek 53: LCA jsme provedli na příkladu polského energetického mixu.



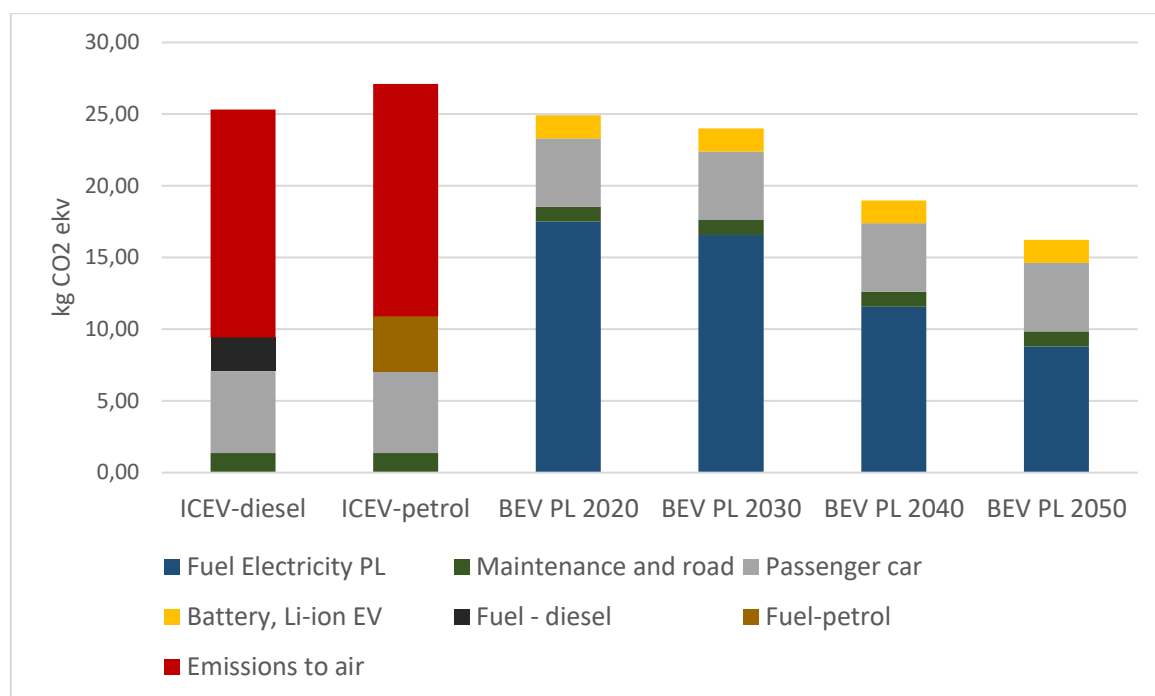
Obrázek 53: Systémové hranice pro životní cyklus vozidel BEV a ICEV (s naftovým a benzinovým motorem)

### SROVNÁVACÍ LCA VOZIDEL - VÝSLEDKY

Obrázek 54: znázorňuje jednotlivé faktory ovlivňující uhlíkovou stopu vozidel ICEV se vznětovým motorem, vozidel ICEV se zážehovým motorem a vozidel BEV, která jsou předmětem analýzy, s ohledem na nabíjení baterií s využitím energetického mixu dostupného v letech 2020 až 2050.

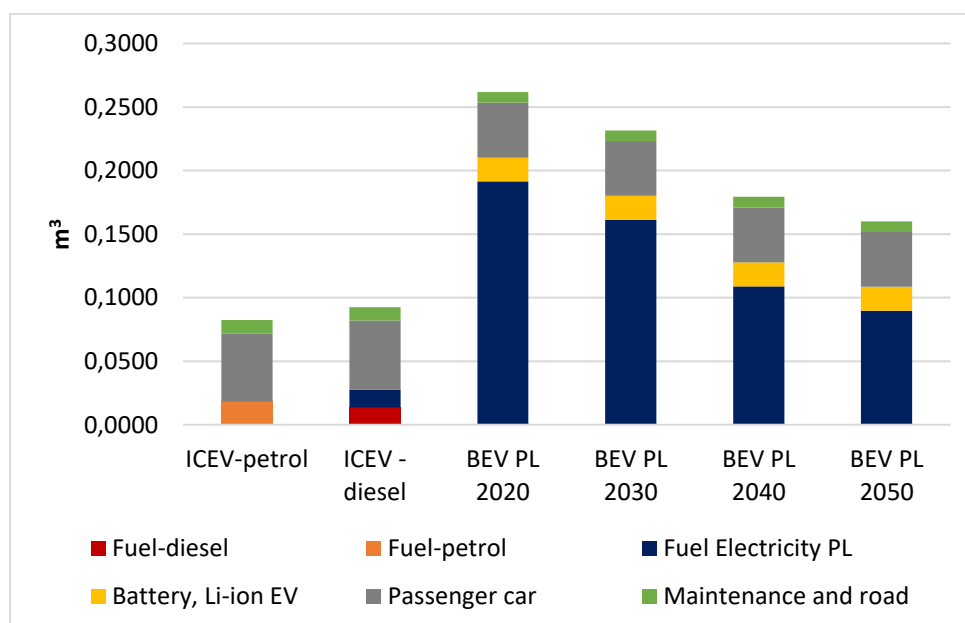
Zjistili jsme, že současné a budoucí ukazatele uhlíkové stopy vozidel BEV v Polsku jsou nižší než u vozidel s dieselovým motorem a benzinových vozidel s vnitřním pohonem. V případě vozidel ICEV s benzinovým a naftovým motorem jsou hlavním faktorem uhlíkové stopy přímé emise do ovzduší ve fázi používání vozidla, zatímco v případě vozidel BEV je odpovídajícím faktorem výroba elektřiny.





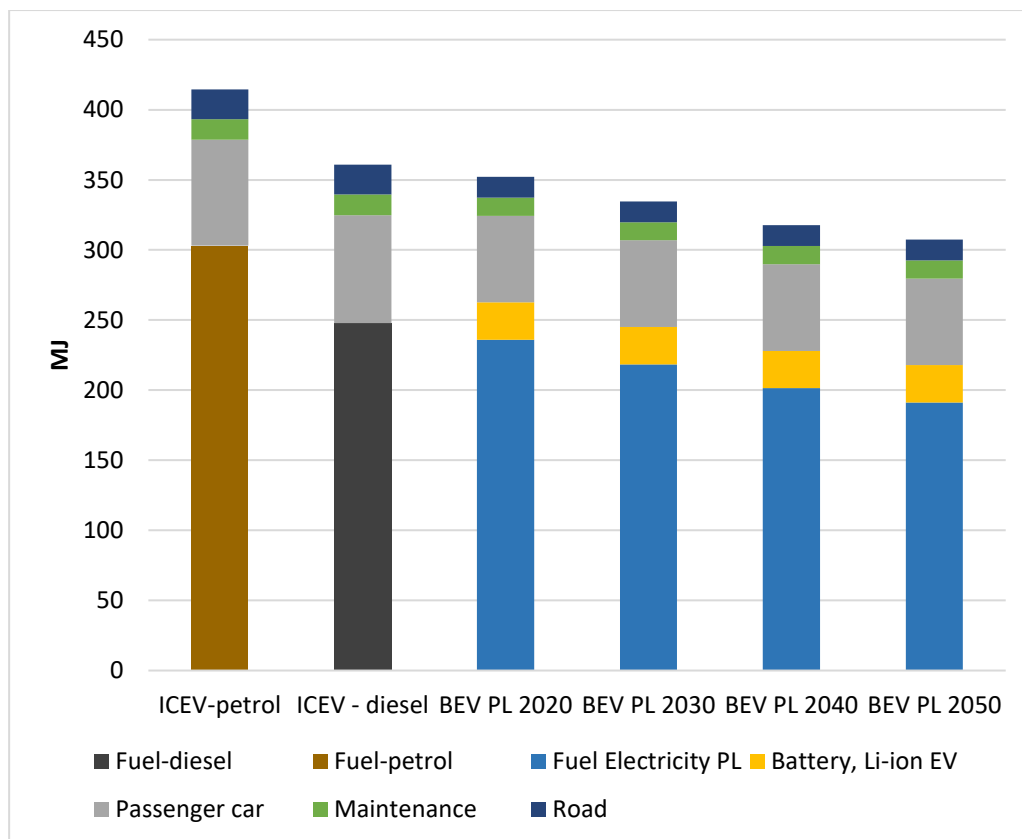
Obrázek 54: Analýza uhlíkové stopy benzinových vozidel ICEV, dieselových vozidel ICEV a vozidel BEV

Obrázek 55: znázorňuje faktory ovlivňující vodní stopu dieselových vozidel ICEV, benzinových vozidel ICEV a vozidel BEV, pokud je proces nabíjení baterií založen na domácím energetickém mixu dostupném v letech 2020-2050.



Obrázek 55: Analýza vodní stopy benzinových vozidel ICEV, dieselových vozidel ICEV a vozidel BEV

Zjistili jsme, že současná i budoucí vodní stopa vozidel BEV v Polsku je vyšší než vodní stopa vozidel ICEV (Obrázek 55:). U vozidel ICEV je hlavním faktorem určujícím vodní stopu fáze výroby vozidla, zatímco u vozidel BEV je tímto faktorem elektrina.



Obrázek 56: Analýza vlivu benzinových vozidel ICEV, diesellových vozidel ICEV a vozidel BEV na zdroje

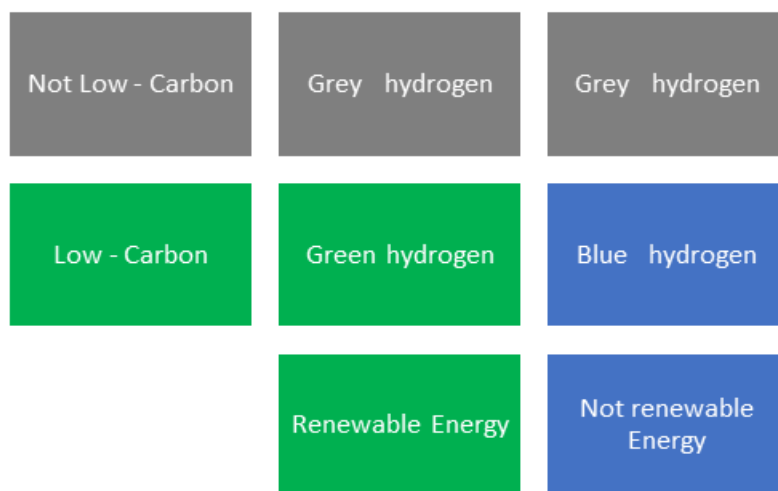
Obrázek 56: znázorňuje jednotlivé faktory ovlivňující stopu zdrojů u vozidel ICEV s diesellovým motorem, ICEV s benzinovým motorem a BEV, které jsou předmětem analýzy, s ohledem na nabíjení baterií s využitím energetického mixu dostupného v letech 2020 až 2050.

Na základě analýzy jsme zjistili, že navržené environmentální stopy jsou vhodným a užitečným nástrojem, který může sloužit k rozhodování při posuzování udržitelnosti dopravy podle přístupu životního cyklu. Ke zpřesnění těchto metod je však zapotřebí dalšího výzkumu. Takto získané environmentální metriky lze využít k podpoře rozhodování v oblasti oběhového hospodářství.

## 4.5 POSOUZENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU ELEKTRICKÝCH VOZIDEL S PALIVOVÝMI ČLÁNKY

### VODÍK JAKO NEJSLIBNĚJŠÍ MOŽNOST DEKARBONIZACE VOZIDEL

Hlavními důvody, které vedly k vývoji metod vodíkové technologie, jsou změna klimatu a vyčerpání fosilních paliv. Existuje mnoho postupů výroby vodíku z konvenčních i alternativních zdrojů, jako je zemní plyn, uhlí, jádro, biomasa, slunce a vítr. Vodík lze získat z různých zdrojů. Může být zelený, modrý nebo šedý (Obrázek 57:).

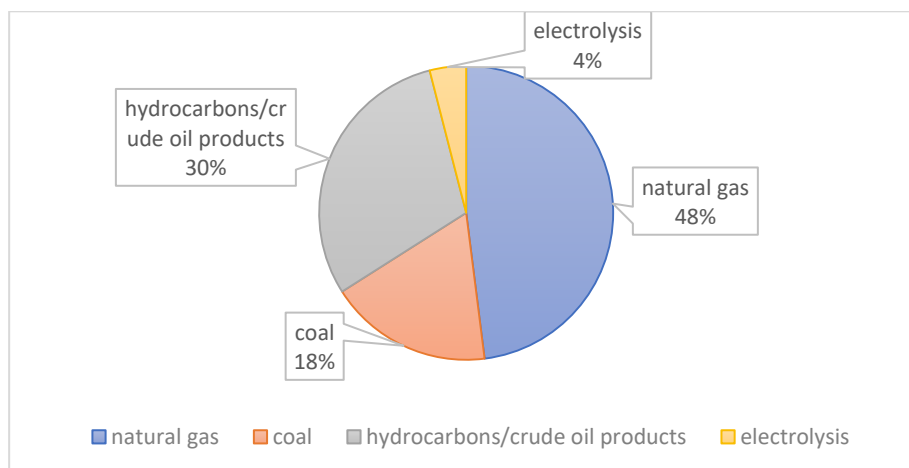


Obrázek 57: Orientační barvy pro výrobu vodíku z neobnovitelných a obnovitelných zdrojů

Vodík lze vyrábět z obnovitelných zdrojů, jako je větrná a sluneční energie, ale lze jej vyrábět i z fosilních paliv, včetně zemního plynu a hnědého uhlí. Barvy v tomto případě plní roli užitečných značek, které ukazují, jak byl vodík získán, a umožňují vládám, podnikům a komunitám posoudit jejich nevýhody ve srovnání s výhodami čistých bezemisních produktů:

- Zelený vodík se 100% získává z obnovitelných zdrojů s nulovými emisemi, jako je vítr a slunce;
- Vodík je modrý, pokud v procesu výroby nevznikají žádné další emise (např. při použití jaderné energie), což je případ procesů využívajících specifické technologie (např. CCS) k dosažení čistých nulových emisí;

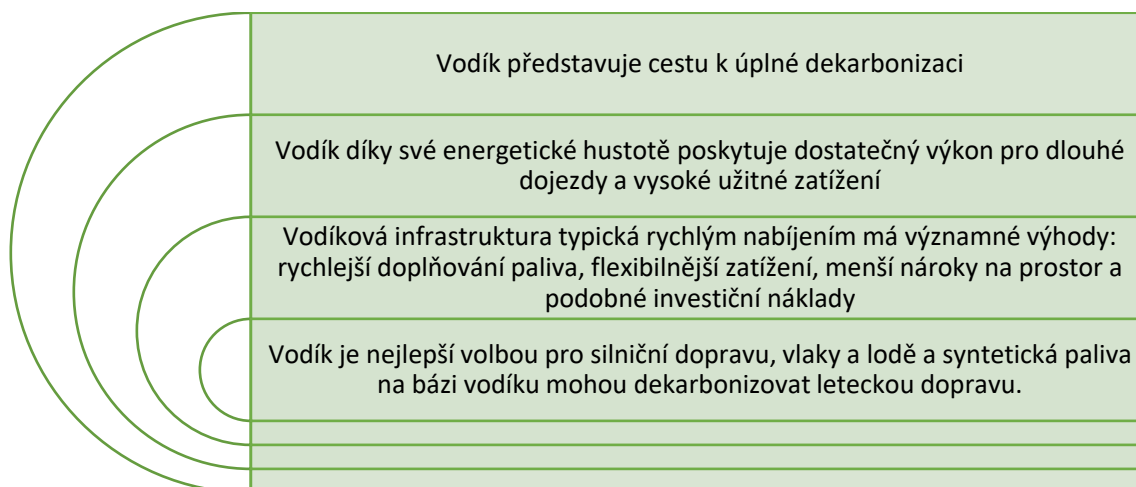
- Šedý vodík se vyrábí s dalšími emisemi (obvykle ze zemního plynu nebo hnědého uhlí). Tato kategorie bohužel představuje cca 95 % veškerého vodíku, který se v současnosti vyrábí na celém světě.



Obrázek 58: Zdroje používané pro výrobu vodíku

Mezi nejoblíbenější metody výroby vodíku patří konverze zemního plynu a lehkých uhlovodíků, zplyňování uhlí a biomasy, rekuperace koksárenského plynu a elektrolýza vody, fotobiologické procesy.

Dne 8. července 2020 vyhlásila Evropská komise v rámci implementace Evropské zelené dohody vodíkovou strategií, jejímž hlavním cílem je podpořit rozvoj výroby vodíku z OZE, konkrétně zeleného vodíku získávaného elektrolýzou z obnovitelných zdrojů energie. Vodík je zdaleka nejslibnější možností dekarbonizace těžkých nákladních vozidel, autobusů, lodí, vlaků, velkých osobních a užitkových vozidel, a to ze čtyř důvodů (Obrázek 59):



Obrázek 59: Důvody, proč je vodík nejslibnější možností dekarbonizace různých vozidel

Podle zprávy pro rok 2020 s názvem „*Pohon budoucnosti mobility: Vodík a palivové články pro dopravu*“, kterou vypracovaly společnosti *Deloitte China a Ballard Power Systems* je z hlediska emisí životního cyklu budoucnost dopravy ve vozidlech poháněných vodíkovými palivovými články.

Rostoucí zájem a poptávka po vodíku, který bývá označován za *palivo budoucnosti*, je vyvolán jeho rostoucí spotřebou v dopravě. Vodík používaný v dopravě je vnímán jako nízkouhlíkové palivo, alternativa k produktům na bázi ropy a plynu. Vozidla FCEV by mohla snížit znečištění ovzduší, protože podobně jako vozidla BEV nezpůsobují žádné přímé emise výfukových plynů.

Vodík je považován za palivo s nízkými emisemi. Jedinou sloučeninou, která se uvolňuje z výfukového potrubí vozidla poháněného tímto plynem, je pára. Skutečné emise spojené s výrobou vodíku však závisí na způsobu jeho získání. Vodík je jedním z nejdůležitějších zdrojů čisté energie podporovaných Evropskou unií, ale aby mohl být vodík uznán jako zelený v rámci politiky EU, měl by být vyráběn pouze z obnovitelných zdrojů energie. V Evropě a Polsku se zatím diskutuje především o průmyslové výrobě vodíku z fosilních paliv, tedy o šedém vodíku. Při výrobě vodíku v Polsku se však dosud ve značné míře používaly technologie na bázi uhlí, a proto je nutné vyvinout technologie na bázi OZE, aby takto získaný vodík byl ekologický.

## 4.6 POSOUZENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU ELEKTRICKÝCH VOZIDEL S PALIVOVÝMI ČLÁNKY - PŘÍPADOVÁ STUDIE

Zde jsme provedli analýzu emisí skleníkových plynů u elektrických vozidel s palivovými články (FCEV) poháněných vodíkem vyrobeným z uhlí. Za tímto účelem jsme provedli analýzy LCA pro výrobu vodíku a použili jsme výsledky analýzy skleníkových plynů při výrobě a provozu vozidel FCEV z literatury.

Následující výsledky analýz emisí skleníkových plynů byly získány z literatury pro výrobu i provoz vozidel FCEV [<sup>45,46</sup>]:

- Komín PEMFC - 5 g CO<sub>2</sub> ekv/km

---

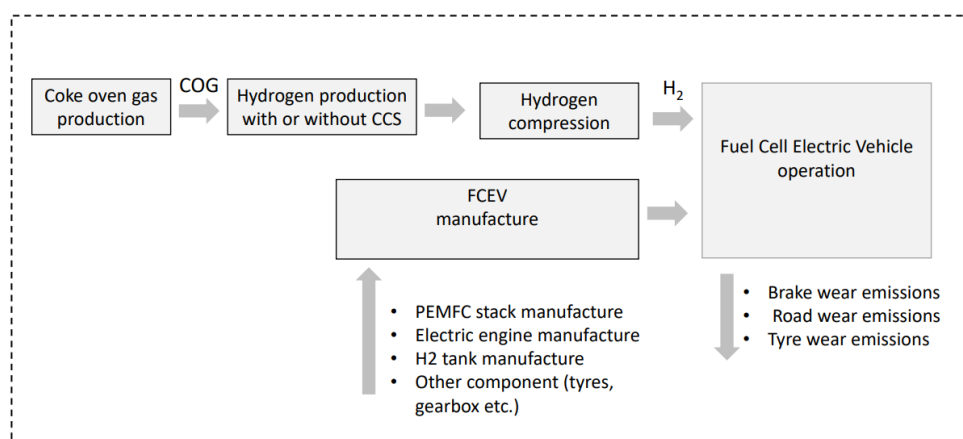
<sup>45</sup> Evtimov I. & Ivanov R. & Stanchev H. & Kadikyanov G. & Staneva G. Posouzení životního cyklu elektrických vozidel s palivovými články (Life cycle assessment of fuel cells electric vehicles). *Problémy s dopravou*. 2020. Roč. 15, č. 3, s. 153-166

<sup>46</sup> Valente, A.& Iribarren, D.& Candelaresi, D.& Spazzafumo, G.& Dufour, J. Využití harmonizovaných ukazatelů životního cyklu ke zkoumání úlohy vodíku v environmentální výkonnosti elektrických vozidel s palivovými články. *International Journal of Hydrogen Energy* 2020. Svazek 45. P.25758-25765

- Infrastruktura vozidla (bez komína PEMFC) - 40 g CO<sub>2</sub> ekv/km
- Provoz vozidla (bez vodíku) - 10 g CO<sub>2</sub>

Provedli jsme srovnávací analýzu emisí skleníkových plynů u vozidel FCEV poháněných vodíkem vyrobeným z koksárenského plynu (COG) a u vozidel FCEV poháněných vodíkem vyrobeným ze zplyňování uhlí. Analýza emisí skleníkových plynů při výrobě vodíku zplyňováním zahrnovala procesy těžby uhlí, mechanické úpravy, přepravy uhlí do zplyňovacího zařízení, samotného zplyňování, zachycování CO<sub>2</sub> a ukládání uhlíku. Byly prezentovány výsledky analýzy emisí skleníkových plynů při výrobě vodíku ze zplyňování uhlí s CCS a bez CCS v polských podmínkách [17]. Rozšířili jsme hranice systému na FCEV a aplikovali jsme získaný vodík na FCEV. V naší případové studii byla funkční jednotka 1 km a hranice systému byla rozšířena. Analýza emisí skleníkových plynů u vozidel FCEV ukázala, že emise skleníkových plynů při výrobě vodíku z COG jsou nižší než při výrobě vodíku ze zplyňování uhlí. Kromě toho se vozidla FCEV poháněná vodíkem získaným ze zplyňování uhlí (bez technologie CCS) vyznačovala nejvyšším ukazatelem emisí skleníkových plynů, zatímco technologie zplyňování biomasy využívaná k výrobě vodíku vykazovala nejnižší ukazatel emisí skleníkových plynů - jedná se tedy o nejlepší alternativu výroby vodíku.

Systémová hranice životního cyklu vozidla FCEV poháněného vodíkem vyrobeným z koksárenského plynu je uvedena v článku Obrázek 60:.



Obrázek 60: Systémová hranice životního cyklu FCEV

Naše výsledky byly porovnány s životním cyklem vozidla FCEV, který předpokládá různé zdroje vodíku, jako je zemní plyn, biomasa a elektrolýza (Tabulka 11:).<sup>47,48,49,50, 51</sup>

Tabulka 11: Srovnávací analýza výsledků původních studií

System výroby vodíku	Emise skleníkových plynů z životního cyklu vozidel FCEV [g CO <sub>2</sub> ekv/km]	Zdroje
Vodík z koksárenského plynu bez CCS	156	52,17
Vodík z koksárenského plynu s CCS	97	
Vodík ze zplyňování uhlí bez CCS	215	
Vodík ze zplyňování uhlí s CCS	121	
Vodík z parního reformingu metanu	140	45
Vodík ze zplyňování biomasy	60	
Vodík z elektrolýzy - větrné energie	70	53

Emise skleníkových plynů byly hodnoceny u vozidel BEV, jejichž baterie byly nabíjeny elektřinou dodávanou z rozvodné sítě, konkrétně z polského mixu elektrické energie [<sup>54,55</sup>]. V případě vozidel BEV v Polsku činily emise skleníkových plynů 41,4 kg CO<sub>2</sub>ekv/150,000 km (v roce 2015). Do roku 2050 se očekává snížení těchto emisí na 25,8 kg CO<sub>2</sub>ekv/150,000 km. V letech 2015-2050 se emise skleníkových plynů připadající na

<sup>47</sup> Heo E., Kim J., Cho S.: Výběr metod výroby vodíku pomocí fuzzy analytického hierarchického procesu s příležitostmi, náklady a riziky. *International Journal of Hydrogen Energy*, roč. 37, 2012, s. 17655-17662.

<sup>48</sup> Chang P.L., Hsu C.W., Chang P.C.: Fuzzy Delphi metoda pro hodnocení technologií výroby vodíku. *International Journal of Hydrogen Energy*, roč. 36, 2011, s. 14172-14179

<sup>49</sup> Kügemann M., Polatidis, H.: Vícekriteriální rozhodovací analýza paliv a vozidel v silniční dopravě: Systematický přehled a klasifikace literatury. *Energies*, Vol.13, Issue1, 2020

<sup>50</sup> Nikolaidis P., Poullikkas A.: Srovnávací přehled procesů výroby vodíku. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 67, 2017, s. 597-611

<sup>51</sup> Staffell I., Scamman D., Abad W.A., Balcombe P., Dodds P. E., Ekins P., Ward K. R.: Úloha vodíku a palivových článků v globálním energetickém systému. *Energy & Environmental Science*, roč. 12, 2019, s. 463-491.

<sup>52</sup> Piotr Fołęga, Dorota Burchart, Paweł Marzec, Simona Jursova, Pavlina Pustejovska: Potenciální dopady životního cyklu elektrických vozidel s palivovými články poháněných vodíkem vyrobeným z polského koksárenského plynu na životní prostředí, *Transport Problems*, vyd. 1, sv. 17, 2022

<sup>53</sup> Evtimov I. & Ivanov R. & Stanchev H. & Kadikyanov G. & Staneva G. Life cycle assessment of fuel cells electric vehicles (Posouzení životního cyklu elektrických vozidel s palivovými články). *Problémy s dopravou*. 2020. Roč. 15, č. 3, s. 153-166

<sup>54</sup> Zhang, B., Chen, Y., Kang, B., Qian, J., Chuai, X., Peng, R., Zhang, J., Hydrogen production via steam reforming of coke oven gas enhanced by steel slag-derived CaO (Výroba vodíku parním reformingem koksárenského plynu za použití ocelářské strusky CaO) *International Journal of Hydrogen Energy* 2020. Svazek 45. P.13231-13244

<sup>55</sup> Valente, A.& Iribarren, D& Dufour, J. Harmonizace metodických rozhodnutí při posuzování životního cyklu vodíku: Zaměření na acidifikaci a obnovitelný vodík. *International Journal of Hydrogen Energy* 2019. Svazek 44. P.19426-19433

vozidla BEV pohybují v rozmezí 172-276 g CO<sub>2</sub>eq/km v závislosti na zdroji elektrické energie.

Emise skleníkových plynů z vozidel FCEV se pohybují v rozmezí 60 až 215 g CO<sub>2</sub>ekv/km, což znamená, že použití vodíku, i když se vyrábí z fosilních paliv, je pro dopravu lepším řešením než elektromobily. Výjimkou je vodík ze zplyňování uhlí bez technologie CCS.<sup>56</sup>

Vozidla FCEV neprodukují lokální emise sloučenin, jako jsou NO<sub>x</sub>, ani žádné emise CO<sub>2</sub>. Ve fázi od nádrže ke kolu (TTW) jsou pouze vozidla FCEV a BEV zcela uhlíkově neutrální, zatímco ostatní možnosti dekarbonizace, jako jsou vozidla poháněná biopalivy, zemním plynem a hybridy, nikoli. V porovnání s naftovými a benzinovými vozidly ICEV by se emise měly posuzovat stejně jako emise z výroby paliva ve fázi TTW a WTT (od vrtu k nádrži). Emise WTT u vozidel ICEV zahrnují emise z těžby, dopravy, rafinace a zpracování ropy a z distribuce na čerpací stanice. Pokud jde o vozidla BEV, emise WTT závisí na skladbě zdrojů elektrické energie v zemi, kde se vozidlo obvykle nabíjí. Výhodou FCEV oproti BEV je, že palivové články jsou energeticky méně náročné než baterie. Dopad vozidel FCEV na životní prostředí ve fázi WTT závisí na způsobu výroby vodíku.

V této podkapitole jsme analyzovali uhlíkovou stopu dodavatelských řetězců vodíku pro vozidla s palivovými články. Vozidla FCEV nejenže snižují emise skleníkových plynů ve srovnání s vozidly na benzinový pohon, ale během svého provozu nevypouštějí téměř žádné emise, což může zlepšit kvalitu ovzduší, zejména v městských oblastech.

Fosilní paliva spotřebovávaná k výrobě vodíku (tj. vodíkové cesty založené na zemním plynu, uhlí a energii ze sítě), která mají být palivem budoucnosti, nelze považovat za ekologickou alternativu. Emise skleníkových plynů mohou snížit pouze vozidla s palivovými články poháněná vodíkem vyrobeným pomocí technologií založených na OZE - zejména větrné a vodní energie. LCA je užitečným nástrojem pro posouzení dopadu vozidel s palivovými články využívajících různá paliva na životní prostředí. Analýza životního cyklu vodíku od vrtu po kolo ukázala, že vodík je slibným řešením pro snížení emisí skleníkových plynů. Pokud však jde o vozidla s vodíkovými palivovými články, může toto řešení způsobit ještě vyšší emise skleníkových plynů než vozidla se spalovacími motory, pokud se vodík vyrábí z fosilních paliv. Vozidla na

---

<sup>56</sup> Palivo pro budoucnost mobility Vodík a palivové články pro dopravu. Svazek 1, Deloitte Čína 2020.



vodíkový pohon představují spolu s vozidly na biopaliva a elektromobily jednu ze tří hlavních možností nízkouhlíkové dopravy. Na rozdíl od biopaliv nemá vodík žádný dopad na využití půdy ani na kvalitu ovzduší; vodík také nabízí větší dojezd a kratší dobu nabíjení než BEV. Elektromobily jsou však pokročilejší než automobily na vodíkový pohon, protože mají nižší náklady a snadno dostupnou infrastrukturu [<sup>57,58</sup>].

---

<sup>57</sup> Chen, Y.& Ding, Z.& Wang, W.& Liu, J. Posouzení životního cyklu a simulace scénářů čtyř schémat výroby vodíku pro vozidla s vodíkovými palivovými články. *China Journal of Highway and Transport* 2019. Svazek 32. No.5 P.172-180

<sup>58</sup> Burchart D. Aplikace pokročilých metod posuzování životního cyklu na cesty alternativních paliv v dopravě (Application of advanced environmental life cycle assessment methods to pathways of alternative transport). Monografie. Politechnika Śląska, Gliwice 2021, 170 s.

## 4.7 ODKAZY KE KAPITOLE



### Shrnutí

Na konci této kapitoly budou studenti rozumět následujícím pojmům:

- Význam LCA v automobilovém průmyslu
- LCA bateriových elektrických vozidel (BEV)
- LCA elektrických vozidel s palivovými články (FCEV)
- Posouzení ekologické stopy
- LCA pro nabíjení baterií elektrických vozidel
- Uhlíková stopa, vodní stopa a stopa zdrojů energie
- Výpočetní model ekologické stopy pro nabíjení baterií elektrických vozidel
- Srovnávací LCA benzinových ICEV, dieselových ICEV a BEV vozidel
- Vodík jako nejslibnější možnost dekarbonizace vozidel



### Otázky

- Jaký význam má LCA pro automobilový průmysl?
- Jak ovlivňuje životní cyklus vozidel BEV uhlíkovou stopu?
- Jak ovlivňuje životní cyklus vozidel BEV vodní stopu?
- Jaké jsou zdroje výroby vodíku?
- Co je to ekologická stopa?
- Jak jednotlivé zdroje energie ovlivňují ekologickou stopu?
- Jaké jsou výsledky LCA benzinových ICEV, dieselových ICEV a BEV?
- Proč je vodík nejslibnější možností dekarbonizace vozidel?

## **Zkratky**

BEV - bateriová elektrická vozidla

CCS - zachycování a ukládání uhlíku

CF - uhlíková stopa

CWU - kumulativní spotřeba vody

DALY - roky života přizpůsobené zdravotnímu postižení

EF - ekologická stopa

FCEV - elektrická vozidla s palivovými články

FU - funkční jednotka

Emise GHG - emise skleníkových plynů

GWP - potenciál globálního oteplování

ICEV - vozidla se spalovacími motory

LCA - hodnocení životního cyklu

LCI - inventarizace životního cyklu

LCIA - posouzení dopadů životního cyklu

OZE - obnovitelné zdroje energie

RF - stopa zdrojů

TTW - od nádrže ke kolu

WF - vodní stopa

WTT - od vrtu k nádrži

## 5. NÁSTROJE PRO POSUZOVÁNÍ VLIVŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

5. NÁSTROJE PRO POSUZOVÁNÍ VLIVŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	107
CO JE TŘEBA ZVÁŽIT PŘI VÝBĚRU SOFTWARE LCA .....	109
5.2 DATABÁZE LCI.....	110
ECOINVENT .....	111
FEDERAL LCA COMMONS .....	112
DATABÁZE CARBON MINDS .....	114
GABI .....	114
DALŠÍ DATABÁZE.....	117
5.3 SOFTWARE NÁSTROJE LCA.....	120
SimaPro .....	120
SimaPro Collect.....	122
SimaPro Share .....	122
GaBi.....	123
OpenLCA .....	124
Umberto.....	126
5.4 ODKAZY KE KAPITOLE .....	128



## Doba studia 120 minut



### Cíle

#### JAKÉ ZNALOSTI STUDENTI ZÍSKAJÍ

Studenti získají znalosti o různých databázích LCI a několika softwarových nástrojích LCA, které lze použít pro analýzu LCA

#### JAK JIM TO POMŮŽE ROZUMĚT TÉMATU

Student získá přehled o několika dostupných nástrojích LCA a souvisejících databázích LCI používaných pro hodnocení životního cyklu.

#### JAKÉ DOVEDNOSTI BUDE KAPITOLA ROZVÍJET

Kapitola pomůže studentům získat dovednosti a znalosti o softwarových nástrojích LCA, které mohou být užitečné v budoucí odborné práci.

#### KDE MOHOU STUDENTI VYUŽÍT SVÉ ZNALOSTI

Studenti mohou tyto znalosti využít při své budoucí práci související s analýzou LCA a používáním softwarových nástrojů LCA a různých databází LCI.



### Teorie

## 5.1 ÚVOD DO NÁSTROJŮ LCA

Pro pomoc s analýzou LCA je na trhu k dispozici několik nástrojů LCA, které lze zakoupit nebo jsou zdarma. Mezi jednotlivými nástroji jsou značné rozdíly v oblasti uživatelské přívětivosti, principů modelování a obsažených databází, které lze použít.

## CO JE TŘEBA ZVÁŽIT PŘI VÝBĚRU SOFTWARE LCA

Při výběru softwarového nástroje LCA je třeba zvážit několik kritérií, abyste vybrali tu nejlepší možnost pro vaše potřeby.

Nejprve je třeba určit, jaké potřeby musí nástroj splňovat. Chcete vypočítat LCA nově vytvořeného výrobku nebo hodnotíte a vylepšujete již zavedený výrobek?

Zadruhé byste měli zvážit, zda jsou dodané výsledky použitelné pro vaše podmínky:

- Jaké softwarové prostředí máte k dispozici?
- Bude nástroj obsluhovat jedna osoba, nebo bude data sdílet více osob?
- Jaký typ dat je v softwaru k dispozici?
- Bude nástroj využívat pouze vaše společnost, nebo budete zdroj a výsledky sdílet s ostatními?
- Jak nástroj spolupracuje s dalšími možnými nástroji a systémy, které používáte ve vaší společnosti?
- Jak dlouho budou výpočty trvat?
- Budete moci data a výstupy přímo použít pro prezentaci a další hodnocení?
- Podporuje nástroj požadovanou certifikaci?

Měli byste také zvážit finanční stránku:

- Vlastní již společnost software pro LCA, nebo bude zakoupen nový nástroj?
- Jaký máte rozpočet?
- Kolik člověkohodin zabere naučit se pracovat s tímto softwarem?
- Je možné si zaplatit kurz, který vám pomůže naučit se tento software?
- Je k dispozici dostatek příkladů a odpovídající dokumentace k softwaru?

V neposlední řadě byste také měli zvážit funkce, které softwarové nástroje LCA poskytují. Těchto pět kategorií je třeba vzít v úvahu:

- Databáze - databáze použitá pro výpočet a metodika je hlavním prvkem softwarového nástroje, který je třeba zvážit. Existuje více databází, které jsou k dispozici pro jeden nebo více softwarových nástrojů LCA. Více o souborech dat LCI bude popsáno později.

- Analýza nejistoty - vzhledem k tomu, že variace prostřednictvím statistických metod modelování může vést k potenciálnímu zkreslení, měla by být analýza nejistoty a variability začleněna do softwarových nástrojů LCA.
- Analýza citlivosti - softwarové nástroje LCA by měly obsahovat analýzu citlivosti pro studium robustnosti výsledků a jejich citlivosti na nejisté faktory. Tento krok je nezbytnou součástí konečné interpretace, protože vstupní parametr pro LCA je často nejistý.
- Metody hodnocení dopadů - nástroje LCA by měly zahrnovat metody používané k hodnocení potenciálních dopadů na životní prostředí. Dvě rozšířené a mezinárodně uznávané metody LCA jsou metoda CML 2001<sup>59</sup> a Eco-Indicator 99<sup>60</sup>
- Prezentace - uživatelsky přívětivý styl prezentace je u dobrého softwarového nástroje LCA nezbytností. Výsledky by měly být prezentovány ve strukturované hierarchii a měly by umožňovat interaktivitu s prezentovanými výsledky.

## 5.2 DATABÁZE LCI

Databáze LCI (Life Cycle Inventory) podporuje různé typy hodnocení udržitelnosti. Existuje mnoho komerčních i bezplatných databází LCI, které obsahují informace a soubory dat o jednom nebo více odvětvích a které lze importovat a používat pomocí dříve popsanych nástrojů. V následujícím textu se zaměříme pouze na některé z těchto databází.

Při výběru databáze se musíme zaměřit na to, zda je databáze dobře definovaná a pravidelně aktualizovaná, protože technologický pokrok způsobuje předčasné stárnutí platnosti stávajících údajů. Z hlediska měření dopadu na životní prostředí jsou rozhodující dva parametry:

- Objem, kvalita, přesnost a relevance dat, která má uživatel v softwaru k dispozici,
- Uživatelská přívětivost softwarového balíku.

---

<sup>59</sup> Guinée, J., Heijungs, R., Huppes, G., Koning, A.D., Oers, L., Sleeswijk, A.W., Haes, U.D., Duin, R.V. & Lindeijer, E. 2001. Posuzování životního cyklu - provozní příručka k normám ISO Ministerstvo bydlení. Územní plánování a životní prostředí (VROM) a Centrum environmentálních věd, Leidenská univerzita (CML), Nizozemsko

<sup>60</sup> Goedkoop, M., Effting, S. & Collignon, M. 2000. Ekoindikátor 99: Příručka pro designéry: Metoda hodnocení dopadů životního cyklu zaměřená na poškození. Amersfoort: PRé Consultants.

## ECOINVENT

Databáze Ecoinvent [61] obsahuje přibližně 18 000 datových souborů inventarizace životního cyklu, které pokrývají řadu odvětví na globální a regionální úrovni:

- Ubytovací služby - databáze zahrnuje údaje o výstavbě a provozu turistických ubytovacích zařízení a souvisejícího spotřebního zboží.
- Zemědělství, rybolov a chov zvířat - databáze se skládá z datových souborů zahrnujících pěstování plodin, výrobu oleje z plodin, podpůrné zemědělské činnosti, dopravu, výrobu krmiv pro zvířata, chov zvířat a data z konce životnosti různých vedlejších produktů.
- Stavebnictví - databáze zahrnuje těžbu, zpracování, dopravu a výrobu stavebních nerostů a materiálů a zpracování stavebních materiálů po skončení jejich životnosti.
- Chemické látky a plasty - databáze obsahuje více než 1 900 datových souborů pokrývajících spektrum látek, které se následně používají v jiných odvětvích. V databázi nalezneme soubory dat o hnojivech, pesticidech, inkoustech a barvách, plastech a gumě a mnoho dalších.
- Energie - databáze obsahuje údaje o elektřině a teple, které podporují mnoho různých činností, používají se a spotřebovávají se pro provoz domácností, kanceláří a zařízení, pro výrobu, dopravu a provoz strojů.
- Lesnictví a dřevo - databáze zahrnuje pěstování lesů, produkci dřeva, dopravu a zpracování dřeva a doprovodné činnosti a konec životnosti různých vedlejších produktů.
- Paliva - databáze obsahuje údaje o technologiích těžby a zpracování, dopravě surových nebo rafinovaných paliv, výrobě a distribuci nejběžnějších druhů paliv: a) fosilních, jako je černé uhlí, hnědé uhlí, ropa, rafinované ropné produkty a zemní plyn, b) obnovitelných paliv, jako je bioplyn, biometan, bioetanol, bionafta a různá tuhá biopaliva z biomasy.
- Infrastruktura - databáze zahrnuje soubor údajů o nemobilní infrastruktuře pro stavebnictví, dopravu, zemědělství, zpracovatelský průmysl, výrobu a dopravu energie, těžbu, zpracování odpadu a pohostinství.

---

<sup>61</sup> Ecoinvent Database, k dispozici na adrese <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/>. Naposledy navštíveno v únoru 2022.



- Kovy - databáze popisuje činnosti související s výrobou kovových polotovarů, jako jsou předvalky, ingoty a tyče, a také činnosti, které vyrábějí hotové kovové výrobky. Databáze zahrnuje výrobu 35 různých kovů.
- Papír a celulóza - databáze obsahuje přibližně 160 datových souborů pokrývajících dodavatelský řetězec od počátečního lesního hospodářství až po výrobu různých výrobků z papíru a lepenky a také zpracování odpadního papíru a odpadní lepenky po skončení jejich životnosti.
- Textil - databáze obsahuje přibližně 150 datových souborů zahrnujících kultivaci surovin, jejich zpracování a přepravu různých vedlejších produktů.
- Doprava - databáze obsahuje přibližně 600 datových souborů zahrnujících výrobu, údržbu a provoz dopravních prostředků, infrastrukturu a zpracování po ukončení životnosti.
- Odpadové hospodářství a recyklace - databáze obsahuje více než 1 600 datových souborů týkajících se sběru, třídění, likvidace a využití odpadů z různých odvětví.
- Zásobování vodou - databáze zahrnuje více než 150 databází, které se týkají získávání, úpravy a distribuce vody z vodovodu, upravené vody a vody na zavlažování.

Každá datová sada je přiřazena k zeměpisné poloze - státu, zemi nebo kontinentu. Geografické pokrytí závisí na kvalitě a dostupnosti dat. Téměř u každého souboru dat je uvedena také globální zeměpisná poloha nebo poloha ve zbytku světa, která představuje průměrnou celosvětovou produkci. Globální polohu a polohu ve zbytku světa lze použít v případech, kdy není k dispozici požadovaná lokální reprezentace. Globální soubor dat je vytvořen tak, aby odrážel celosvětové průměrné podmínky na základě mezinárodních údajů. Pokud taková data neexistují, je globální poloha vytvořena jako vážený průměr dostupných místních souborů dat.

## FEDERAL LCA COMMONS

Federální společenství LCA [62] je databáze poskytující reprezentativní údaje o metodice LCA v USA. Databáze obsahuje datové soubory vytvořené v různých vládních agenturách USA, jako je Ministerstvo zemědělství Spojených států (USDA),

---

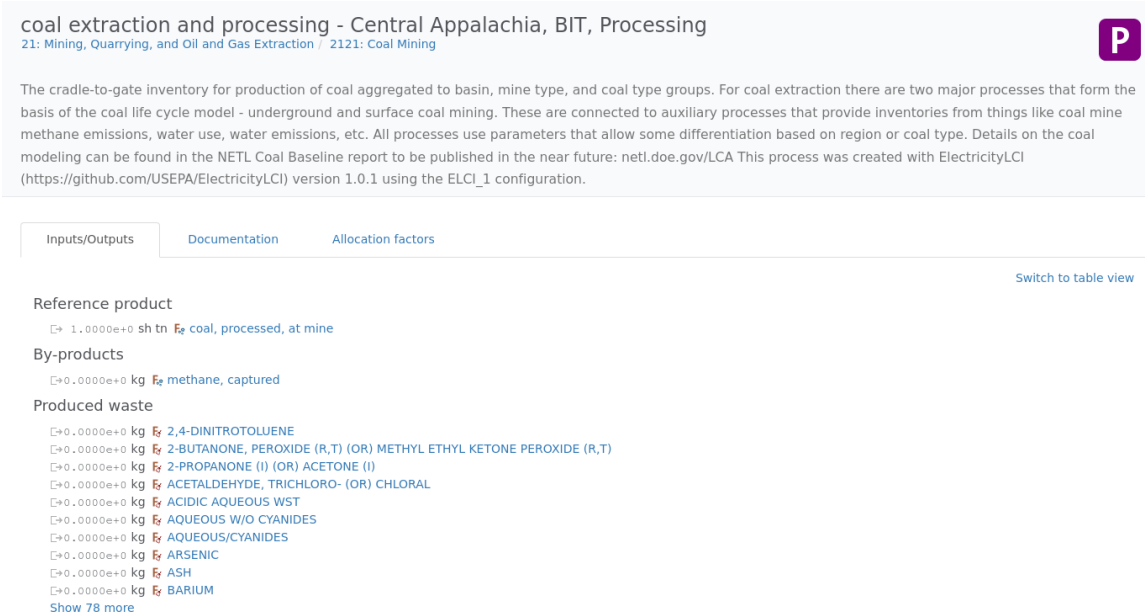
<sup>62</sup>Federal LCA Commons, dostupné na <https://www.lcacommons.gov/>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

Ministerstvo energetiky a Agentura pro ochranu životního prostředí (EPA). Kromě toho se na podpoře a tvorbě různých datových sad podílejí i další agentury, například Národní laboratoř pro obnovitelné zdroje energie (NREL), Národní zemědělská laboratoř (NAL), Lesní služba USA a Národní institut pro standardy a technologie (NIST).

Cílem Federal LCA Commons, jak je uvedeno na jejich webových stránkách [63], je:

1. dosáhnout pokroku v oblasti federálních dat, výzkumu a informačních systémů LCA díky využití zdrojů a odborných znalostí více agentur,
2. zlepšit konzistentnost metod LCA vyvinutých jednotlivými agenturami za účelem vypracování výsledků LCA pro rozhodování a zveřejňování a
3. zlepšit přístup veřejnosti a agentur k federálním údajům LCA ve standardizovaném formátu s možností vyhledávání ze společného úložiště.

Federální databáze LCA Commons je přístupná a stažitelná z webových stránek LCA commons [64] nebo je k dispozici pro OpenLCA,



The screenshot displays the LCA Commons interface for the process 'coal extraction and processing - Central Appalachia, BIT, Processing'. It includes a navigation menu with 'Inputs/Outputs', 'Documentation', and 'Allocation factors'. The main content area lists the reference product and by-products with their respective quantities and units. The reference product is '1.0000e+0 sh tn coal, processed, at mine'. The by-products include '0.0000e+0 kg methane, captured'. A list of produced waste items is also shown, such as '2,4-DINITROTOLUENE', '2-BUTANONE, PEROXIDE (R,T) (OR) METHYL ETHYL KETONE PEROXIDE (R,T)', and '2-PROPANONE (I) (OR) ACETONE (I)'. A 'Show 78 more' link is provided at the bottom of the waste list.

Obrázek 61: Příklad datové sady v LCA Commons [63]

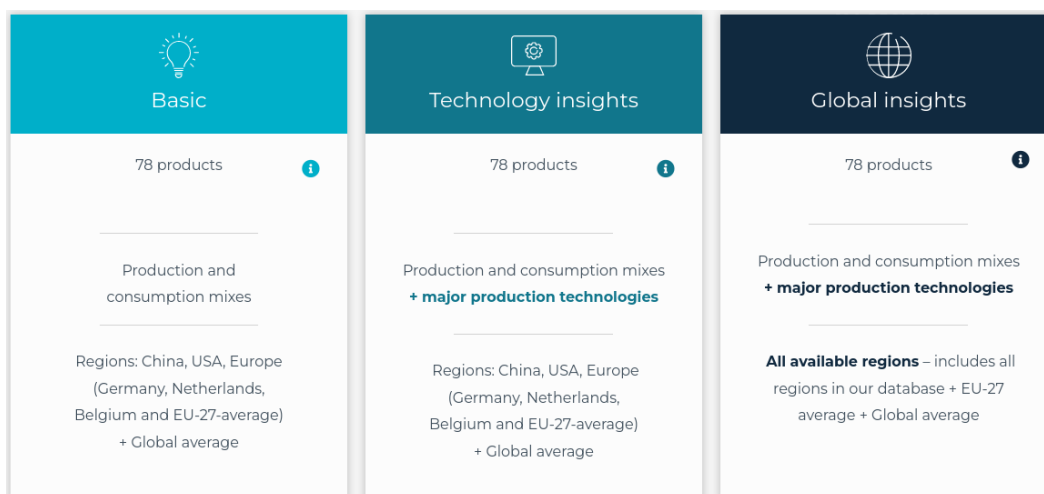
<sup>63</sup>Federal LCA Commons, k dispozici na adrese <https://www.lcacommons.gov/about-us-0>. Naposledy navštíveno v únoru 2022.

<sup>64</sup>Federal LCA Commons, k dispozici na adrese <https://www.lcacommons.gov/lca-collaboration/>. Naposledy navštíveno v únoru 2022.

## DATABÁZE CARBON MINDS

Databáze cm.chemicals společnosti Carbon Minds [65] je rozsáhlá datová sada pro environmentální hodnocení chemických látek a plastů. Díky konzistentní metodice a každoročním aktualizacím je cm.chemicals komplexním zdrojem dat pro studie posuzování životního cyklu chemických látek a plastů v souladu s normami ISO 14040/14044:2006/AMD 2:2020. Databáze zahrnuje více než 1000 produktů až ve 190 zeměpisných oblastech.

Databázi Carbon Minds lze zakoupit jako standardní datové balíčky - Basic, Technology insights, Global insights, které obsahují 78 běžných chemických látek, nebo jako data na vyžádání.



Obrázek 62: Dostupné možnosti databáze Carbon Minds [64]

## GABI

Databáze GaBi LCA [66] nabízí přibližně 17 000 modelů procesů a plánů založených na údajích, které GaBi shromáždila při spolupráci s podniky, sdruženími a veřejnými orgány. GaBi nabízí několik databází:

- Organické meziprodukty - databáze obsahuje 184 procesů zahrnujících základní produkty průmyslové syntézy (např. methanol, formaldehyd), oxidační produkty ethylenu (např. ethylenoxid), alkoholy, komponenty pro polyamidy (např.

<sup>65</sup>Carbon minds, k dispozici na <https://www.carbon-minds.com/>. Naposledy navštíveno únor 2022.

<sup>66</sup>Sphera Solutions GmbH, dostupné na <https://gabi.sphera.com/databases/gabi-databases/>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

kyselina adipinová, kaprolaktam, hexamethylen-diamin), produkty přeměny propenu (např. akrylonitril, aceton, epichlorhydrin, bisfenol A), aromáty a produkty přeměny benzenu (např. BTX, ethylbenzen, styren, kumen, cyklohexan, MSA), oxidační produkty xylenů (např. fatalanhydrid, dimethyltereftalát).

- Anorganické meziprodukty - obsahuje 126 procesů zahrnujících vodík, kyselinu dusičnou, kyselinu kyanovodíkovou, amoniak a mnoho dalších.
- Energie - 1460 procesů zahrnujících zemní plyn, elektřinu, černé uhlí, ropu, směsi hnědé uhlí z různých zemí, tepelnou energii z páry, ropy, zemního plynu z několika zemí a mnoho dalších.
- Ocel - 33 zpracování zahrnující často používané ocelové slitiny.
- Hliník - 86 procesů zahrnujících primární a sekundární ingoty, vytlačované profily, hliníkové plechy a další.
- Neželezné kovy - 13 procesů zahrnujících titan, kadmium, nikl, měď, mangan, nízkouhlíkový a vysokouhlíkový ferrochrom a další.
- Drahé kovy - 28 postupů zahrnujících stříbro, směs stříbra, zlato, rhodium, platínu, palladium a další.
- Plasty - databáze obsahuje 107 postupů zahrnujících hromadné plasty (např. PE s různou hustotou, PP, PS), vinylové polymery (např. PVC, PVAL), technické plasty (např. ABS, PMMA, PTFE), polyamidy (např. PA 6, PA 6.6, PA 6.12), speciální plasty (např. PPS, PEEK, SMA).
- Nátěrové hmoty - obsahuje 80 postupů zahrnujících různé rozpouštědlové, práškové a vodní nátěry, bezbarvý nátěr, plány pro modelování automobilových a průmyslových nátěrů.
- Konec životnosti - databáze obsahuje 520 procesů zahrnujících granulátory, skládky, spalování, dynamické modely procesů.
- Výrobní procesy - 68 procesů zahrnujících obrábění, nýtování, hluboké tažení, broušení, lisování, řezání laserem, galvanizaci.
- Elektronika - databáze obsahuje 251 procesů zahrnujících montážní linky, cívký, diody, integrované obvody, desky plošných spojů, pájecí pasty, kondenzátory, tranzistory, LED SMD, rezistory, cívký s kruhovým jádrem, substráty FR4, termistory a další.

- Obnovitelné suroviny - 157 procesů zahrnujících hnojiva a pesticidy, traktory a zemědělské vybavení, průmyslové meziprodukty, různé plodiny, jako je kukuřice, pšenice, konopí, len, řepka, sója a mnoho dalších.
- Stavební materiály - databáze obsahuje 2640 procesů zahrnujících přísady, lepidla, beton, maltu, omítky, barvy, lehčený beton, cihly, pěnovou maltu, vápenopískové cihly, stavební desky, dřevo, izolační materiály, tepelně izolační lepicí systémy, kovy, plasty, okna, osvětlení a instalatérství, vytápění a větrání, výtahy a mnoho dalších.
- Zušlechťování textilií - 147 procesů zahrnujících předúpravu (suché procesy, jako je opalování, nebo mokré procesy, jako je odbarvování, bělení a čištění), barvení a/nebo potisk (např. kyselinami, kationtovými, přímými, disperzními a reaktivními barvivy), konečnou úpravu, tkaniny.
- Potahy sedadel - 46 postupů zahrnujících kůži, PET tkaninu, střih a šití, syntetickou kůži, netkanou textilií.
- Bioplasty - 128 procesů zahrnujících bioplasty z různých zdrojů, např. z cukrové třtiny, kukuřice, pšenice atd.
- Potraviny a krmiva - databáze zahrnuje 434 procesů, které představují nejčastěji používané potraviny a krmiva v různých zeměpisných oblastech: plodiny a zvířata, např. kukuřice, tapioka, řepka, hovězí maso, ovce, výroba potravinářských výrobků (včetně mléčných, škrobárenských a obilných mlýnských výrobků, cukru, masa, čokolády, krmiv, rostlinných a živočišných olejů atd.) a vedlejších produktů.
- Uhlíkové kompozity - databáze obsahuje 137 postupů pro nejběžnější výrobní a zpracovatelské technologie v různých zeměpisných oblastech: datové sady pro výrobu uhlíkových vláken (CF) za různých technologických okrajových podmínek (standardní proces, energeticky optimalizovaný, obnovitelné zdroje energie) a regionálních okrajových podmínek (výrobní směsi Global, EU28, DE, US, JP, CN, TW, HU, KR, FR, GB, ES, BR, CA), datové sady pro výrobu komponentů z plastů vyztužených uhlíkovými vlákny (CFRP) s termosetovou nebo termoplastickou maticí za použití nejběžnějších zpracovatelských technologií, zpracovatelské procesy (jednotkové procesy) pro plasty vyztužené uhlíkovými vlákny pro modelování konkrétních výrobních řetězců.

## DALŠÍ DATABÁZE

Existuje mnoho dalších databází, které lze použít jako zdroj pro analýzu LCA. Mnohé z těchto databází jsou podporovány jedním nebo mnoha nástroji LCA. Další informace naleznete v příslušném nástroji.

### DATABÁZE WEEE LCI

Databáze WEEE LCI [67] je francouzská databáze věnovaná konci životnosti elektrických a elektronických zařízení, která obsahuje více než 900 systémových procesů kombinujících 86 materiálů.

### Databáze EXIOBASE

Databáze EXIOBASE [68] - globální, podrobná multiregionální environmentálně rozšířená databáze dodávek a užití / vstupů a výstupů. Databáze poskytuje údaje o odvětvích, produktech, emisích a zdrojích pro 43 zemí a více než 200 kategorií produktů.

### Databáze environmentální stopy

Databáze environmentální stopy [69] - navržena tak, aby podporovala používání pravidel pro kategorie environmentální stopy produktu (PEFCR) a užívání sektorových pravidel pro environmentální stopu organizace (OEFSR). Obsahuje sekundární soubory údajů o inventarizaci životního cyklu v souladu s EF a kompatibilní metodu posuzování dopadů EF. Databáze ekologické stopy je součástí iniciativy Evropské komise pro jednotný trh s ekologickými produkty [70].

### Databáze LCA světových potravin ESU

Databáze LCA světových potravin ESU [71] - obsahuje přibližně 1 900 datových souborů pokrývajících globální dopady zájmových oblastí souvisejících s potravinami, jako jsou zemědělské výrobní služby, produkce zeleniny, ovoce, živočišné produkty, ryby, mléčné výrobky, alternativy masa, základní potraviny, nápoje, sladkosti, jídla, domácí spotřebiče, spotřeba potravin a krmivo pro domácí zvířata.

---

<sup>67</sup>Ecosystem LCI Database, dostupné na <https://weee-lci.ecosystem.eco/>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

<sup>68</sup>Konsorciem Exiobase, dostupné na <https://www.exiobase.eu/>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

<sup>69</sup>Evropská platforma pro posuzování životního cyklu, dostupné na <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/contactListEF.xhtml>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

<sup>70</sup>Evropská komise, Životní prostředí. Dostupné na <https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

<sup>71</sup>ESU-services Ltd. Dostupné na <http://esu-services.ch/data/fooddata/>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

## **Balíček DATASMART LCI**

DATASMART LCI Package [72] - obsahuje širokou škálu materiálů a procesů včetně mixu zemního plynu v USA, geotermální výroby elektřiny, procesů textilní výroby, procesů zpracování odpadů z bílého zboží a elektroniky, obalů, biomateriálů a mléčných výrobků; pro všech 50 států USA, 13 kanadských provincií a teritorií a 10 mixů elektřiny eGRID v USA.

## **Japonská inventarizační databáze IDEA**

Japonská inventarizační databáze IDEA [73] - Inventarizační databáze pro analýzu životního prostředí je hybridní inventarizační databáze, která obsahuje jak statistické, tak procesní údaje. Komplexně pokrývá téměř všechny ekonomické činnosti v Japonsku a obsahuje přibližně 3800 procesů, které jsou klasifikovány především na základě japonské standardní klasifikace zboží. Zahrnuje mnoho odvětví, jako je zemědělství, lesnictví a potravinářství, chemický průmysl, gumárenství a plastikářství, ocelářství a barevné kovy, textilní průmysl, elektronika a strojírenství, dopravní zařízení, energetika, vodárenství, zpracování odpadů, stavebnictví, maloobchodní a velkoobchodní služby.

## **Databáze sociálních hotspotů**

Databáze Social Hotspots [74] - poskytuje skvělý přehled o sociálních ohniscích v dodavatelských řetězcích výrobků, pokrývá 140 zemí a regionů a 57 hospodářských odvětví. Databáze obsahuje rozsáhlý seznam ukazatelů týkajících se pracovních práv, zdraví a bezpečnosti, lidských práv, správy věcí veřejných a komunitní infrastruktury.

## **Databáze pigmentů Evah**

Databáze pigmentů Evah [75] - databáze uvádí soupis 51 pigmentů z různých oblastí, které zahrnují 16 různých barevných anorganických pigmentů a 10 různých barevných organických pigmentů. Polovina všech anorganických pigmentů se používá v polygrafii, čtvrtina v architektonických barvách a zbytek k barvení textilií, plastů,

---

<sup>72</sup>Dlouhá trasa udržitelnosti, k dispozici na <https://ltsexperts.com/services/software/datasmart-life-cycle-inventory>, naposledy navštíveno v únoru 2022./

<sup>73</sup>IDEA Inventory Database for Environmental Analysis, k dispozici na adrese <http://idea-lca.com/?lang=en>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

<sup>74</sup>Databáze sociálních hotspotů, k dispozici na adrese <http://www.socialhotspot.org/>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

<sup>75</sup>The Evah Institute, dostupné na <http://www.evah.com.au>, naposledy navštíveno v únoru 2022./

keramiky, smaltů, papíru, cementu, potravin, kosmetiky, léčiv a automobilových výrobků.

### **Databáze NEEDS LCI**

Databáze NEEDS LCI - obsahuje mezinárodní průmyslové údaje o inventarizaci životního cyklu budoucích systémů dodávek elektřiny (pokročilé fosilní zdroje, vodík, palivové články, větrná energie na moři, fotovoltaika, solární termální energie, biomasa, pokročilá jaderná energie, energie vln), budoucích dodávek materiálů a budoucích dopravních služeb. Soubory dat LCI, které jsou k dispozici v této databázi, jsou určeny k použití při dlouhodobém hodnocení environmentálních technologií. Datové sady obsahují popisné informace o technologiích.

### **ProBas**

ProBas [76] - německá knihovna datových sad, kterou původně poskytla Německá spolková agentura pro životní prostředí (Umweltbundesamt). Zahrnuje jednotkové i souhrnné procesy pro následující témata: Energie, materiály a produkty, dopravní služby a odpady.

### **Worldsteel**

Worldsteel Association [77] - nezisková organizace a průmyslové sdružení, které má členy ve všech hlavních zemích vyrábějících ocel. Worldsteel zastupuje výrobce oceli, národní a regionální sdružení ocelářského průmyslu a výzkumné ústavy v oblasti oceli. Členové představují přibližně 85 % celosvětové výroby oceli. Databáze obsahuje globální a regionální údaje o LCI pro 16 výrobků z oceli, od svitků válcovaných za tepla po plechy, výztuž, profily a oceli s povlakem.

---

<sup>76</sup>ProBas Proyessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme, dostupné na <https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

<sup>77</sup>World Steel Association, dostupné na <https://worldsteel.org/steel-by-topic/life-cycle-thinking/>, naposledy navštíveno v únoru 2022.



## 5.3 SOFTWAREVÉ NÁSTROJE LCA

Na trhu existuje mnoho softwarových nástrojů LCA, které lze použít a které jsou vhodnější než jiné - mnoho nástrojů je víceúčelových, některé jsou určeny pro konkrétní odvětví.

Pro účely tohoto kurzu jsme vybrali několik nástrojů LCA, které budou podrobněji představeny. Tento seznam nástrojů LCA není úplný a absence konkrétního nástroje by neměla být považována za negativní doporučení.

Tyto nástroje představíme podrobněji:

- SimaPro
- GaBi
- OpenLCA
- Umberto

### SIMAPRO

SimaPro [78] je jedním z předních softwarových nástrojů pro LCA, který se v průmyslu a na akademické půdě hojně používá již více než 25 let. Vypracovala jej společnost PRé Consultants.

Software lze použít pro různé aplikace: podávání zpráv o udržitelnosti, stanovení uhlíkové a vodní stopy, navrhování výrobků, vytváření environmentálních prohlášení o výrobcích a určování klíčových ukazatelů výkonnosti.

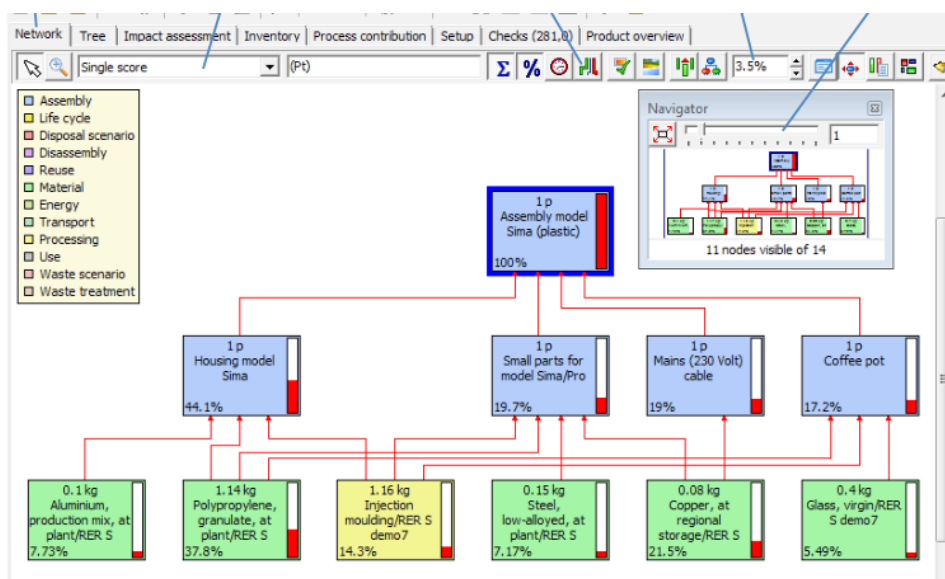
SimaPro lze použít k:

- snadnému modelování a analýze složitých životních cyklů systematickým a transparentním způsobem.
- měření dopadu výrobků a služeb na životní prostředí ve všech fázích životního cyklu.
- identifikaci horkých míst v každém článku dodavatelského řetězce, od těžby surovin přes výrobu, distribuci, používání až po likvidaci.

---

<sup>78</sup>PRé Sustainability, k dispozici na adrese <https://simapro.com/>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

Sada nástrojů SimaPro zahrnuje klasický desktopový software a cloudové moduly SimaPro Collect a SimaPro Share dostupné prostřednictvím online platformy.



Obrázek 63: Příklad SimaPro [75]

SimaPro obsahuje řadu metod hodnocení dopadů<sup>79</sup> používaných při výpočtu výsledků hodnocení dopadů:

- Evropské metody - CML-IA, Environment Prices, Ecological scarcity 2013, EF 3.0 Methods, EN 15804 + A2 Methods, EPD (2018), EPS 2015d and EPS 2015dx
- Globální metody - IMPACT World+, LC-IMPACT, ReCiPe 2016
- Metody Severní Ameriky - BEES, TRACI 2.1
- Metody podle jednotlivých témat - Cumulative Energy Demand, Cumulative Exericy Demand, Freshwater Eutrophication, IPCC 2021, Selected LCI results, USEtox 2
- Vodní stopa - AWARE, WAVE, Water Scarcity<sup>80,81,82,83</sup>

<sup>79</sup>Pré Sustainability, dostupné na <https://simapro.com/wp-content/uploads/2021/12/DatabaseManualMethods930.pdf>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

<sup>80</sup>Berger, Markus & Van der Ent, Ruud & Eisner, Stephanie & Bach, Vanessa & Finkbeiner, Matthias. (2014). Vyhodnocení bilance vody a zranitelnosti (WAVE): Zohlednění recyklace atmosférického výparu a rizika vyčerpání sladké vody při stanovení vodní stopy. Věda a technologie životního prostředí. 48. 10.1021/es404994t.

<sup>81</sup>Boulay, Anne-Marie & Bulle, Cécile & Bayart, Jean-Baptiste & Deschênes, Louise & Margni, Manuele. (2011). Regionální charakteristika využití sladké vody v LCA: Modelování přímých dopadů na lidské zdraví. Věda a technologie životního prostředí. 45. 8948-57. 10.1021/es1030883.

SimaPro obsahuje [84] (ve výchozím nastavení nebo na vyžádání) mnoho databází LCI, například Ecoinvent, Carbon minds, WEEE LCI database, Environmental Footprint database, Social hotspots database, Datasmart LCI package a mnoho dalších.

SimaPro nabízí obchodní (Business User, Expert User a Power User) a vzdělávací licence (SimaPro Phd, SimaPro Classroom, SimaPro Faculty). Licence se liší délkou servisní smlouvy a dostupností funkcí.

## SIMAPRO COLLECT

SimaPro Collect je webový nástroj pro sběr dat LCA. Je určen ke sběru dat od dodavatelů a dalších zúčastněných stran prostřednictvím přizpůsobitelných šablon průzkumů.

SimaPro Collect je k dispozici prostřednictvím online platformy SimaPro. Odesílání průzkumů je zahrnuto v balíčcích Power user, Expert user a PhD po dobu trvání smlouvy o poskytování služeb. Vyplňování průzkumů mohou provádět osoby s přístupem firemního uživatele k online platformě SimaPro.

## SIMAPRO SHARE

SimaPro Share je webový nástroj pro odborníky na posuzování životního cyklu, který umožňuje vytvářet scénáře produktů a sdílet je se zainteresovanými stranami. Odborníci, kteří nejsou členy LCA, si pak mohou tyto scénáře „co kdyby“ prohlédnout a porovnat a ve vlastních podmínkách vyzkoušet dopad svých rozhodnutí s dostupnými a hmatatelnými výsledky. SimaPro Share podporuje rozhodování založené na faktech a udržitelný vývoj výrobků tím, že umožňuje snadné sdílení výsledků LCA.

SimaPro Share je součástí licenčních balíčků SimaPro Power user, Expert user a PhD a je k dispozici po dobu trvání servisní smlouvy. Podnikové subjekty, které budou scénáře prohlížet, upravovat a porovnávat, musí mít licenci podnikového uživatele.

---

<sup>82</sup> Hoekstra, Arjen & Mekonnen, Mesfin & Chapagain, Ashok & Mathews, Ruth & Richter, Brian. (2012). Globální měsíční nedostatek vody: Modrá vodní stopa versus dostupnost modré vody. *PloS one*. 7. e32688. 10.1371/journal.pone.0032688.

<sup>83</sup> Motoshita, Masaharu & Itsubo, Norihiro & Inaba, Atsushi. (2011). Vývoj faktorů dopadu na poškození zdraví infekčními chorobami způsobenými nedostatkem vody v domácnostech. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 16. 65-73. 10.1007/s11367-010-0236-8.

<sup>84</sup>Pré Sustainability, dostupné na <https://simapro.com/databases>, naposledy navštíveno v únoru 2022.

## GABI

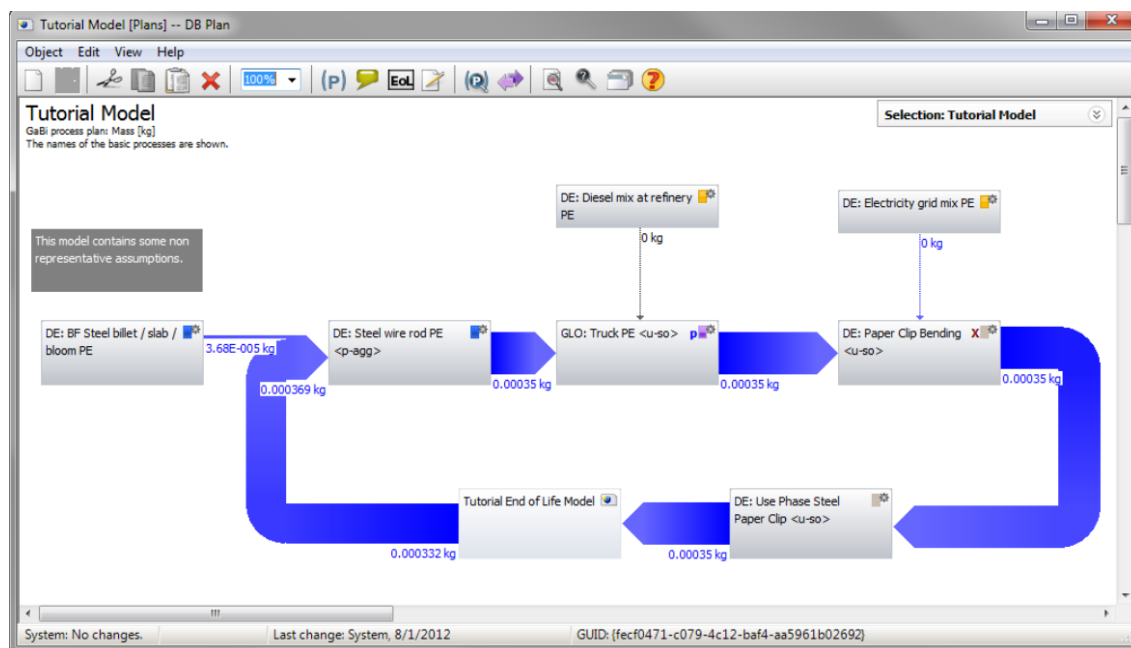
GaBi [<sup>85</sup>] Solutions má více než 25letou historii v poskytování nástrojů a konzultací v oblasti LCA. GaBi nabízí komerční a vzdělávací licence. Softwarová sada GaBi nabízí několik softwarových nástrojů:

- GaBi ts - je řešení pro udržitelnost, které nabízí plány stavebních výrobků pro celý životní cyklus a výpočet výsledků, které představují dopady na životní prostředí podle vybraných datových souborů LCI a příslušných metod LCIA. GaBi ts také nabízí porovnávání scénářů návrhu a provádění analýz typu „co kdyby“, aby bylo možné určit nejudržitelnější a nákladově nejefektivnější návrh.
- GaBi Envision - je intuitivní webová aplikace, která umožňuje uživateli porovnávat různé scénáře návrhu výrobku vytvořeného v softwaru GaBi Products Sustainability Software jednoduchou změnou parametrů modelu.
- GaBi Server - podporuje spolupráci mezi odborníky na LCA tím, že poskytuje centrální správu databáze, pracovní postupy pro zajištění kvality a správu uživatelských práv. Uživatelé pracují se stejnou databází, a proto mohou pracovat paralelně na stejném modelu.
- GaBi DfX - je software pro zajištění shody a udržitelného vývoje produktů s ohledem na fázi konce životnosti. GaBi DfX nabízí analýzu komplexních produktů, například z automobilového, leteckého a elektronického průmyslu. Software má následující funkce: seznamu materiálu (BOM) jako základní podklad pro analýzu, diagramy toků pro vizualizaci pořadí jednotlivých fází, zprávu o jednotlivých fázích, analýzu recyklačních nákladů pro scénář konce životnosti a recyklační model pro modelování scénářů demontáže a recyklace.

Softwarová sada GaBi využívá několik dříve zmíněných databází LCI, jako jsou databáze GaBi, Ecoinvent nebo Environmental Footprints. GaBi také nabízí přístup „Data na vyžádání“, kdy GaBi sestaví vlastní databázi s požadovanými soubory dat.

---

<sup>85</sup>Sphera Solutions GmbH, dostupné na <https://gabi.sphera.com/international/index/>, naposledy navštíveno v únoru 2022.



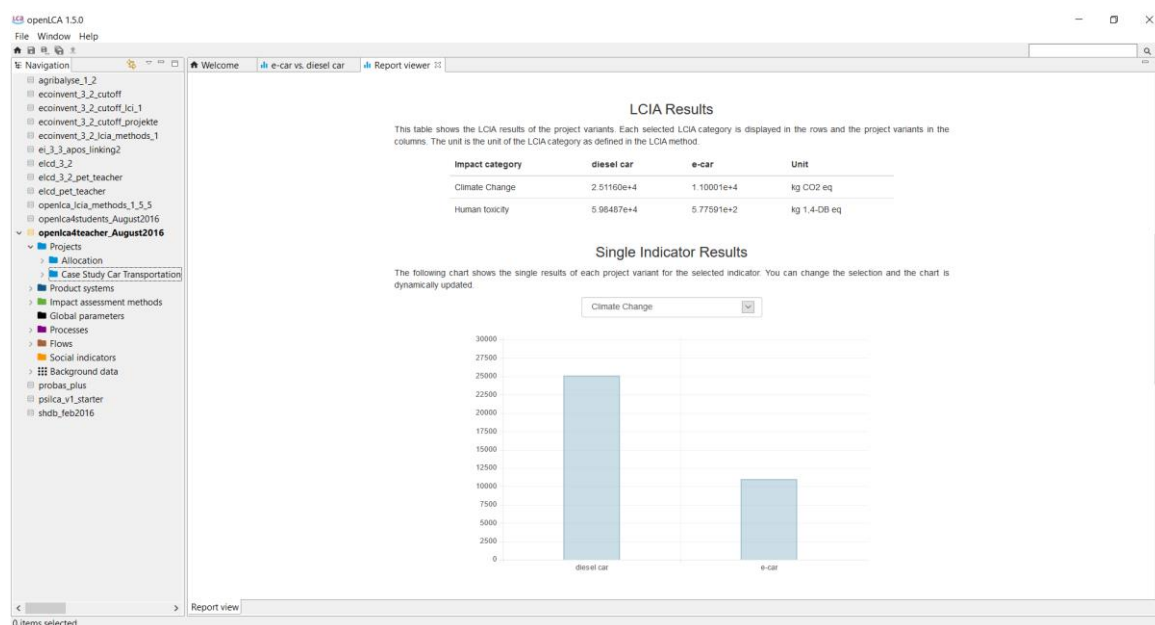
Obrázek 64: Příklad uživatelského rozhraní GaBi

## OPENLCA

OpenLCA je bezplatný software s otevřeným zdrojovým kódem pro hodnocení udržitelnosti a životního cyklu, který nabízí několik funkcí, jako jsou:

- Modelování studií LCA v souladu s mezinárodními normami, jako jsou ISO 14040 a ISO 14044: 2006/AMD 2:2020.
- Systém kvality dat definovaný uživatelem nebo existující systém lze použít k vizualizaci kvality dat ve výsledcích inventarizace, výsledcích LCIA, analýze dopadů a Sankeyho diagramu. Kromě toho lze z matic kvality dat vypočítat také nejisté hodnoty.
- Automatické a grafické vytváření produktových systémů.
- Simulace nejistoty pomocí simulace Monte Carlo - při simulaci se zohlední všechna rozdělení nejistoty, která jsou definována v tocích, parametrech a charakterizačních faktorech.
- Strom příspěvků poskytuje celkové výsledky LCI nebo LCIA pro jednotlivé úrovně v systému výrobků, které rozdělují výsledky na celkové příspěvky předcházejících procesů v rámci každého dodavatelského řetězce.
- Parametry lze použít k definování hodnot v openLCA. Parametry mohou být konkrétní hodnoty, hodnoty vzorců nebo složitá pravidla výpočtu.

- Pro zkušené uživatele jsou k dispozici vývojářské nástroje pro spouštění programů v jazycích Python a JavaScript a dotazů SQL.
- Umožňuje vypočítat ekologickou stopu výrobku.
- Regionalizované posouzení dopadů - v novější verzi openLCA je možné pracovat s daty GIS, což uživateli umožňuje zahrnout tento typ dat do procesních lokalit, stejně jako definovat v metodě faktory dopadů specifické pro danou lokalitu (pomocí parametrizace), a tím umožnit regionalizované posouzení dopadů.
- Kalkulace nákladů životního cyklu je založena na průtokovém přístupu k výpočtu nákladů životního cyklu a přidané hodnoty, přičemž přidaná hodnota je považována za „záporné náklady“.



Obrázek 65: Příklad uživatelského rozhraní openLCA - zpráva [79]

Existuje mnoho bezplatných i komerčních databází LCA, které poskytují různé instituce. Více informací a přístup k nim získáte prostřednictvím openLCA Nexus<sup>86</sup> - například Ecoinvent, Federal LCA Commons, Carbon Minds cm.chemicals a mnoho dalších.

Balíček metod OpenLCA obsahuje více než 40 metod, jako jsou AWARE (na základě toků), BEES+, CML, Crustal Scarcity Indicator, Cumulative Energy Demand, ekoindikátor 99, Ecological Scarcity 2013, Ecosystem Damage Potential, Environmental

<sup>86</sup>OpenLCA Nexus, k dispozici na [adrese https://nexus.openlca.org/databases](https://nexus.openlca.org/databases), navštíveno v únoru 2022.

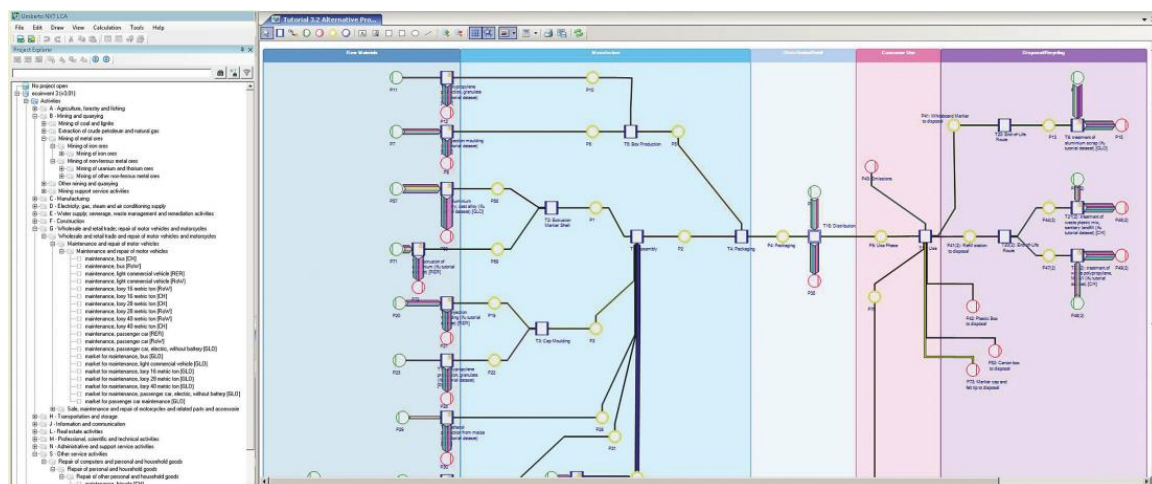
Footprint method v3.0, EN 15804 +A2, ILCD Midpoint +, IPCC 2021 AR6, ReCiPe, TRACI, USETox.

OpenLCA nabízí klienty pro více platforem - MS Windows, Mac a Linux. openLCA také nabízí LCA Collaboration Server. Je to serverová aplikace, která doplňuje openLCA (desktopovou aplikaci LCA). Uspadňuje výměnu a synchronizaci dat LCA (např. toků, procesů, výrobních systémů nebo celých modelů LCA) mezi uživateli, kteří pracují z různých počítačů, a umožňuje tak distribuované, společné modelování LCA. Collaboration Server zavádí do světa LCA koncepty zavedené v oboru vývoje softwaru, např. sledování změn na vyžádání, porovnávání databází a volitelné slučování dat. Je zatím jedinečný. Server pro spolupráci je k dispozici zdarma.

## UMBERTO

Umberto [87] vyvinutý společností ifu Hamburg (nyní iPoint) je softwarový balík LCA s více než 25letou historií. Umberto nabízí několik softwarových nástrojů LCA.

Umberto LCA+ je desktopový software pro analýzu LCA, který nabízí přehledné znázornění procesních řetězců pomocí jasných grafických prvků a hierarchické modelování pomocí podsítí. Umberto LCA+ nabízí integraci několika databází LCA - Ecoinvent, cm.chemical a dalších.



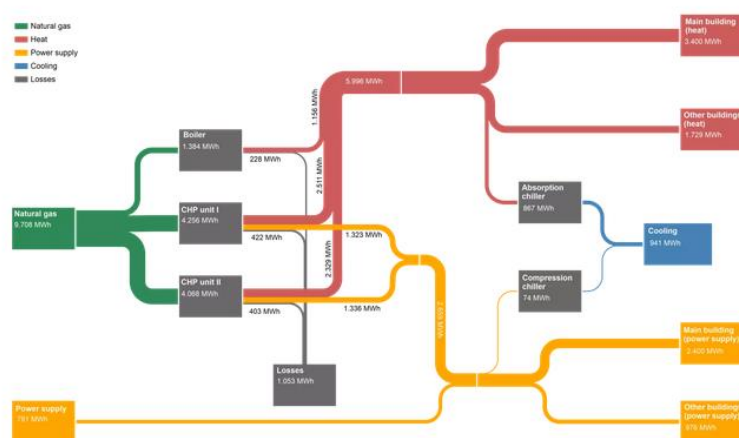
Obrázek 66: Příklad uživatelského rozhraní Umberto [80]

Umberto Efficiency+ je softwarový nástroj zaměřený na efektivní využívání zdrojů a optimalizaci procesů. Pomocí aplikace Efficiency+ můžete digitálně mapovat všechny

<sup>87</sup>iPoint, k dispozici na [adrese https://www.ifu.com/umberto](https://www.ifu.com/umberto), naposledy navštíveno v únoru 2022.

toky energie a materiálu. Sankeyho diagramy slouží k vizualizaci materiálových toků ve výrobních procesech.

e!Sankey je nástroj pro vizualizaci dat, který pomáhá v mnoha různých oblastech, jako jsou energetické audity a energetický management, energetické toky (energetická bilance, energetická účinnost), materiálové toky, přenos tepla a tepelné ztráty technických procesů, chemické inženýrství, odpadní vody a likvidace odpadů, logistika, přeprava zboží, dodavatelský řetězec, vizualizace nákladových a hodnotových toků.



Obrázek 67: Příklad výstupu Umberto e!Sankey [80]



## 5.4 ODKAZY NA KAPITOLY



### Shrnutí

Na konci této kapitoly budou studenti rozumět následujícím pojmům:

- Co je databáze LCA
- Co je nástroj LCA
- V jakém prostředí použít kterou databázi LCA
- Základní znalosti o používání nástrojů LCA



### Otázky

- Co je databáze LCA?
- Proč používat databázi LCA?
- Jaké různé databáze LCA jsou k dispozici?
- Co je nástroj LCA?
- Jak může nástroj LCA pomoci při analýze LCA?

## Zkratky

ABS - akrylonitrilbutadienstyren

AWARE - zbývající dostupná voda

BEES - Building for Environmental and Economic Sustainability (Sdružení pro budování environmentální a ekonomické udržitelnosti)

BOM – seznam materiálu

BR - Brazílie

BTX - benzen, tylen, xylen

CA - Kanada

CF - uhlíková vlákna

CFRP - plasty vyztužené uhlíkovými vlákny

CN - Čína

DE -Německo

EF - emisní faktor

EPA - Agentura pro ochranu životního prostředí

ES - Španělsko

FR - Francie

FR4 - zpomalovač hoření

GB - Velká Británie

HU - Maďarsko

IC - integrované obvody

ILC - nekonečný Life Cycle

IPCC - Mezivládní panel pro změnu klimatu

JP - Japonsko

KR - Korejská republika

LCA - hodnocení životního cyklu

LCI - inventarizace životního cyklu

LED - dioda vyzařující světlo

MSA - kyselina metansulfonová

NAL Národní zemědělská laboratoř

NIST - Národní institut pro standardy a technologie

NREL - Národní laboratoř pro obnovitelnou energii

OEFSR - odvětvová pravidla pro ekologickou stopu

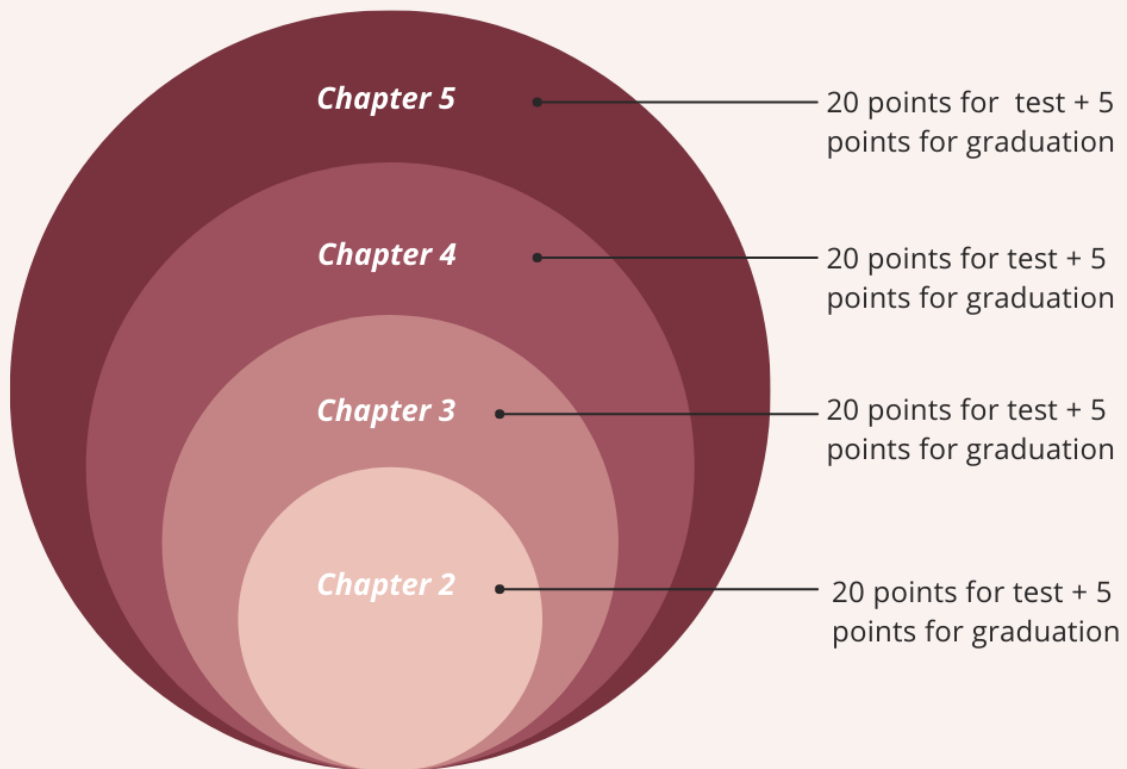
ReCIPe - recept  
PA - polyamid  
PEFCR - pravidla kategorie ekologické stopy produktu  
PEEK - polyether ether keton  
PET - polyethylentereftalát  
PMMA - polymethylmetakrylát  
PTFE - polytetrafluorethylen  
PS - polystyren  
PP - polypropylen  
PPS - polyfenylsulfid  
PVAL - polyvinylalkohol  
PVC - polyvinylchlorid  
PWB - desky s plošnými spoji  
SMA - anhydrid styrenu a maleinu  
SMD - zařízení pro povrchovou montáž  
TRACI - nástroj pro snižování a posuzování chemických látek a dalších dopadů na životní prostředí  
TW - Tchaj-wan  
US - Spojené státy americké  
USDA - Ministerstvo zemědělství Spojených států amerických  
WAVE - Water Accounting and Vulnerability Evaluation (vyhodnocování množství vody a zranitelnosti dalšího vývoje)



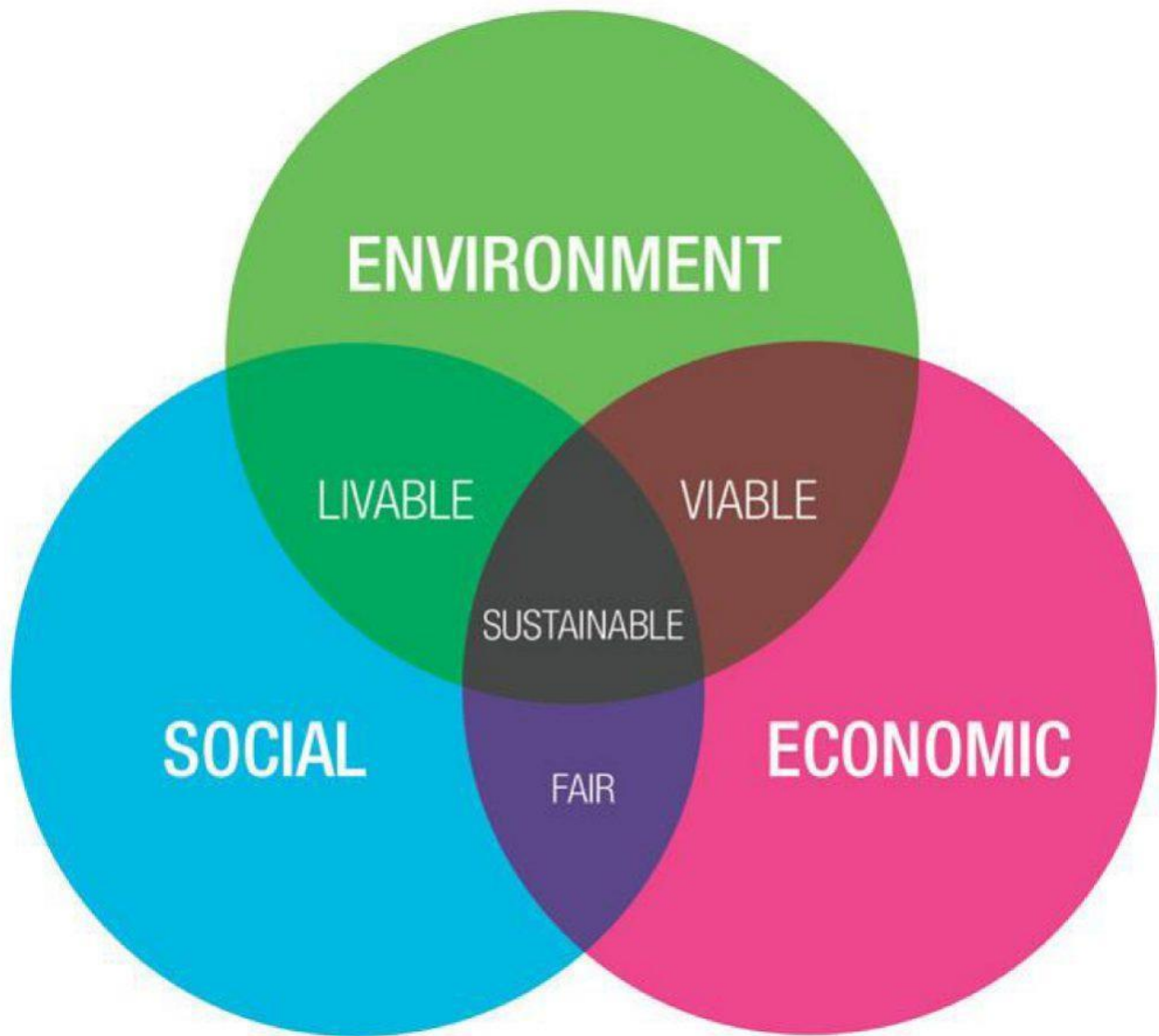
Financováno Evropskou unií. Názory vyjádřené jsou názory autora a neodráží nutně oficiální stanovisko Evropské unie či Evroské výkonné agentury pro vzdělávání a kulturu (EACEA). Evropská unie ani EACEA za vyjádřené názory nenesou odpovědnost.

aLIFEca	aLIFEca
Co-funded by the European Union	Spolufinancováno Evropskou unií
The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.	Podpora Evropské komise pro přípravu této publikace neznamená souhlas s obsahem, který odráží pouze názory autorů, a Komise nenesou odpovědnost za jakékoli použití informací v ní obsažených.

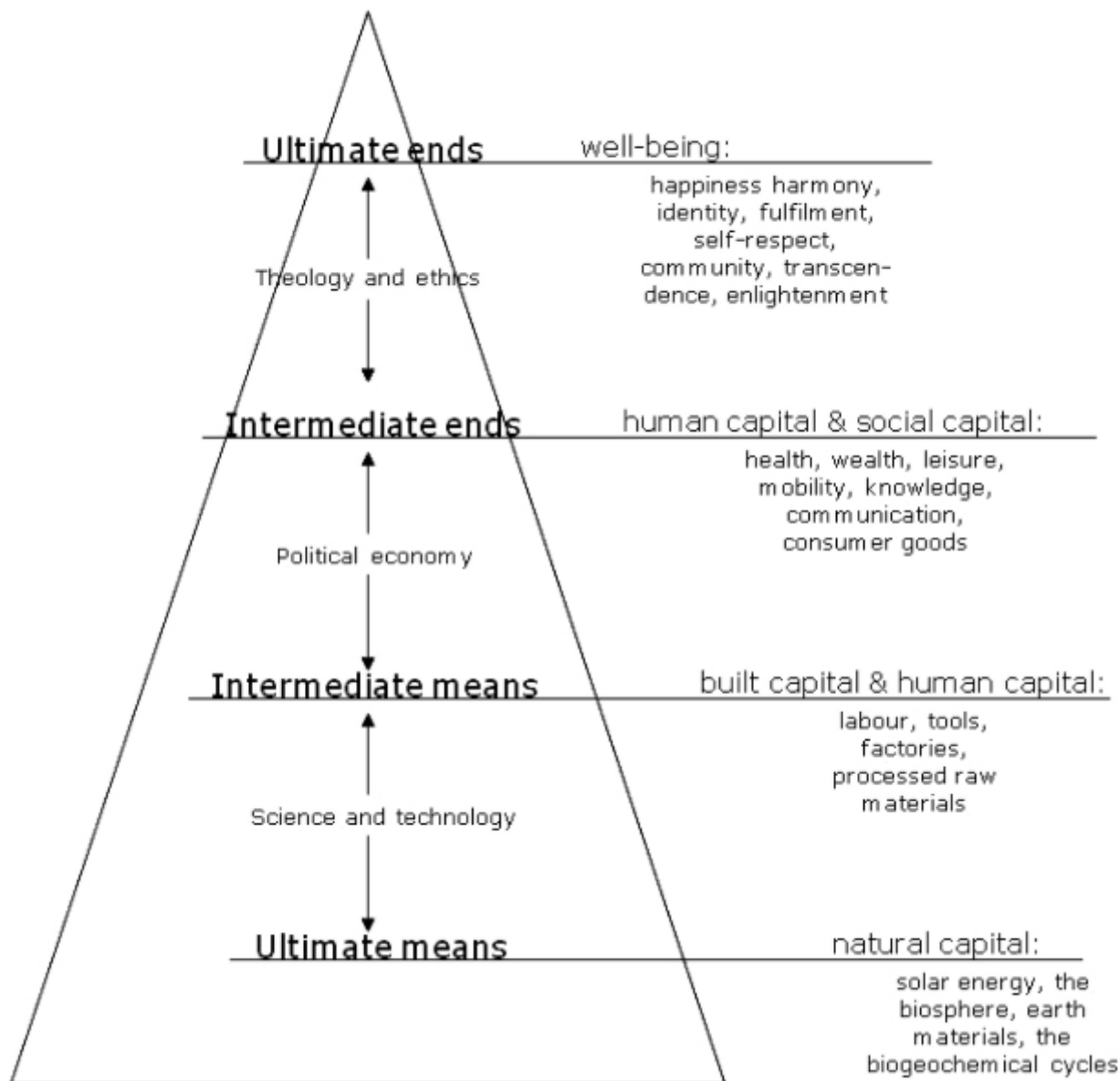
## ASSESSMENT MODEL MOOC aLIFeCa



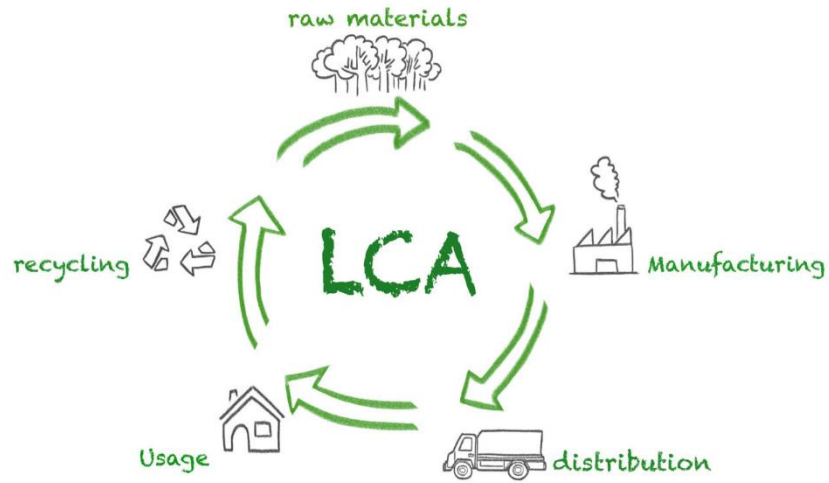
ASSESSMENT MODEL	MODEL HODNOCENÍ
MOOC aLIFeCa	MOOC aLIFeCa
Chapter 2	Kapitola 2
20 points for test + 5 points for graduation	20 bodů za test + 5 bodů za absolvování
Chapter 3	Kapitola 3
20 points for test + 5 points for graduation	20 bodů za test + 5 bodů za absolvování
Chapter 4	Kapitola 4
20 points for test + 5 points for graduation	20 bodů za test + 5 bodů za absolvování
Chapter 5	Kapitola 5
20 points for test + 5 points for graduation	20 bodů za test + 5 bodů za absolvování



ENVIRONMENT	ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ
LIVABLE	OBYVATELNÝ
VIABLE	ŽIVOTASCHOPNÝ
SUSTAINABLE	UDRŽITELNÝ
SOCIAL	SOCIÁLNÍ
FAIR	FÉROVÝ
ECONOMIC	EKONOMICKÝ

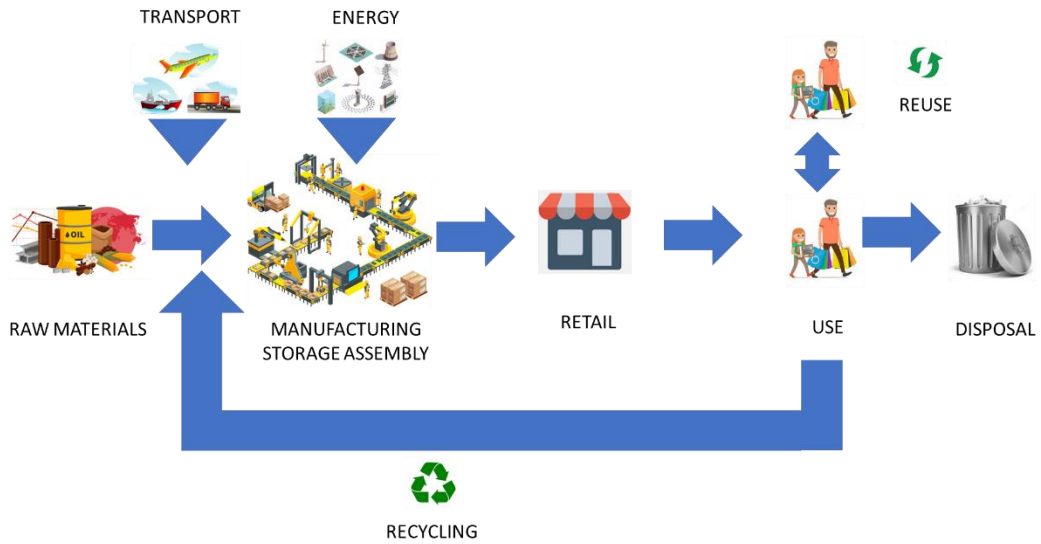


Ultimate ends	Konečné cíle
well-being:	pohoda
happiness harmony, identity, fulfillment, self-respect, community, transcendence, enlightenment	šťěstí, harmonie, identita, naplnění, sebeúcta, společenství, přesah, osvícení
Theology and ethics	Teologie a etika
Intermediate ends	Průběžné cíle
human capital & social capital	Lidský kapitál & sociální kapitál
health, wealth, leisure, mobility, knowledge, communication, consumer goods	Zdraví, bohatství, volný čas, mobilita, znalosti, komunikace, spotřební zboží
Political economy	Politická ekonomika
Intermediate means	Prostředky k dosažení cíle
built capital & human capital	Vybudovaný kapitál a lidský kapitál
labour, tools, factories, processed raw materials	Lidská práce, nástroje, továrny, zpracování nerostných surovin
Science and technology	Věda a technologie
Ultimate means	Konečné prostředky
natural capital:	přírodní kapitál/bohatství
solar energy, the biosphere, earth materials, the biogeochemical cycles	Sluneční energie, biosféra, nerostné bohatství, biosféra, biochemické cykly

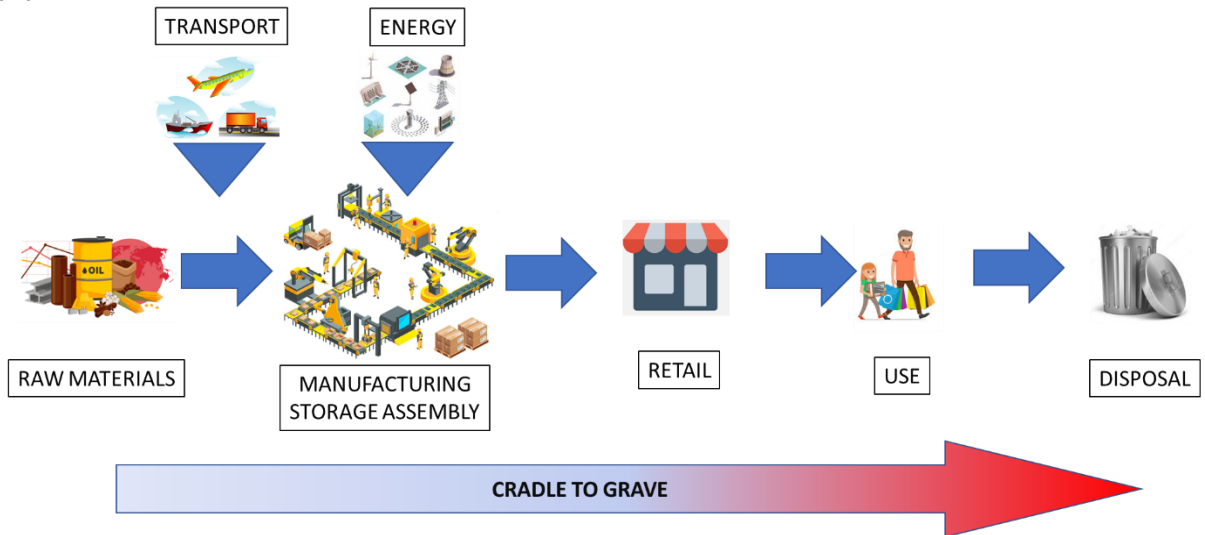


raw materials	suroviny
Manufacturing	výroba
distribution	distribuce
Usage	použití
recycling	recyklace
LCA	LCA

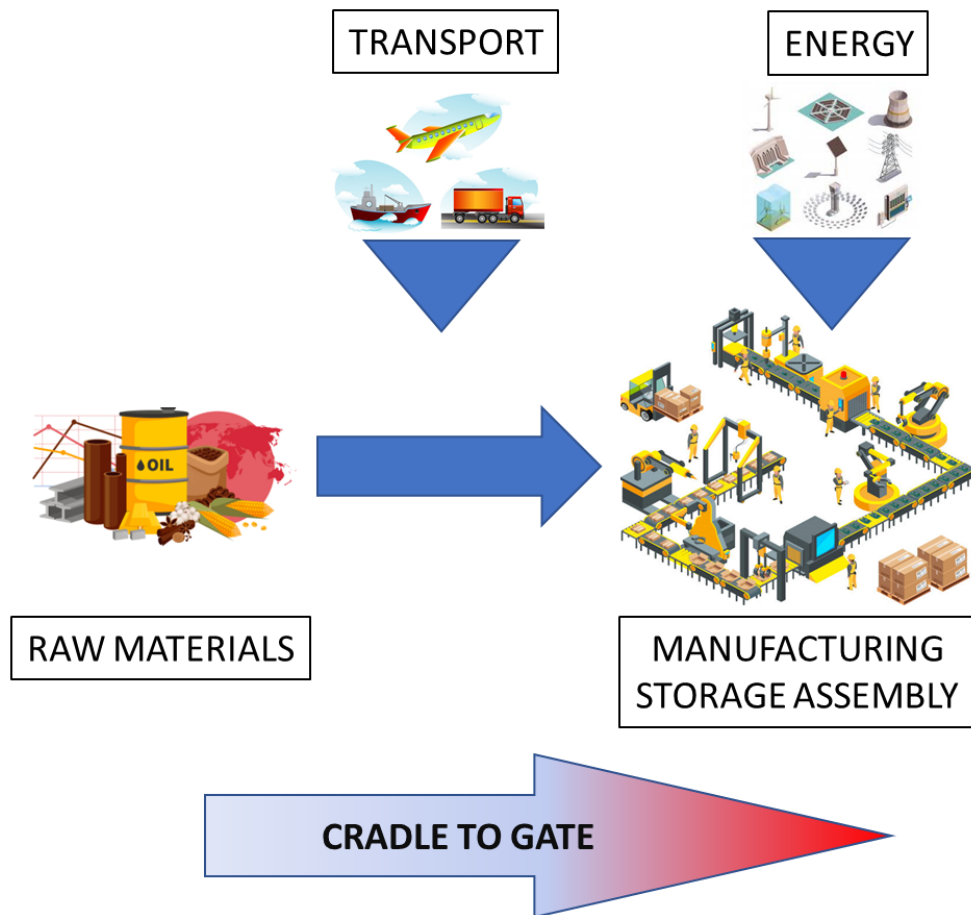




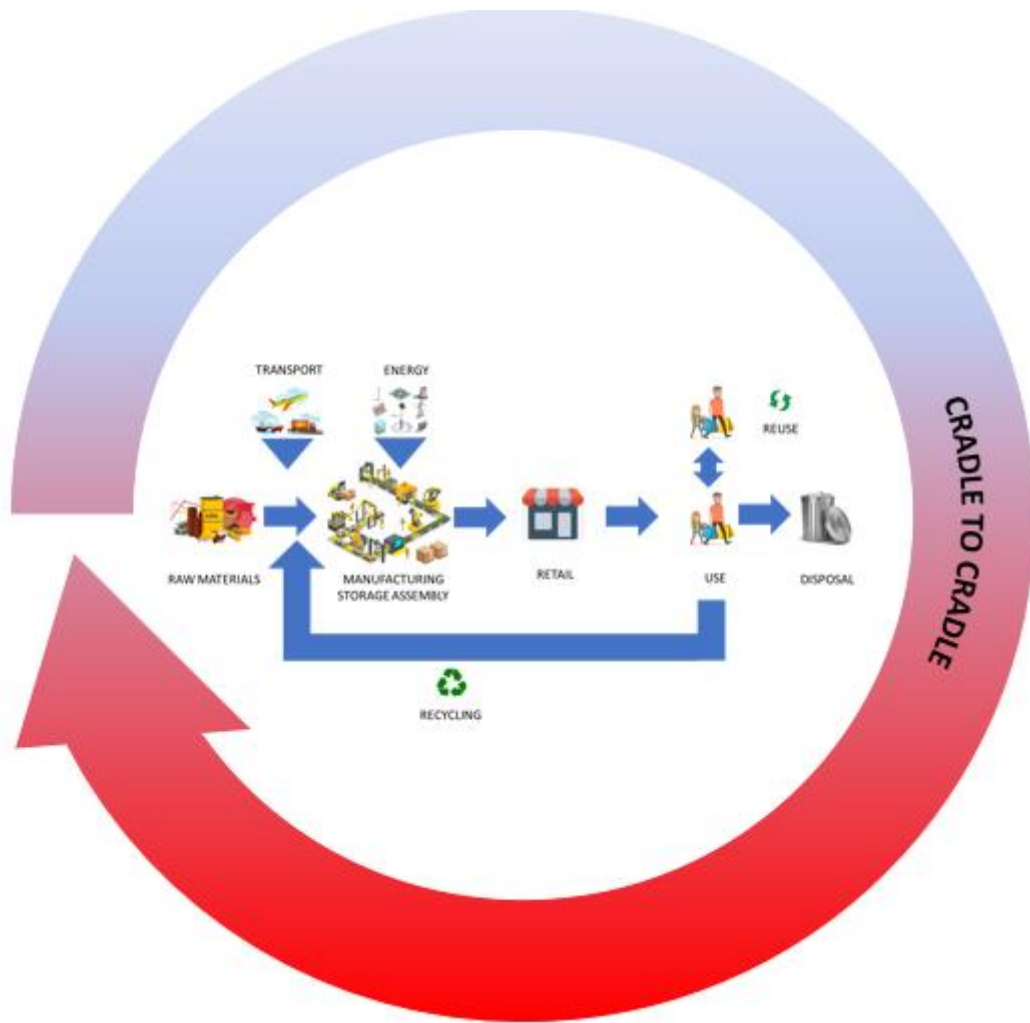
TRANSPORT	TRANSPORT
ENERGY	ENERGIE
REUSE	OPĚTOVNÉ POUŽITÍ
RAW MATERIALS	SUROVINY
MANUFACTURING STORAGE ASSEMBLY	PROCES VÝROBY A SKLADOVÁNÍ
RETAIL	MALOOBCHOD
USE	POUŽITÍ
DISPOSAL	LIKVIDACE
RECYCLING	RECYKLACE



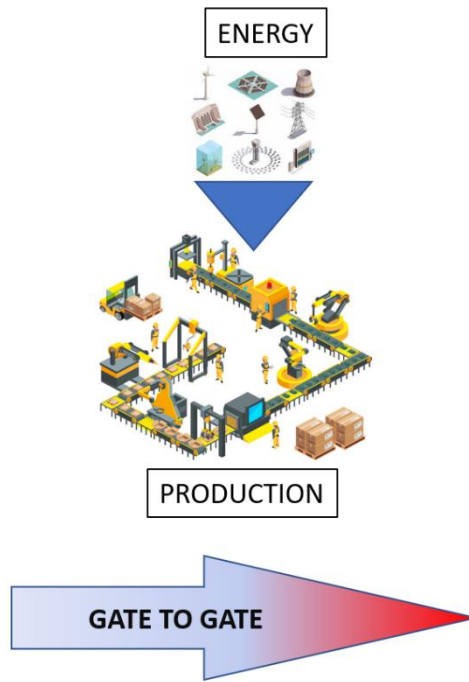
TRANSPORT	TRANSPOTt
ENERGY	ENERGIE
RAW MATERIALS	SUROVINY
MANUFACTURING STORAGE ASSEMBLY	PROCES VÝROBY A SKLADOVÁNÍ
RETAIL	MALOOBCHOD
USE	POUŽITÍ
DISPOSAL	LIKVIDACE
CRADDLE TO GRAVE	PŘÍSTUP "OD KOLÉBKY KE HROBU"



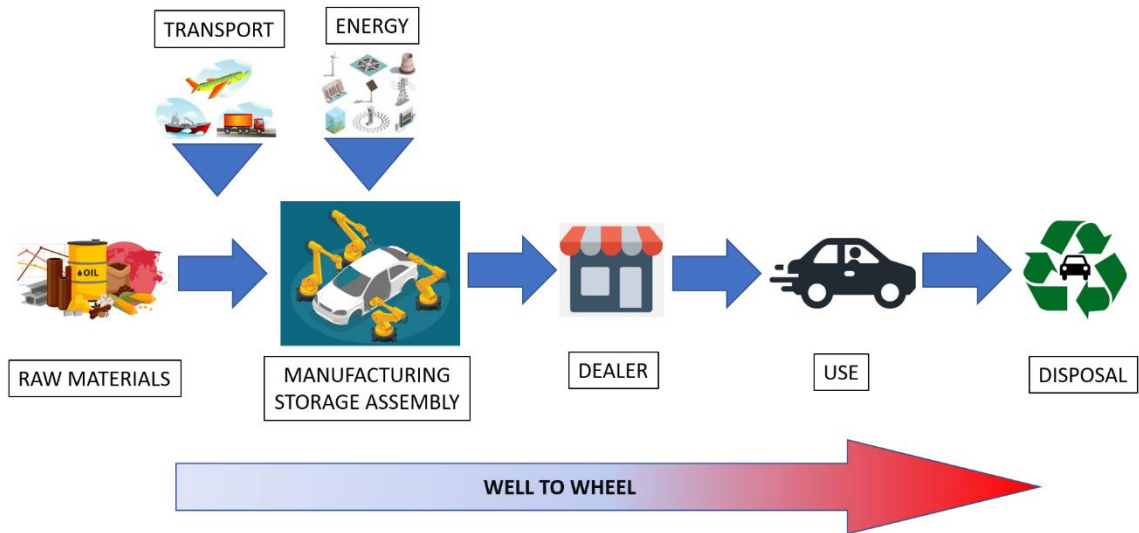
TRANSPORT	TRANSPORT
ENERGY	ENERGIE
RAW MATERIALS	SUROVINY
MANUFACTURING STORAGE ASSEMBLY	PROCES VÝROBY A SKLADOVÁNÍ
CRADLE TO GATE	PŘÍSTUP "OD KOLÉBKY K BRÁNĚ"



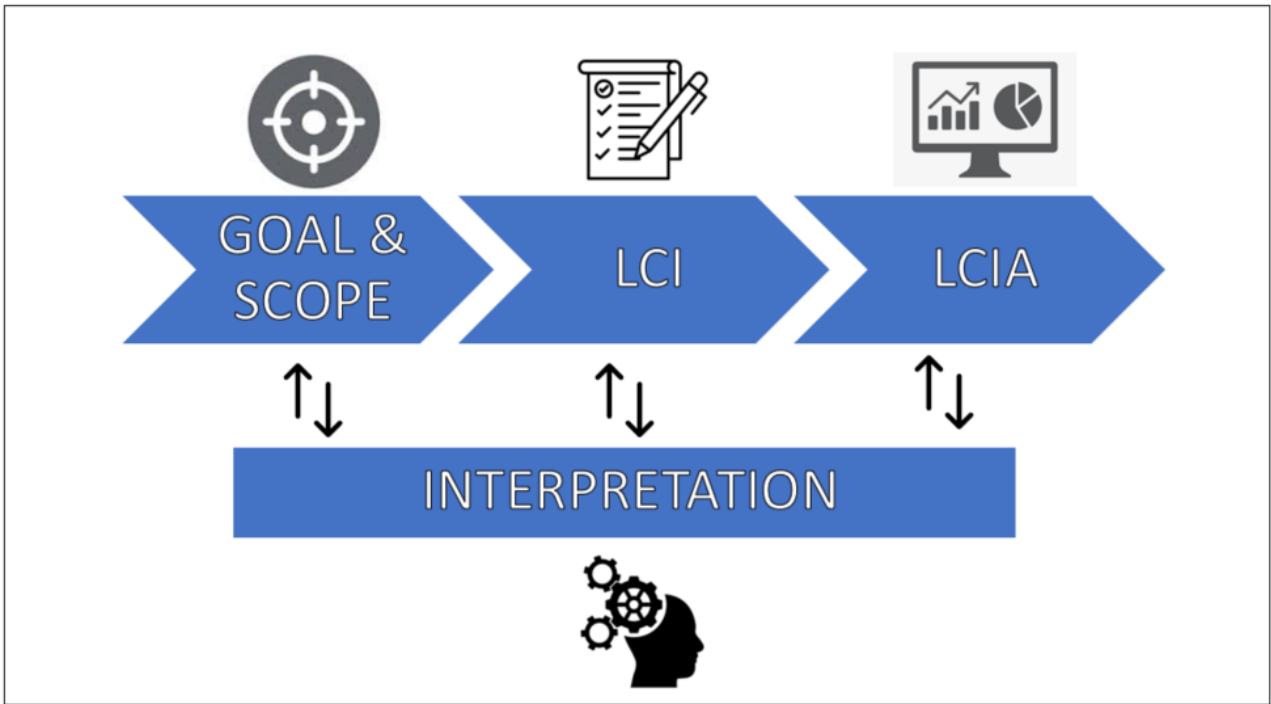
TRANSPORT	TRASPORT
ENERGY	ENERGIE
RAW MATERIALS	SUROVINY
MANUFACTURING STORAGE ASSEMBLY	PROCES VÝROBY A SKLADOVÁNÍ
RETAIL	MALOOBCHOD
USE	POUŽITÍ
DISPOSAL	LIKVIDACE
RECYCLING	RECYKLACE
CRADLE TO CRADLE	PŘÍSTUP "OD KOLÉBKY KE KOLÉBCE"



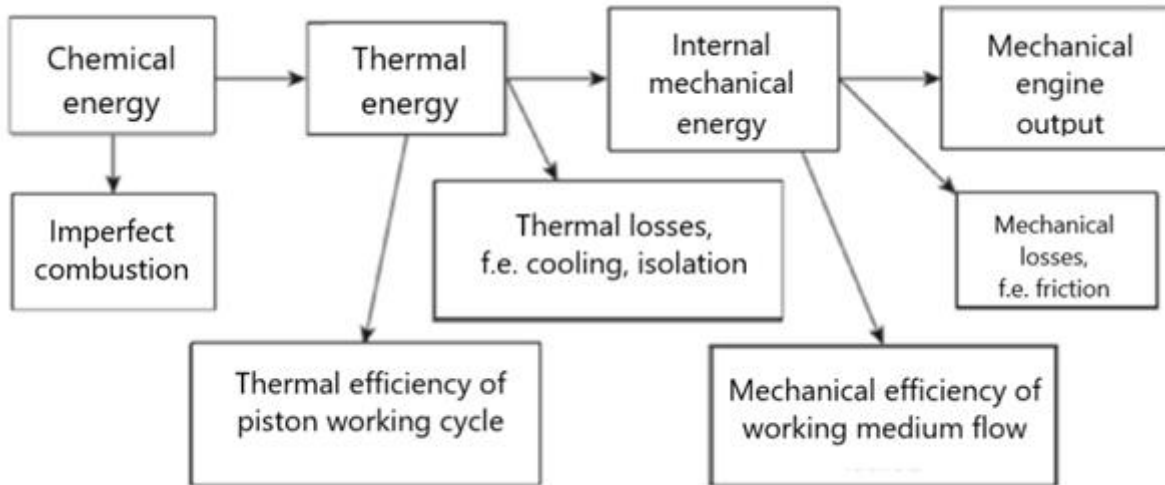
ENERGY	ENERGIE
PRODUCTION	VÝROBA
GATE TO GATE	PŘÍSTUP "OD BRÁNY K BRÁNĚ"



TRANSPORT	TRASPOT
ENERGY	ENERGIE
RAW MATERIALS	SUROVINY
MANUFACTURING STORAGE ASSEMBLY	PROCES VÝROBY A SKLADOVÁNÍ
DEALER	PRODEJCE
USE	POUŽITÍ
DISPOSAL	LIKVIDACE
WELL TO WHEEL	PŘÍSTUP "OD KOLA KE KOLU"

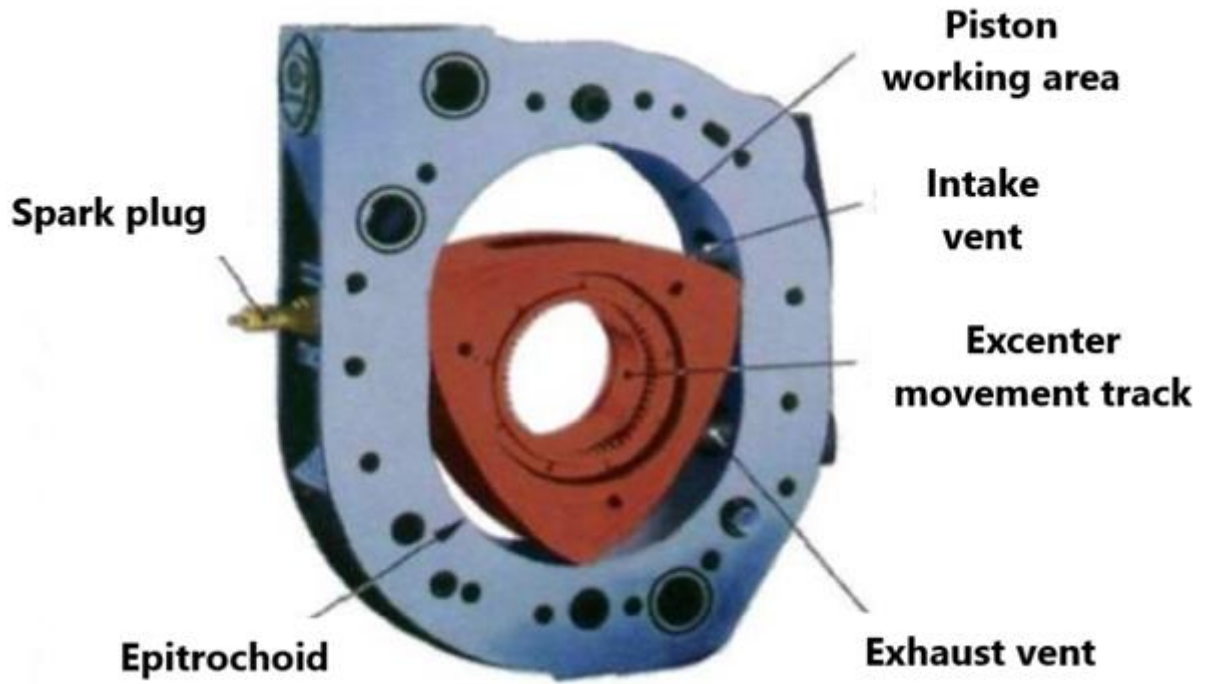


GOAL& SCOPE	CÍL & ROZSAH
LCI	LCI
LCIA	LCIA
INTERPRETATION	VÝKLAD

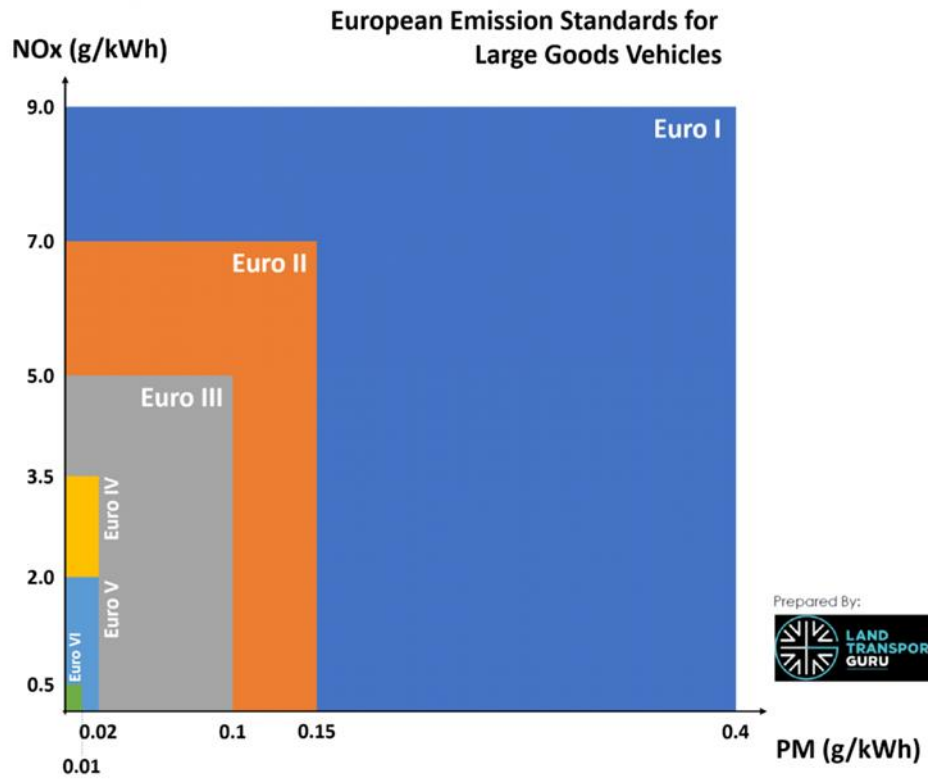


Chemical energy	Chemická energie
Thermal energy	Termální energie
Internal mechanical energy	Vnitřní mechanická energie
Mechanical engine output	Mechanický výkon motoru
Imperfect combustion	Nedokonalé spalování
Thermal losses, f.e. cooling, isolation	Tepelné ztráty, například chlazení, izolace
Mechanical losses, f.e. friction	Mechanické ztráty, například tření
Thermal efficiency of piston working cycle	Tepelná účinnost pracovního cyklu pístu
Mechanical efficiency of working medium flow	Mechanická účinnost proudění pracovního média

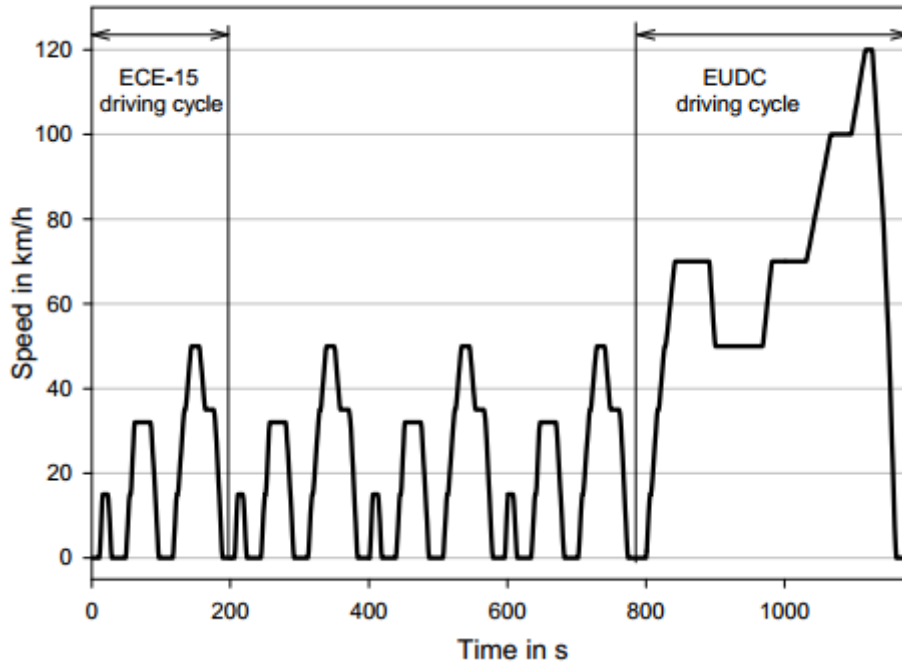




Spark plug	Zapalovací svíčka
Piston working area	Pracovní plocha pístu
Intake vent	Sací otvor
Excenter movement track	Hřídel excentrického motoru
Epitrochoid	Epitrochoidní komora
Exhaust vent	Výfukový otvor

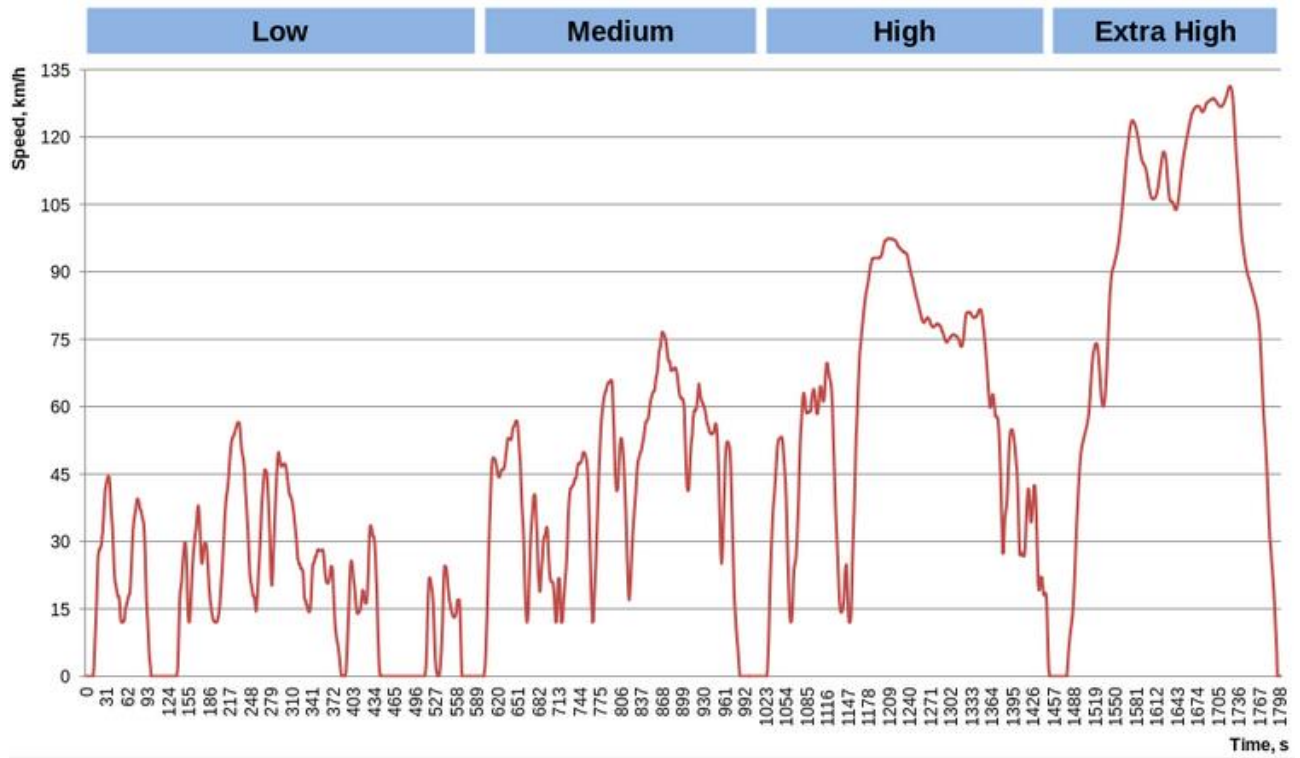


NOx (g/kWh)	NOx (g/kWh)
European Emission Standards for Large Goods Vehicles	Evropská norma pro nákladní vozidla
Euro 1	Euro 1
Euro 2	Euro 2
Euro 3	Euro 3
Euro 4	Euro 4
Euro 5	Euro 5
Euro 6	Euro 6

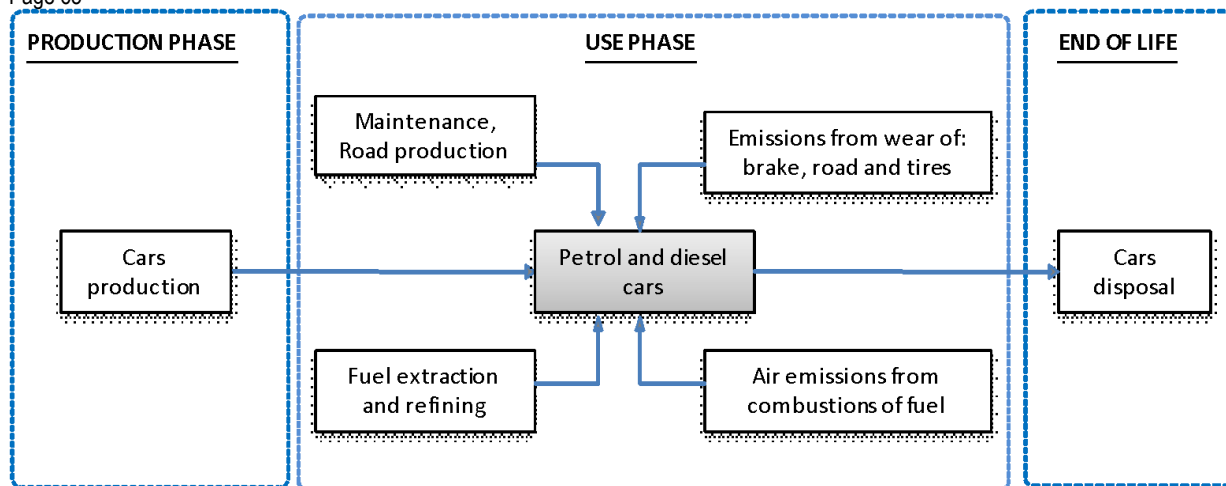


ECE-15 driving cycle	Jízdní cyklus ECE-15
EUDC driving cycle	Jízdní cyklus EUDC
Speed in km/h	Rychlost v km/h
Time in s	Čas v s

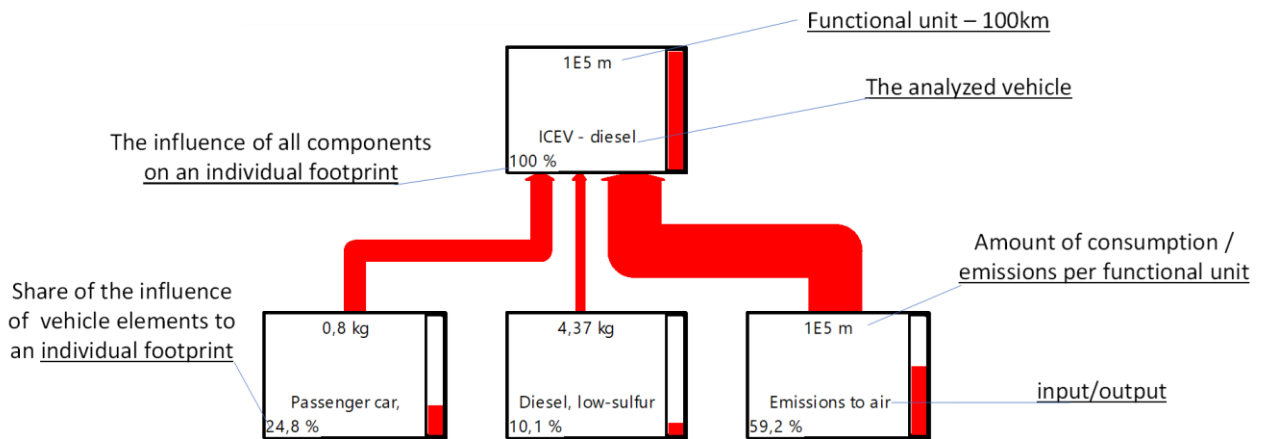
### WLTC Class 3



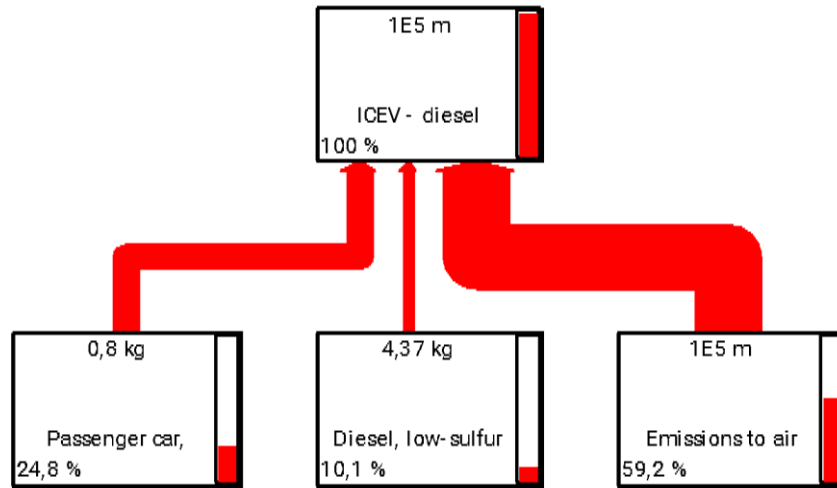
WLTC Class 3	WLTC Třída 3
Low	Nízký
Medium	Střední
High	Vysoký
Extra High	Extra vysoký
Speed, km/h	Rychlost, km/h
Time, s	Čas, s



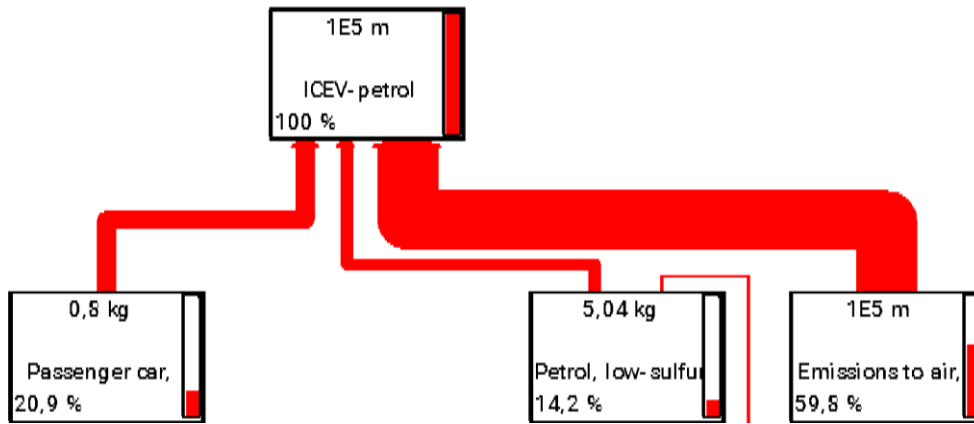
PRODUCTION PHASE	FÁZE VÝROBY
Cars production	Výroba automobilů
USE PHASE	FÁZE POUŽITÍ
Maintenance, Road production	Údržba, výroba silnic
Emisions from wear of: brake, road and tires	Emise z opotřebení: brzd, vozovky a pneumatik
Petrol and diesel cars	Benzinové a naftové automobily
Fuel extraction and refining	Těžba a rafinace paliva
Air emissions from combustions of fuel	Emise do ovzduší ze spalování paliv
END OF LIFE	KONEC ŽIVOTA
Cars disposal	Likvidace automobilů



The influence of all components on an individual footprint	Vliv všech komponentů na individuální stopu
1E5 m	1E5 m
ICEV - diesel	ICEV - nafta
100 %	100%
Functional unit-100km	Funkční jednotka: 100 km
The analyzed vehicle	Analyzovaný automobil
Share of the influence of vehicle elements to an individual footprint	Podíl prvků automobilu na jednotlivou stopu
0.8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobní vozidlo
24,8 %	24,8%
4,37 kg	4,37 kg
Diesel, low-sulfur	Nafta, nízkosirá
10,1 %	10,1%
1E5 m	1E5 m
Emissions to air	Emise do ovzduší
59,2 %	59,2%
Amount of consumption / emissions per functional unit	Množství spotřeby/emisí na funkční jednotku
input/output	Vstup/výstup

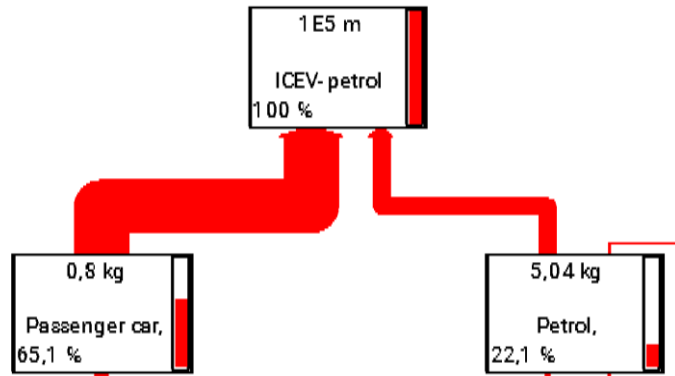


1E5 m	1E5 m
ICEV - diesel	ICEV – vozidlo se zážehovým motorem/ dieselové vozidlo
100 %	100%
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobní automobil
24,8 %	24,8%
4,37 kg	4,37 kg
Diesel, low-sulfur	Nafta, nízkosimná
10,1 %	10,1%
1E5 m	1E5 m
Emissions to air	Emise do ovzduší
59,2 %	59,2%

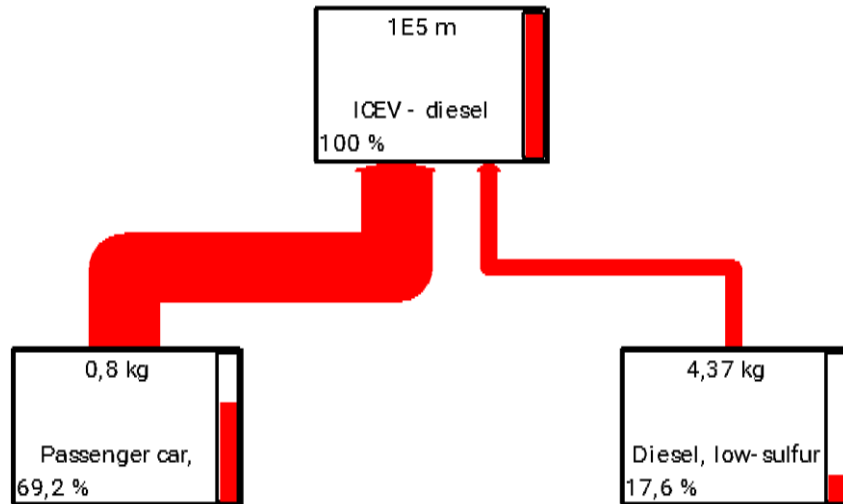


1E5 m	1E5 m
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobní automobil
20,9 %	20,9%
5,04 kg	5,04 kg
Petrol, low-sulfur	Benzín, nízkosirný
14,2 %	14,2%
1E5 m	1E5 m
Emissions to air,	Emise do ovzduší
59,8 %	59,8%

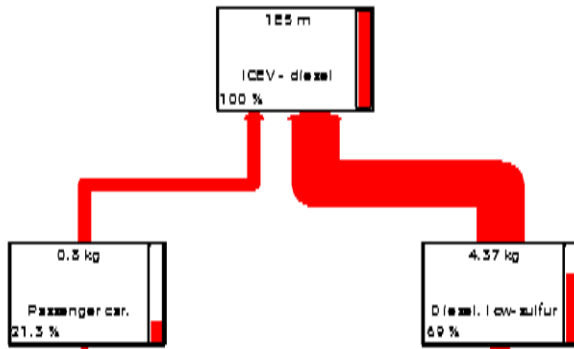




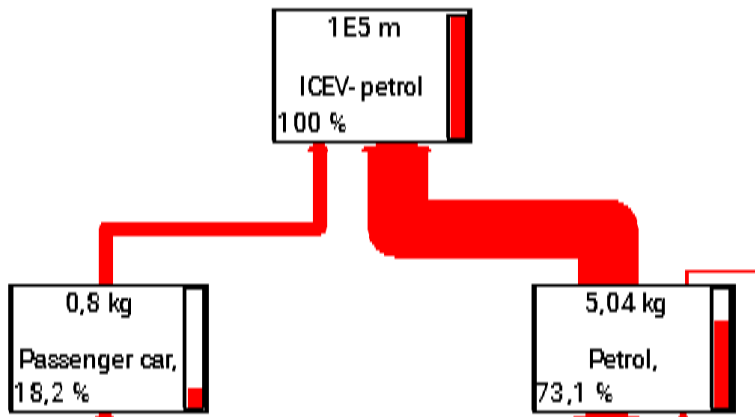
1E5 m	1E5 m
ICEV-petrol	Vozidlo se spalovacím motorem – benzínové vozidlo
100 %	100%
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobní automobil
65,1 %	65,1%
5,04 kg	5,04 kg
Petrol,	Benzín
22,1 %	22,1%



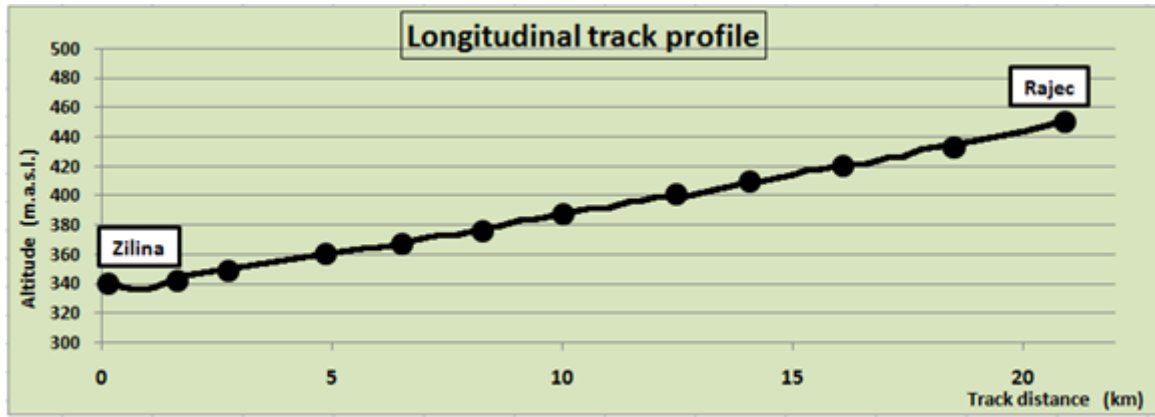
1E5 m	1E5 m
ICEV - diesel	ICEV – dieselové vozidlo
100 %	100%
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobní automobil
69,2 %	69,2%
4,37 kg	4,37 kg
Diesel, low-sulfur	Nafta, nízkosírná
17,6 %	17,6%



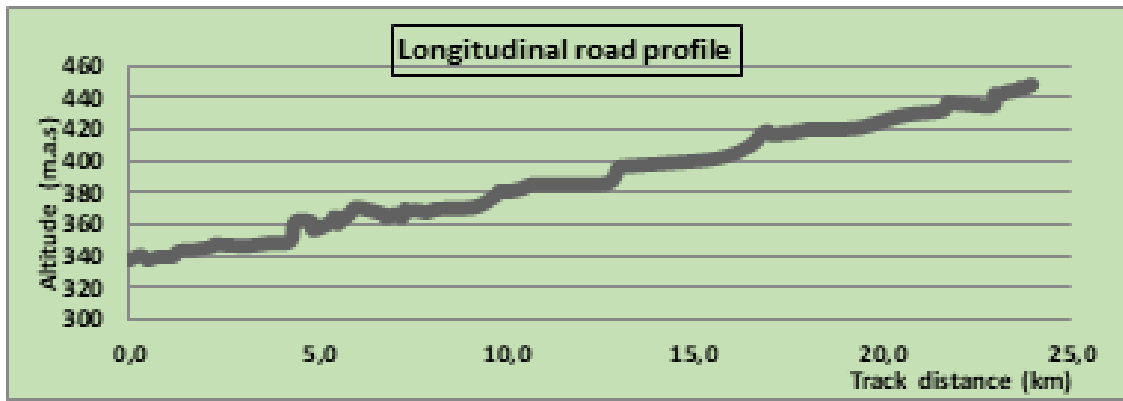
1E5 m	1E5 m
ICEV - diesel	ICEV – diesolové vozidlo
100 %	100%
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobní automobil
21,3 %	21,3%
4,37 kg	4,37 kg
Diesel, low-sulfur	Nafta, nízkosírná
69 %	69%



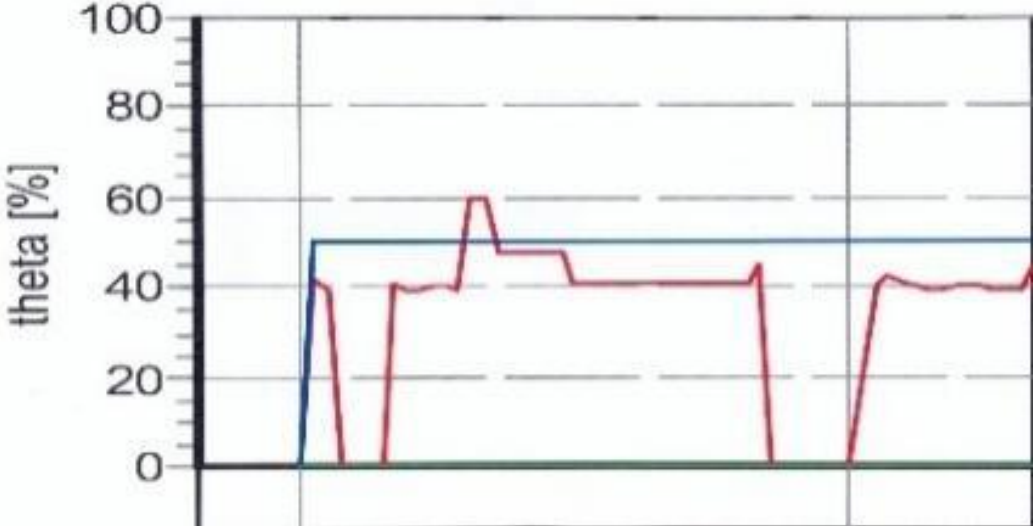
1E5 m	1E5 m
ICEV - petrol	ICEV benzínové vozidlo
100 %	100%
0,8 kg	0,8 kg
Passenger car,	Osobní automobil
18,2 %	18,2%
5,04 kg	5,04 kg
Petrol,	Benzín
73,1 %	73,1%



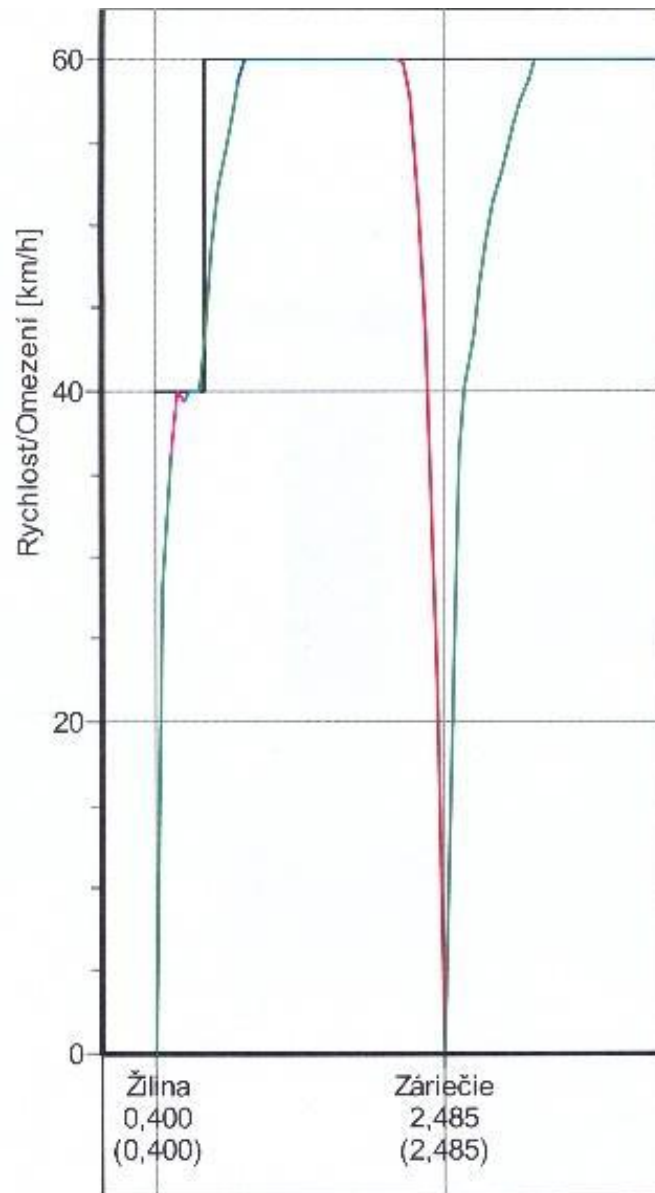
Longitudinal track profile	Podélný profil trati
Zilina	Žilina
Rajec	Rajec
Altitude (m.a.s.l.)	Nadmořská výška (m.n.m.)
Track distance (km)	Traťová vzdálenost (km)



Longitudinal road profile	Podélný profil silnice
Altitude (m.a.s.)	Nadmořská výška (m.n.m.)
Track distance (km)	Traťová vzdálenost (km)
0,0	0,0
5,0	5,0
10,0	10,0
15,0	15,0
20,0	20,0
25,0	25,0

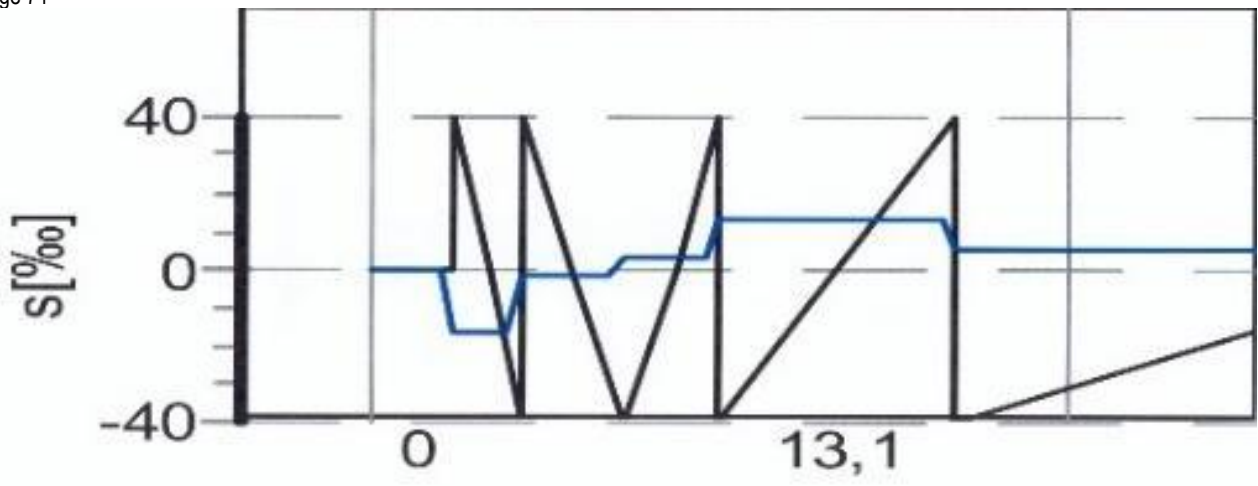


theta [%]	theta
-----------	-------

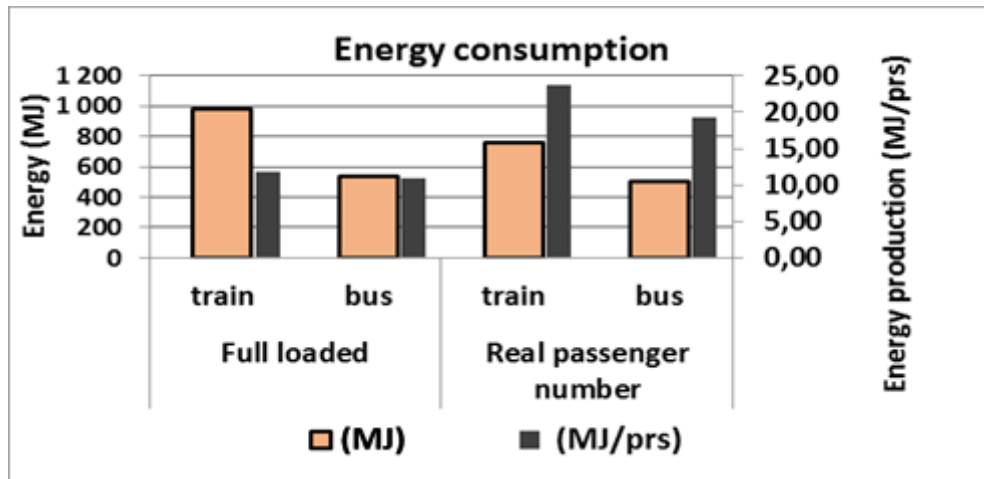


Speed/Limit[km/h]	Rychlost/Omezení [km/h]
Žilina	Žilina
0,400	0,400
(0,400)	(0,400)
Záriečie	Záriečie
2,485	2,485
(2,485)	(2,485)

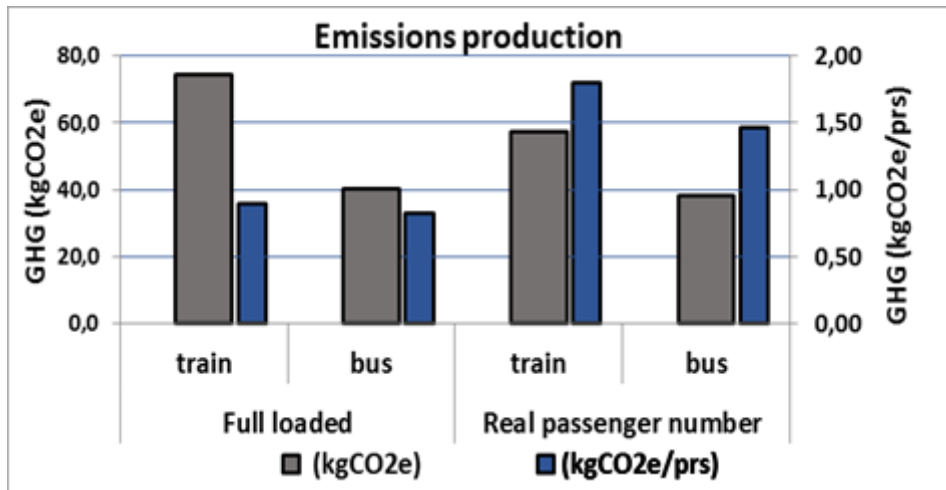




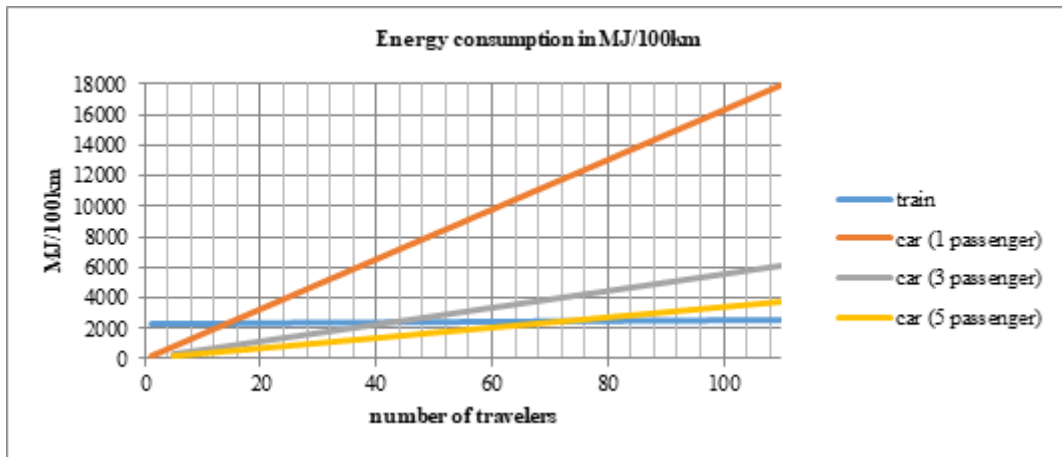
$s[‰]$	$s[‰]$
13,1	13,1



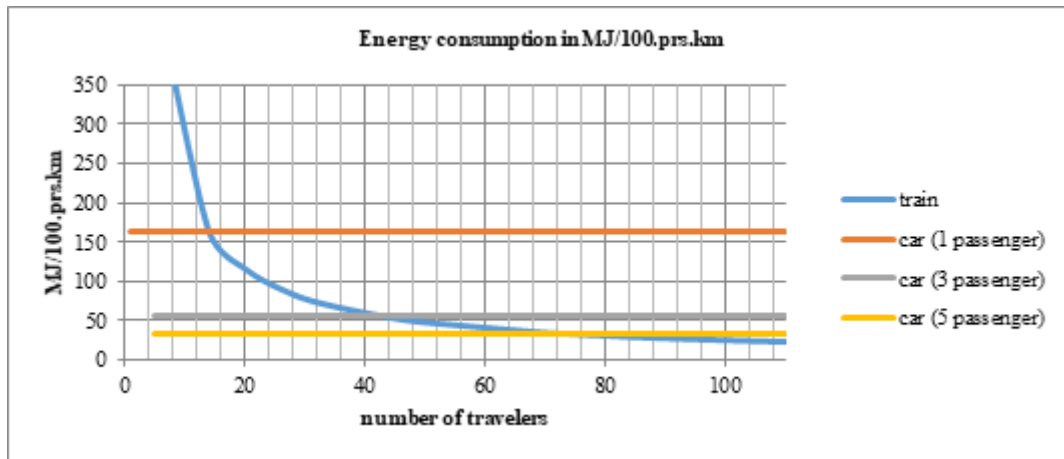
Energy consumption	Spotřeba energie
Energy (MJ)	Energie (MJ)
25,00	25,00
20,00	20,00
15,00	15,00
10,00	10,00
5,00	5,00
0,00	0,00
Energy production (MJ/prs)	Výroba energie (MJ/prs)
train	vlak
bus	autobus
Full loaded	Plně naložený
Real passenger number	Skutečný počet cestujících
(MJ)	(MJ)
(MJ/prs)	(MJ/prs)



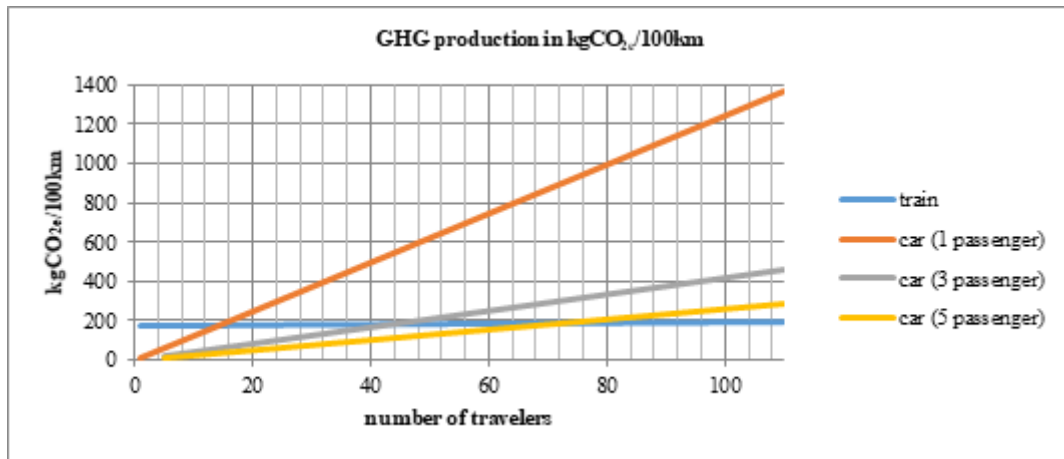
Emissions production	Produkce emisí
GHG(kgCO <sub>2</sub> e)	GHG (kgCO <sub>2</sub> e)
80,0	80,0
60,0	60,0
40,0	40,0
20,0	20,0
0,0	0,0
GHG (kgCO <sub>2</sub> e/prs)	GHG (kgCO <sub>2</sub> e/prs)
2,00	2,00
1,50	1,50
1,00	1,00
0,50	0,50
0,00	0,00
train	vlak
bus	autobus
Full loaded	Plně naložený
Real passenger number	Skutečný počet cestujících
(kgCO <sub>2</sub> e)	(kgCO <sub>2</sub> e)
(kgCO <sub>2</sub> e/prs)	(kgCO <sub>2</sub> e/prs)



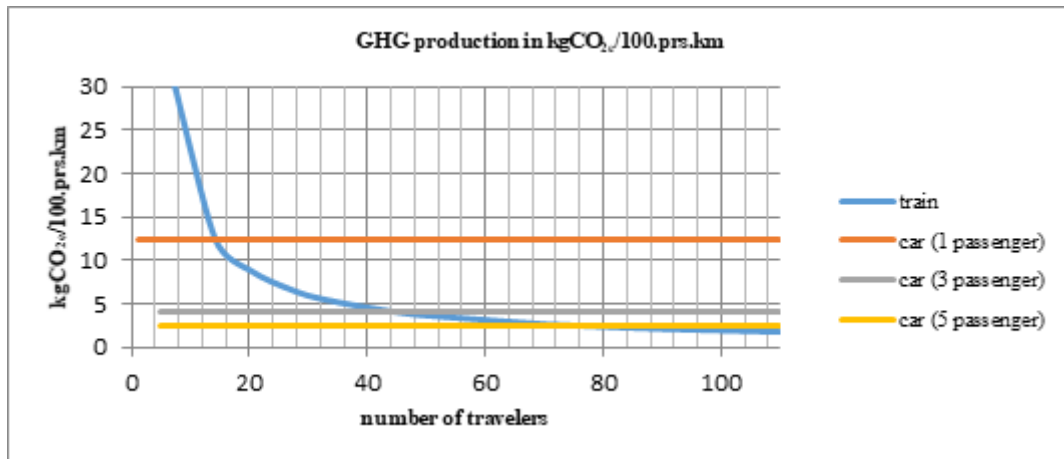
Energy consumption in MJ/100km	Spotřeba energie v MJ/100 km
MJ/100km	MJ/100km
number of travelers	Počet cestujících
train	vlak
car (1 passenger)	auto (1 cestující)
car (3 passenger)	auto (3 cestující)
car (5 passenger)	auto (5 cestujících)



Energy consumption in MJ/100.prs.km	Spotřeba energie v MJ/100.prs.km
MJ/100.prs.km	MJ/100.prs.km
number of travelers	Počet cestujících
train	vlak
car (1 passenger)	auto (1 cestující)
car (3 passenger)	auto (3 cestující)
car (5 passenger)	auto (5 cestujících)

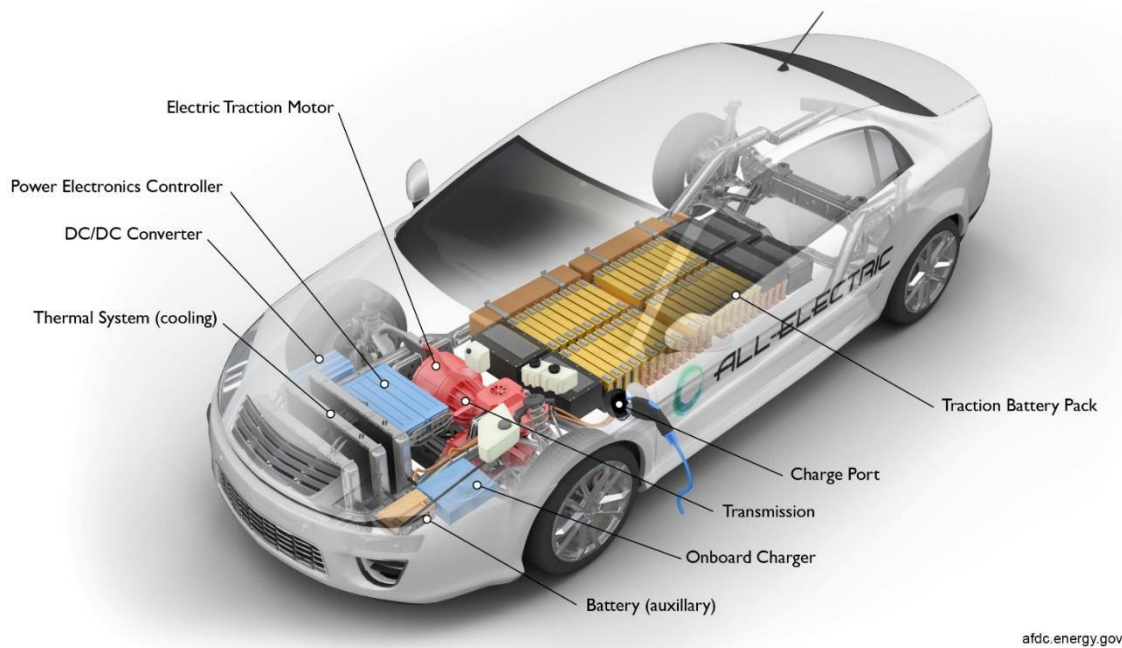


GHG production in kgCO <sub>2</sub> /100km	Produkce skleníkových plynů v kgCO <sub>2</sub> /100 km
kgCO <sub>2</sub> /100km	kgCO <sub>2</sub> /100 km
number of travelers	Počet cestujících
train	vlak
car (1 passenger)	auto (1 cestující)
car (3 passenger)	auto (3 cestující)
car (5 passenger)	auto (5 cestujících)



GHG production in kgCO <sub>2</sub> /100.prs.km	Produkce skleníkových plynů v kgCO <sub>2</sub> /100.prs.km
kgCO <sub>2</sub> /100.prs.km	kgCO <sub>2</sub> /100.prs.km
number of travelers	Počet cestujících
train	vlak
car (1 passenger)	auto (1 cestující)
car (3 passenger)	auto (3 cestující)
car (5 passenger)	auto (5 cestujících)

All-Electric Vehicle



afdc.energy.gov

All-Electric Vehicle	Plně elektrické vozidlo
Electric Traction Motor	Elektrický trakční motor
Power Electronics Controller	Ovladač výkonové elektroniky
DC/DC Converter	DC/DC konvertor
Thermal System (cooling)	Tepelný systém (chlazení)
Traction Battery Pack	Sada trakčních baterií
Charge Port	Nabíjecí port
Transmission	Přenos
Onboard Charge	Palubní nabíjení
Battery (auxiliary)	Baterie (pomocná)
afdc.energy.gov	afdc.energy.gov



$$CF_{EV} = (CF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV}$$

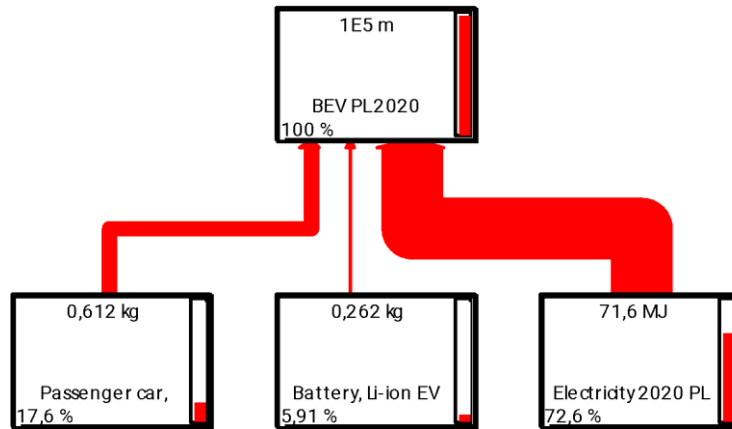
$CF_{EV} = (CF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV}$	$CF_{EV} = (CF_{ES\ 1-8} * S_{ES\ 1-8}) * E_{EV}$
---	---

$$WF_{EV} = (WF_{ES1-8} * S_{ES1-8}) * E_{EV}$$

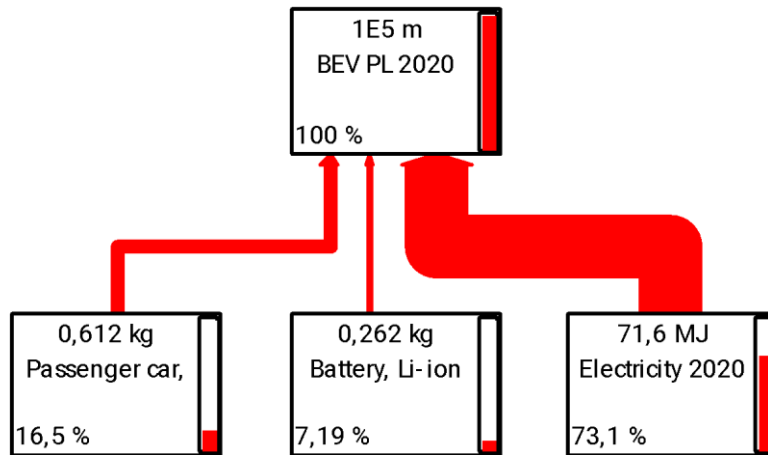
$WF_{EV} = (WF_{ES1-8} * S_{ES1-8}) * E_{EV}$	$WF_{EV} = (WF_{ES1-8} * S_{ES1-8}) * E_{EV}$
---	---

$$RF_{EV} = (RF_{ES1-8} * S_{ES1-8}) * E_{EV}$$

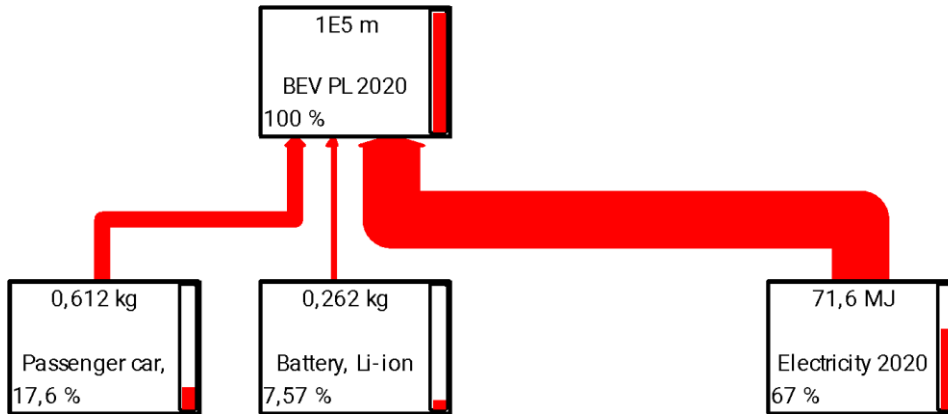
$RF_{EV} = (RF_{ES1-8} * S_{ES1-8}) * E_{EV}$	$RF_{EV} = (RF_{ES1-8} * S_{ES1-8}) * E_{EV}$
---	---



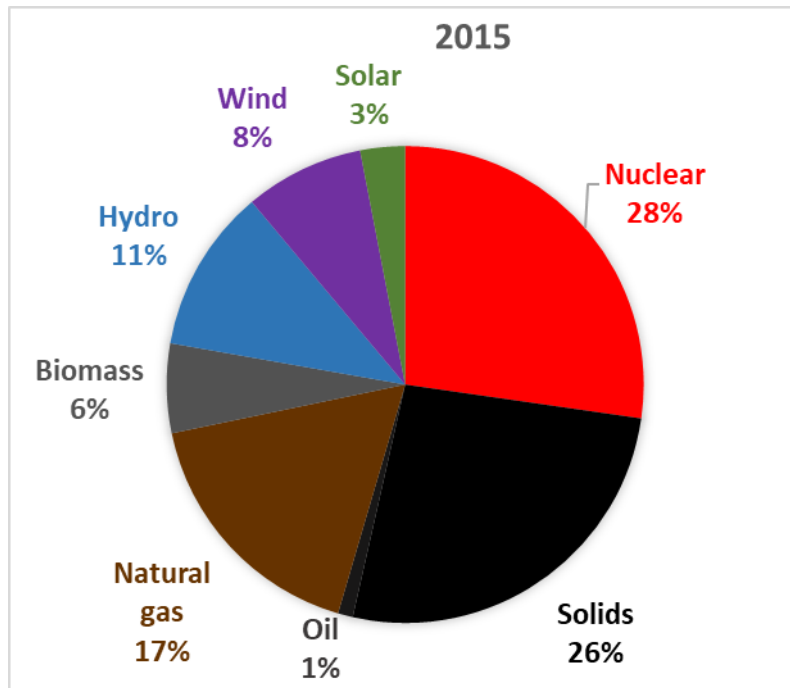
1E5 m	1E5 m
BEV – battery electric vehicle PL 2020	BEV - bateriové vozidlo PL 2020
100 %	100%
0,612 kg	0,612 kg
Passenger car,	Osobní vozidlo
17,6 %	17,6%
0,262 kg	0,262 kg
Battery, Li-ion EV	Baterie, elektrické vozidlo napájené Li-ion baterií
5,91 %	5,91%
71,6 MJ	71,6 MJ
Electricity 2020 PL	Elektrina PL 2020
72,6 %	72,6%



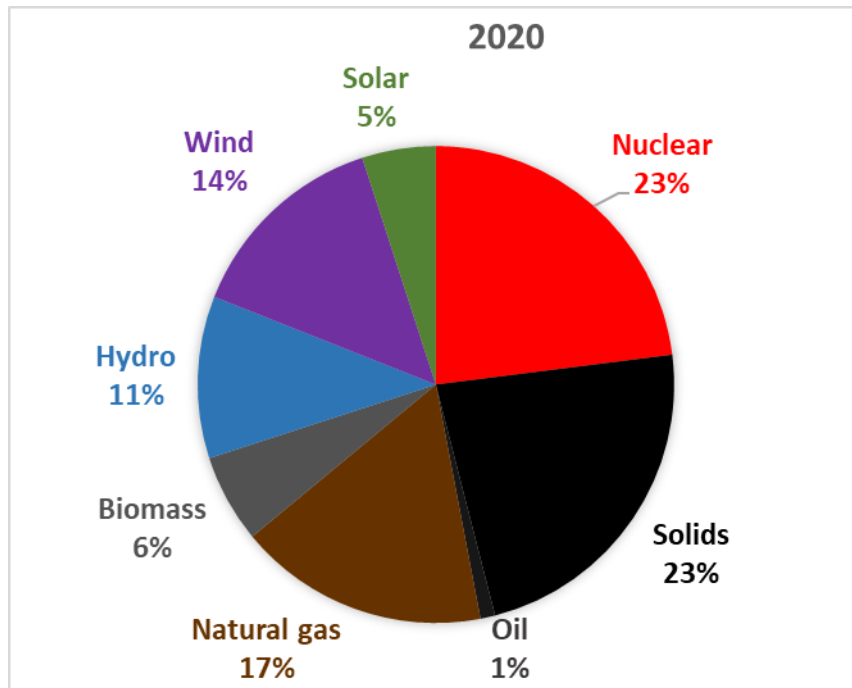
1E5 m	1E5 m
BEV PL 2020	BEV PL 2020
100 %	100%
0,612 kg	0,612 kg
Passenger car,	Osobní automobil
16,5 %	16,5%
0,262 kg	0,262 kg
Battery, Li-ion	Baterie, elektrické vozidlo napájené Li-ion baterií
7,19 %	7,19%
71,6 MJ	71,6 MJ
Electricity 2020	Elektřina 2020
73,1 %	73,1%



1E5 m	1E5 m
BEV PL 2020	BEV PL 2020
100 %	100%
0,612 kg	0,612 kg
Passenger car,	Osobní automobil
17,6 %	17,6%
0,262 kg	0,262 kg
Battery, Li-ion	Baterie, elektrické vozidlo napájené Li-ion baterií
7,57 %	7,57%
71,6 MJ	71,6 MJ
Electricity 2020	Elektřina 2020
67 %	67%

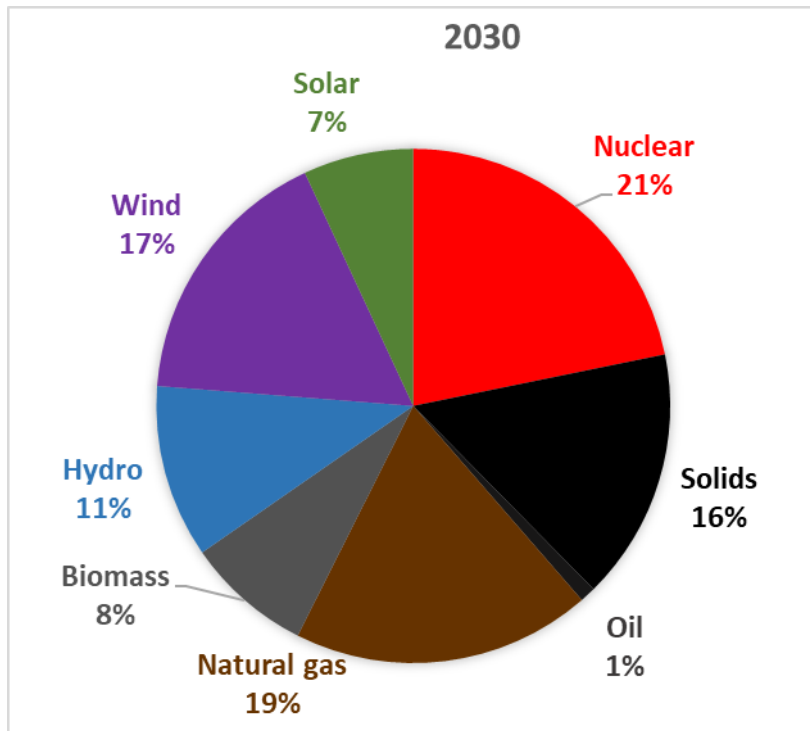


Solar 3%	Solární 3%
Wind 8%	Větrný 8%
Hydro 11%	Vodní 11%
Biomass 6%	Biomasa 6%
Natural gas 17%	Zemní plyn 17%
Oil 1%	Olej 1%
Solids 26%	Pevné paliva 26%
Nuclear 28%	Jaderné 28%

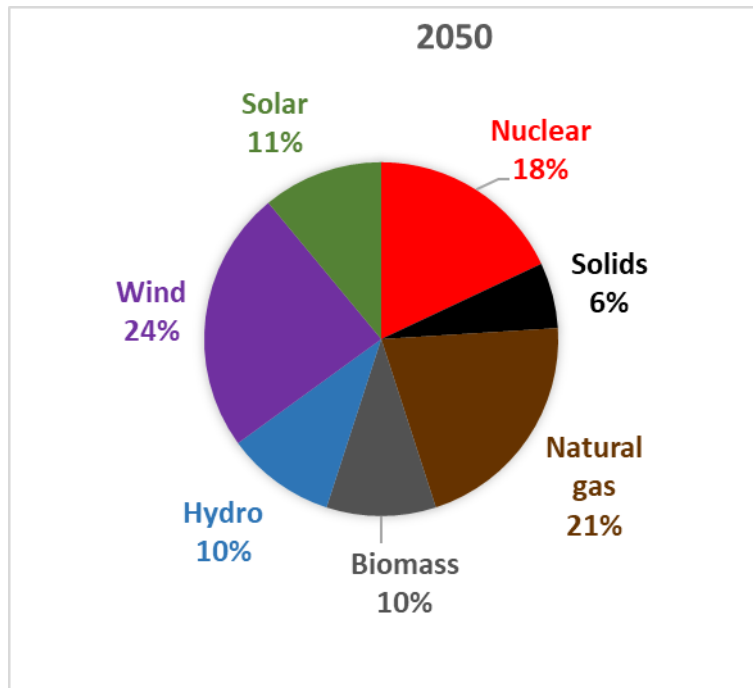


Solar 5%	Solární 5%
Wind 14%	Větrný 14%
Hydro 11%	Vodní 11%
Biomass 6%	Biomasa 6%
Natural gas 17%	Zemní plyn 17%
Oil 1%	Olej 1%
Solids 23%	Pevné paliva 23%
Nuclear 23%	Jaderné 23%

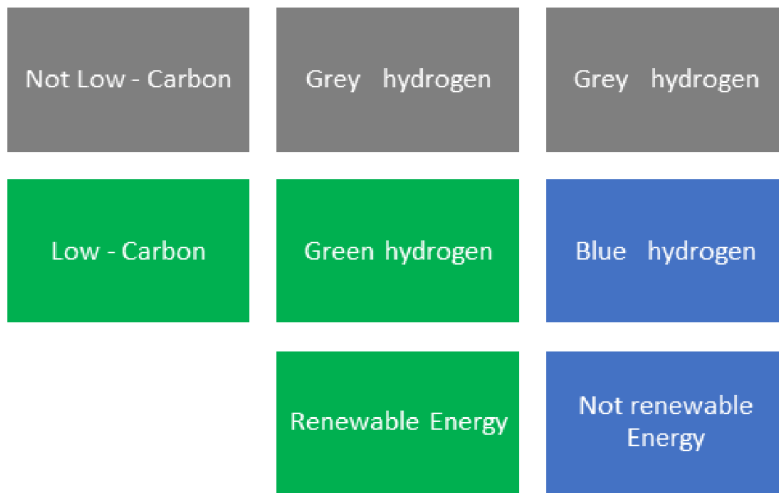




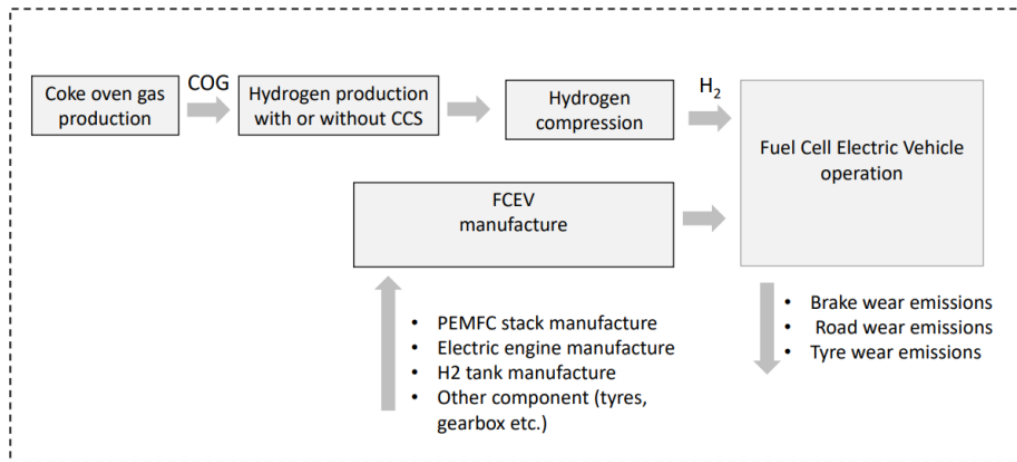
Solar 7%	Solární 7%
Wind 17%	Větrný 17%
Hydro 11%	Vodní 11%
Biomass 8%	Biomasa 8%
Natural gas 19%	Zemní plyn 19%
Oil 1%	Olej 1%
Solids 16%	Pevné paliva 16%
Nuclear 21%	Jaderné 21%



Solar 11%	Solární 11%
Wind 24%	Větrný 24%
Hydro 10%	Vodní 10%
Biomass 10%	Biomasa 10%
Natural gas 21%	Zemní plyn 21%
Solids 6%	Pevné paliva 6%
Nuclear 18%	Jaderné 18%



Not Low - Carbon	Ne-nízkouhlíkové
Grey hydrogen	Šedý vodík
Low - Carbon	Nízkouhlíkové
Green hydrogen	Zelený vodík
Blue hydrogen	Modrý vodík
Renewable Energy	Obnovitelná energie
Not renewable Energy	Neobnovitelná energie



Coke oven gas production	Výroba koksárenského plynu
COG	Koksárenský plyn
Hydrogen production with or without CCS	Výroba vodíku s nebo bez CCS
Hydrogen compression	Komprese vodíku
H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
Fuel Cell Electric Vehicle operation	Provoz elektrického vozidla s palivovými články
FCEV manufacture	Výroba FCEV
PEMFC stack manufacture	Výroba svazku PEM vodíkových článků
Electric engine manufacture	Výroba elektromotorů
H <sub>2</sub> tank manufacture	Výroba nádrže H <sub>2</sub>
Other component (tyres, gearbox etc.)	Další komponenty (pneumatiky, převodovky atd.)
Brake wear emissions	Emise z opotřebení brzd
Road wear emissions	Emise z opotřebení vozovky
Tyre wear emissions	Emise z opotřebení pneumatik

## coal extraction and processing - Central Appalachia, BIT, Processing

21: Mining, Quarrying, and Oil and Gas Extraction / 2121: Coal Mining



The cradle-to-gate inventory for production of coal aggregated to basin, mine type, and coal type groups. For coal extraction there are two major processes that form the basis of the coal life cycle model - underground and surface coal mining. These are connected to auxiliary processes that provide inventories from things like coal mine methane emissions, water use, water emissions, etc. All processes use parameters that allow some differentiation based on region or coal type. Details on the coal modeling can be found in the NETL Coal Baseline report to be published in the near future: [netl.doe.gov/LCA](https://netl.doe.gov/LCA) This process was created with ElectricityLCI (<https://github.com/USEPA/ElectricityLCI>) version 1.0.1 using the ELCI\_1 configuration.

Inputs/Outputs

Documentation

Allocation factors

[Switch to table view](#)

## Reference product

1.0000e+0 sh tn coal, processed, at mine

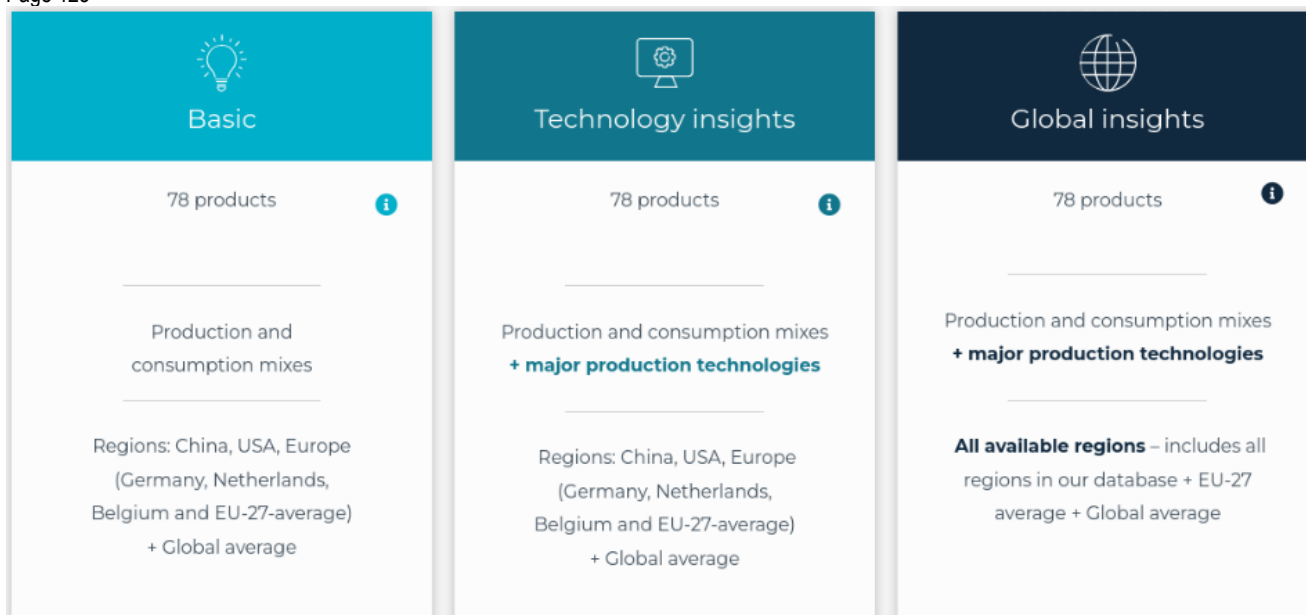
## By-products

0.0000e+0 kg methane, captured

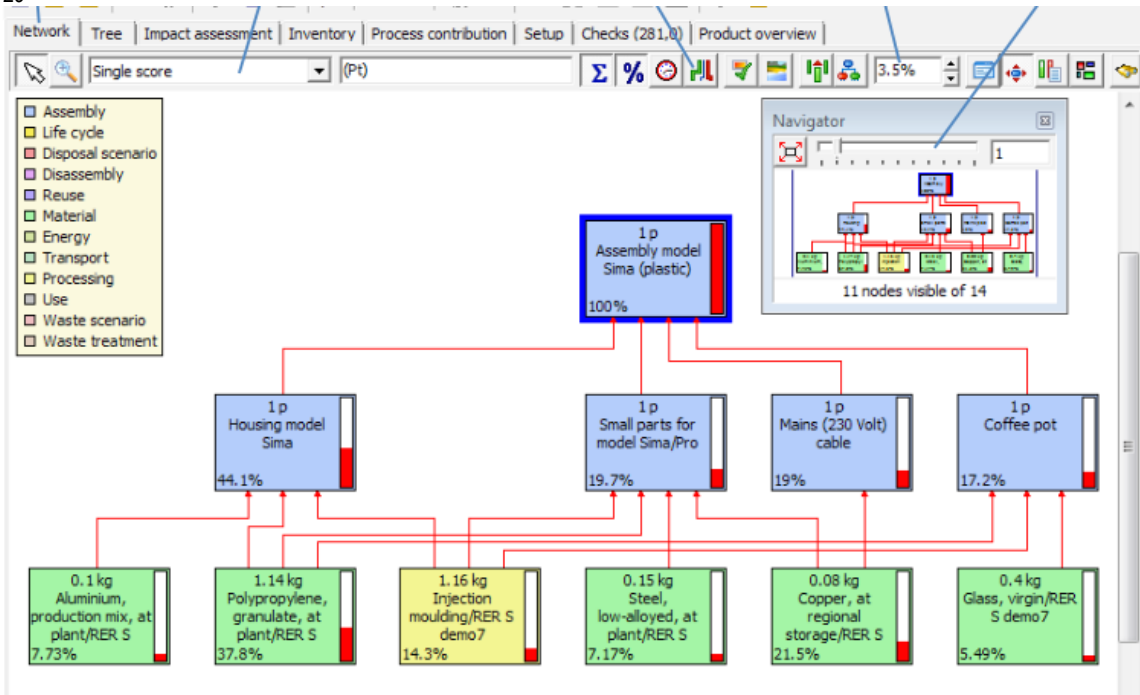
## Produced waste

0.0000e+0 kg 2,4-DINITROTOLUENE  
 0.0000e+0 kg 2-BUTANONE, PEROXIDE (R,T) (OR) METHYL ETHYL KETONE PEROXIDE (R,T)  
 0.0000e+0 kg 2-PROPANONE (I) (OR) ACETONE (I)  
 0.0000e+0 kg ACETALDEHYDE, TRICHLORO- (OR) CHLORAL  
 0.0000e+0 kg ACIDIC AQUEOUS WST  
 0.0000e+0 kg AQUEOUS W/O CYANIDES  
 0.0000e+0 kg AQUEOUS/CYANIDES  
 0.0000e+0 kg ARSENIC  
 0.0000e+0 kg ASH  
 0.0000e+0 kg BARIUM  
[Show 78 more](#)

coal extraction and processing - Central Appalachia, BIT, Processing 21: Mining, Quarrying, and Oil and Gas Extraction / 2121: Coal Mining	Těžba a zpracování uhlí – Centrální Appalachie, BIT, Zpracování 21: Hlubinná těžba, povrchová těžba, těžba ropy a zemního plynu / 2121: Těžba uhlí
The cradle-to-gate inventory for production of coal aggregated to basin, mine type, and coal type groups.	Inventář cradle-to-gate přístupu pro výrobu agregovaného uhlí dle typu uhelných pánví, dolů a typu uhlí
For basis of the coal life cycle model - underground and surface coal mining.	Pro základ modelu životního cyklu uhlí – se uvažuje hlubinná a povrchová těžba
These are connected to methane emissions, water use, water emissions, etc.	Tyto jsou spojeny s emisemi metanu, spotřebou vody, vodní emisemi atd.
All processes use parameters that allow some differential modeling can be found in the NETL Coal Baseline report to be published in the near future: <a href="https://netl.doe.gov/LCA">netl.doe.gov/LCA</a> ( <a href="https://github.com/USEPA/ElectricityLCI">https://github.com/USEPA/ElectricityLCI</a> ) version 1.0.1 using the ELCI_1 configuration.	Všechny procesy využívají parametry, které umožňují určité diferenciální modelování. Více lze nalézt ve zprávě NETL Coal Baseline, která bude zveřejněna v blízké budoucnosti: <a href="https://netl.doe.gov/LCA">Netl.doe.gov/LCA</a> ( <a href="https://github.com/USEPA/ElectricityLCI">https://github.com/USEPA/ElectricityLCI</a> ) verzione 1.0.1 con configurazione ELCI_1.
Inputs/Outputs	Vstupy/Výstupy
Documentation	Dokumentace
Allocation factors	Alokační faktory
Reference product	Referenční produkt
1,0000e+0 sh tn coal, processed, at mine	1,0000e+0 sh tn uhlí, zpracované, z dolu
By-products	Vedlejší produkty
0.0000e+0 kg methane, captured	0,0000e+0 kg metanu, zachyceného
Produced waste	Produkovaný odpad
0.0000e+0 kg 2,4-DINITROTOLUENE	0,0000e+0 kg 2,4-DINITROTOLUEN
0.0000e+0 kg 2-BUTANONE, PEROXIDE (R,T) (OR) METHYL ETHYL KETONE PEROXIDE (R,T)	0,0000e+0 kg 2-BUTANON, PEROXID (R,T) (NEBO) METHYL ETHYLKETONPEROXID (R, T)
0.0000e+0 kg 2-PROPANONE (I) (OR) ACETONE (I)	0,0000e+0 kg 2-PROPANON (I) (NEBO) ACETON (I)
0.0000e+0 kg ACETALDEHYDE, TRICHLORO- (OR) CHLORAL	0,0000e+0 kg ACETALDEHYD, TRICHLORO- (NEBO) CHLORAL
0.0000e+0 kg ACIDIC AQUEOUS WST	0,0000e+0 kg KYSELÉ VODNÉ WST
0.0000e+0 kg AQUEOUS W/O CYANIDES	0,0000e+0 kg VODNÉ BEZ KYANIDŮ SENZA CIANURI
0.0000e+0 kg AQUEOUS/CYANIDES	0,0000e+0 kg VODNÉ/KYANIDY



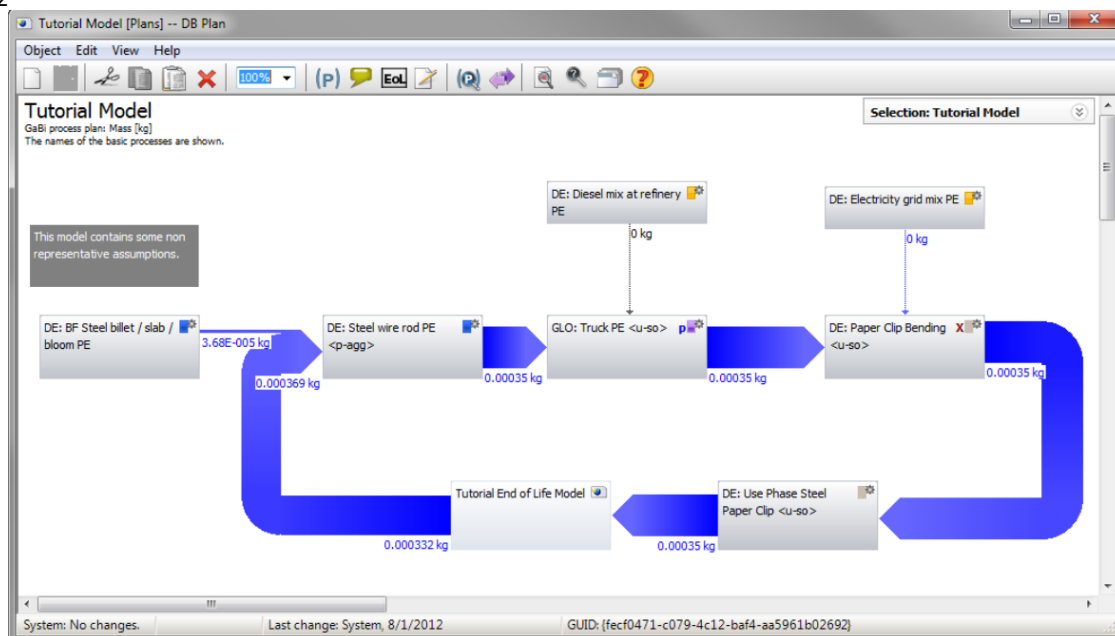
Basic	Základ
78 products	78 produktů
Production and consumption mixes	Výrobní a spotřební mixy
Regions: China, USA, Europe (Germany, Netherlands, Belgium and EU-27-average) + Global average	Regiony: Čína, USA, Evropa (Německo, Nizozemsko, Belgie a členské země EU-27) + Globální průměr
Technology insights	Technologické poznatky
78 products	78 produktů
Production and consumption mixes	Výrobní a spotřební mixy
+ major production technologies	+ hlavní výrobní technologie
Regions: China, USA, Europe (Germany, Netherlands, Belgium and EU-27-average) + Global average	Regiony: Čína, USA, Evropa (Německo, Nizozemsko, Belgie a členské země EU-27 průměr) + Globální průměr
Global insights	Globální poznatky
78 products	78 produktů
Production and consumption mixes	Výrobní a spotřební mixy
major production technologies	Hlavní výrobní technologie
All available regions - includes all regions in our database + EU-27 average + Global average	Všechny dostupné regiony – zahrnuje všechny regiony v naší databázi + členské země EU-27 průměr + Globální průměr



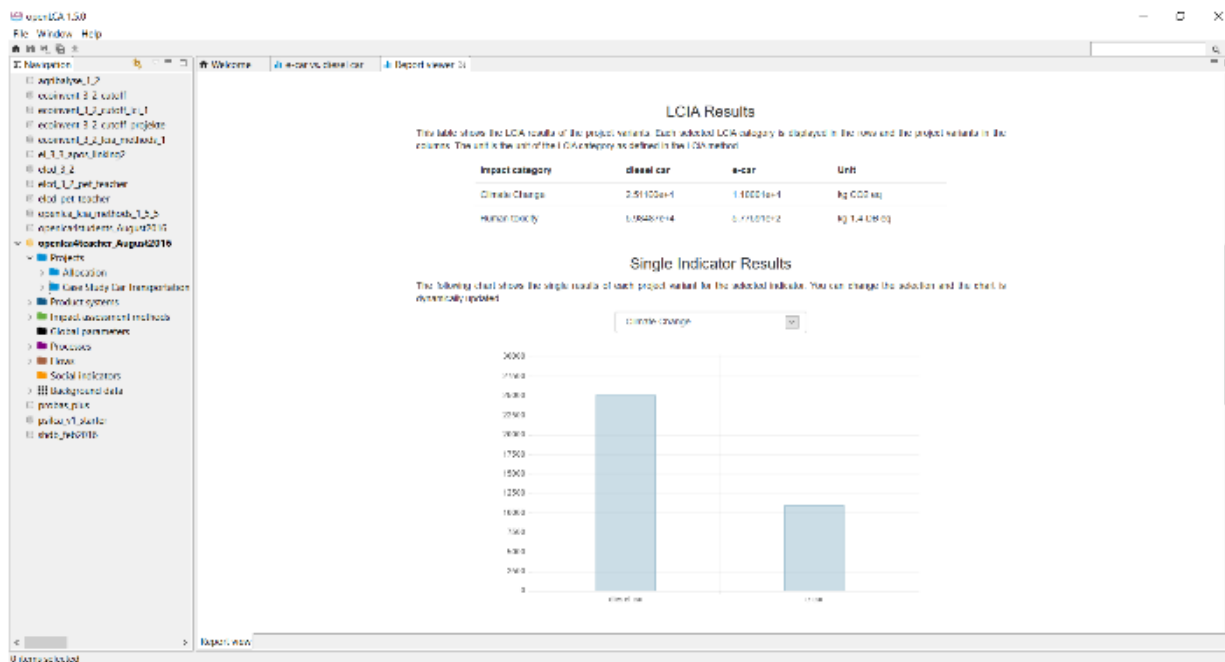
Network	Síť
Tree	Strom
Impact assessment	Hodnocení dopadů
Inventory	Inventář
Process contribution	Procesní příspěvek
Setup	Nastavení
Checks (281,0)	Kontroly (281,0)
Product overview	Přehled produktů
Single score	Jediné skóre
(pt)	(pt)
Σ	Σ
3,5 %	3,5%
Assembly	Kompletace
life cycle	Životní cyklus
Disposal scenario	Scénář likvidace
Disassembly	Demontáž
Reuse	Znovupoužití
Material	Materiál
Energy	Energie
Transport	Transport
Processing	Zpracování
Use	Použití
Waste scenario	Scénář nakládání s odpadem
Waste treatment	Nakládání s odpadyee
Navigator	Navigátor
11 nodes visible of 14	11 viditelných uzlů ze 14
1p Assembly model Sima (plastic)	1p Montážní model Sima (plast)
100 %	100%
1p Housing model Sima	1p Model bydlení Sima
44,1 %	44,1%
1p Small parts for mode Sima/Pro	1p Malé díly pro režim SimaPro
19,7 %	19,7%
1p Mains (230 Volt) cable	1 p Síťový kabel (230 Volt)
19 %	19%
1p Coffee pot	1 p Konvice na kávu
17,2 %	17,2%
0.1kg Aluminium, production mix, at plant/RER S	0,1 kg hliník, výrobní mix, v závodě//RER S
7,73%	7,73%
1.14 kg Polypropylene, granulate, at plant/RER S	1,14 kg polypropylen, granulát, ze závodu/ v závodě//RER S
37,8%	37,8%

1,16 kg Injection moulding/RER S demo 7	1,16 kg Vstřikování/RER S demo7
14,3 %	14,3%
0,15 kg Steel, low-alloyed, at plant/RER S	0,15 kg ocel, nízkolegovaná, v závodě//RER S
7,17%	7,17%
0,08 kg Copper, at regional storage/RER S	0,08 kg měď, z regionálního skladu/RER S
21,5 %	21,5%
0,4 kg Glass, virgin/RER S demo7	0,4 kg Sklo, panenské
5,49 %	5,49%



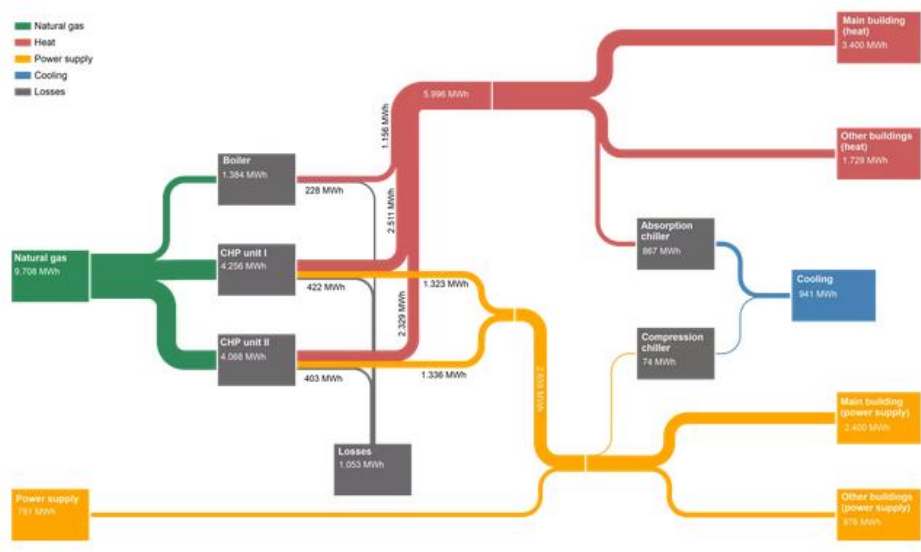


Tutorial Model [Plans] -- DB Plan	Model výukového programu [Plány] — Plán DB
Object	Objekt
Edit	Upravit
View	Zobrazit
Help	Pomoc
Tutorial Model	Výukový model
GaBi process plan: Mass [kg] The names of the base processes are shown.	Plán procesu GaBi: Hmotnost [kg] Jsou zobrazeny názvy základních procesů
Selection: Tutorial Model	Výběr: Výukový model
This model contains some non representative assumptions.	Tento model obsahuje některé nereprezentativní předpoklady.
DE: Diesel mix at refinery PE	DE: Směs nafty v rafinérii
0 kg	0 kg
DE: Electricity grid mix PE	DE: Směs elektrické sítě PE
DE: BF Steel Met / slab / bloom PE	DE: BF Steel Met/deska/blok PE
3.68E-005kg	3,68 E-005 kg
DE: Steel wire rod PE <p-agg>	DE: Ocelový drát PE <p-agg>
0.000369 kg	0,000369 kg
0.00035 kg	0,00035 kg
GLO: Trude PE <u-so>	GLO: Truck PE <u-so>
DE: Paper Clip Bendng <u-so>	DE: Ohýbání klipu <u-so>
Tutorial End of Life Model	Výukový model konce života
0.000332 kg	0,000332 kg
DE: Use Phase Steel Paper Clip <u-so>	DE: Fáze použití spony <u-so>
System: No changes.	Systém: Žádné změny
Last change: System, 8/1/2012	Poslední úprava: Systém, 8/1/2012
GUID:	GUID:



openLCA 1.5.0	openLCA 1.5.0
File	Soubor
Window	Okno
Help	Pomoc
Navigation	Navigace
Welcome	Vítejte
e-car vs. diesel car	e-auto vs. Dieslové auto
Report viewer	Prohlížeč zpráv
agribalyse_1_2	agribalyse_1_2
ecoinvent_3_2_cutoff	ecoinvent_3_2_cutoff
ecoinvent_3_2_cutoffJci_1	ecoinvent_3_2_cutoffJci_1
ecoinvent_3_2_cutoff_projekte	ecoinvent_3_2_cutoff_projekte
ecoinvent_3_2lcia_methods_1	ecoinvent_3_2lcia_methods_1
ei_3_3_apos_linking_2	ei_3_3_apos_linking_2
elcd_3_2	elcd_3_2
elcd_3_2_pet_teacher	elcd_3_2_pet_teacher
elcd_pet_teacher	elcd_pet_teacher
openlca_lcia_methods_1_5_5	openlca_lcia_methods_1_5_5
openlca4students_August2016	openlca4students_Srpen2016
openlca4teacherAugust2016	openlca4teacherSrpen2016
Projects	Projekty
Allocation	Alokace
Case Study Car Transportation	Případová studie Automobilová doprava
Product systems	Produktové systémy
Impact assessment methods	Metody hodnocení dopadů
Global parameters	Globální parametry
Processes	Procesy
Flows	Toky
Social indicators	Sociální ukazatele
Background data	Data na pozadí
probas_plus	probas_plus
psilca_v1_starter	psilca_v1_starter
shdb_feb2016	shdb_feb2016
0 items selected	0 vybraných položek
Report view	Zobrazení přehledu
LCIA Results	Výsledky LCIA
This table shows the LCIA results of the project variants.	Tato tabulka ukazuje výsledky LCIA variant projektu.
Each selected LCIA category is displayed in the rows and the project variants in the columns The unit is the unit of the LCIA category as defined in the LCIA method	Každá vybraná kategorie LCIA je zobrazena v řádcích a varianty projektu ve sloupcích Jednotka je jednotkou kategorie LCIA, jak je definována v metodě LCIA
Impact category	Kategorie dopadu

diesel car	Dieslové auto
e-car	e-auto
Unit	Jednotka
Climate Change	Klimatická změna
Human toxicity	Toxicita pro člověka
2.51160e+4	2,51160e+4
5.98487e+4	5,98487e+4
1.10001 e+4	1,10001 e+4
5.77591e+2	5,77591e+2
kg CO2 eq	kg CO2 eq
kg 1.4-DB eq	kg 1,4 dB eq
Single Indicator Results	Výsledky jednoho indikátoru
The following chart shows the single results of each project variant for the selected indicator.	Následující graf ukazuje jednotlivé výsledky každé varianty projektu pro vybraný indikátor.
You can change the selection and the chart is dynamically updated	Výběr můžete změnit a graf se dynamicky aktualizuje
Climate Change	Klimatická změna
diesel car	Dieslové auto
e-car	e-auto



Natural gas	Zemní plyn
Heat	Teplo
Power supply	Zdroj napájení
Cooling	Chlazení
Losses	Ztráty
Natural gas 9,706 MWh	Zemní plyn 9,706 MWh
Boiler 1,384 MWh	Kotel 1,384 MWh
CHP unit I 4,256 MWh	Kogenerační jednotka I 4,256 MWh
CHP unit II 4,058 MWh	Kogenerační jednotka II 4,058 MWh
Power supply 791 MWh	Napájení 791 MWh
228 MWh	228 MWh
422 MWh	422 MWh
403 MWh	403 MWh
Losses 1,053 MWh	Ztráty 1,053 MWh
2,329 MWh	2,329 MWh
2,511 MWh	2,511 MWh
1,156 MWh	1,156 MWh
5,996 MWh	5,996 MWh
2,659 MWh	2,659 MWh
Main building (heat) 3,400 MWh	Hlavní budova (teplo) 3,400 MWh
Other building (heat) 1,729 MWh	Ostatní budovy (teplo) 1,729 MWh
Absorption chiller 857 MWh	Absorpční chladič 857 MWh
Cooling 941 MWh	Chlazení 941 MWh
Compression chiller 74 MWh	Kompresní chladič 74 MWh
Main building (power supply) 2,400 MWh	Hlavní budova (napájení) 2,400 MWh
Other buildings (power supply) 796 MWh	Ostatní budovy (napájení) 796 MWh