

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra materiálů a strojírenské technologie



Bakalářská práce

Využití biokompozitů v automobilovém průmyslu

Vedoucí práce

prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Autor

Dominik Žícha

© 2021 ČZU v Praze



**Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce:	Dominik Žícha
Studijní program:	Technika a technologie v dopravě a spojích
Obor:	Silniční a městská automobilová doprava
Vedoucí práce:	prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra materiálu a strojírenské technologie
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	Využití biokompozitů v automobilovém průmyslu
Název anglicky:	Use of biocomposites in automotive industry
Cíle práce:	Cílem bakalářské práce je shromáždit a analyzovat aktuální poznatky o možnostech a limitách biokompozitních materiálů v průmyslové výrobě. Na základě závěrů z literárního rozboru předmětné problematiky stanoví bakalář přínos práce.
Metodika:	Současný stav řešeného problému (literární rešerše). Závěry a přínos práce.
Doporučený rozsah práce:	cca 30 stran
Klíčová slova:	Kompozity, matrice, SWOT analýza, vývoj, výztuž

Doporučené zdroje informací:

1. ÅSTRÖM, B. T.: Manufacturing of Polymer Composites. London: Chapman & Hall, 1997.
2. BEAUMONT, P. W. R., SOUTIS, C., HODZIC, A.: The Structural Integrity of Carbon Fiber Composites: Fifty Years of Progress and Achievement of the Science, Development, and Applications. Cham: Springer International Publishing, 2017.
3. BURAGOHAİN, M. K.: Composite structures: design, mechanics, analysis, manufacturing, and testing. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017.
4. Časopis: International Journal of Adhesion and Adhesives, Composite structures, Composites Part B, Research in Agricultural Engineering, International Journal of Solids and Structures, Journal of Materials Processing Technology, Surface and Coating Technology, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Strojírenská technologie, The journal of adhesion, Journal of material science, The Journal of Physical Chemistry, International Journal of Fatigue, Journal of materials processing technology, Polymer Degradation and Stability, Manufacturing technology, Polymers, Materials, Journal of Cleaner Production
5. JANČÁR, J.: Úvod do materiálového inženýrství polymerních kompozitů. 1.vydání. Brno: VUT – Brno, 2003.
6. LAŠ, V.: Mechanika kompozitních materiálů. 1.vydání. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2004
7. LENERT, J.: Mechanika kompozitních materiálů. Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2002.
8. MACHEK, V., SODOMKA, J.: Polymery a kompozity s polymerní maticí. 1.vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008.
9. SKRBEK, B.: Materiály pro konstrukční aplikace. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009.

Předběžný termín 2020/2021 LS - TF
obhajoby:

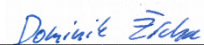
Elektronicky schváleno: 21. 1. 2020
prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 19. 2. 2020
doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.
Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využití biokompozitů v automobilovém průmyslu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.05.2021



Podpis

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval prof. Ing. Miroslavu Mullerovi, Ph.D., vedoucímu bakalářské práce, za vstřícnost a poskytnuté rady, které mi pomohli při zpracování bakalářské práce. Také bych rád poděkoval svým rodičům, kteří mě při studiu podporovali.

Využití biokompozitů v automobilovém průmyslu

Abstrakt

Tato bakalářská práce si klade za cíl shrnout poznatky o biokompozitních materiálech využívaných v automobilovém průmyslu. Práce na začátku popisuje definici a složení kompozitů. Dále se pak zaměřuje na biokompozity, jejich definici a vývoj. Následuje nastínění možného vývoje, a využití biokompozitních materiálů v automobilovém průmyslu.

Klíčová slova: Kompozity, matrice, SWOT analýza, vývoj, výztuž

Use of biocomposites in automotive industry

Abstract

Thesis of this work aims to summarize the knowledge about biocomposite materials used in the automotive industry. The work initially describes the definition and composition of composite materials. Further it focuses on biocomposites, their definition and development. The following is an outline of the possible development of the use of biocomposite materials in the automotive industry.

Keywords: Composites, matrices, SWOT analysis, development, reinforcement

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíl práce a metodika	10
2.1 Cíl práce	10
2.2 Metodika	10
3 Kompozity.....	11
3.1 Definice	11
3.2 Složení.....	12
3.2.1 Matrice	12
3.2.2 Vystužující fáze	12
4 Biokompozitní materiály	12
4.1 Definice	12
4.2 Historie biokompozitů v automobilovém průmyslu	14
4.3 Současnost.....	16
4.3.1 Přehled vybraných automobilových společností a jejich práce na vývoji biokompozitů.....	18
4.4 Nejpoužívanější biokompozity v automobilovém průmyslu	23
4.4.1 Termosetové kompozity z lněného oleje	23
4.4.2 Pšeničné lepkové matricové kompozity	24
4.4.3 Kompozity založené na pryskyřicích z ricinového oleje	26
4.4.4 Polyurethany na biologické bázi.....	27
4.4.5 Kešu ořechová kapalina	28
4.4.6 Zeinové matricové kompozity	29
4.4.7 Zelené epoxidové komponenty	31
4.4.8 Celulózová vlákna.....	31
4.5 Ekologie	32
4.6 Budoucnost.....	33
4.7 Swot analýza	33
5 Závěr.....	34
6 Seznam použitých zdrojů	35
7 Seznam obrázků	38
8 Seznam tabulek	38

1 Úvod

V posledních letech se automobilový průmysl výrazně rozvíjí. Kvůli zvyšujícím se požadavkům na ekologičnost a zpřísnujícím se emisním normám Evropské unie přecházejí výrobci automobilů od automobilů poháněných klasickými druhy motorů k automobilům využívající jiný alternativní pohon. Už koncem minulého tisíciletí automobilový gigant Toyota uvedl na trh první hybrid Toyota Prius. V dnešní době hybridní vozy nabízejí téměř všechny automobilky. V posledních letech výrobci automobilů vyvíjí i čistě elektrické vozy. Zástupce těchto modelů můžeme vidět i u tuzemské automobilky Škoda Auto a to model Enyaq. Dále se vyvíjejí prostředky využívající vodíkový pohon. I konstrukce automobilů procházejí neustálým vývojem. Dochází k nahrazování klasických materiálů materiály přírodními. Použití těchto materiálů, především kompozitů vyztužených přírodními vlákny zaznamenal v posledních letech výrazný nárůst. V automobilovém odvětví se jedná především o použití na dílech, které jsou mimo zónu deformace, nejčastěji palubní desky a obložení. Díky těmto materiálům, které jsou šetrné k životnímu prostředí dochází k snížení hmotnosti a cenových nákladů těchto dílů. Přírodní materiály mají velkou rozmanitost a různé vlastnosti.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je shromáždit a analyzovat aktuální poznatky o možnostech a limitech biokompozitních materiálů v průmyslové výrobě.

2.2 Metodika

Metodikou této práce je vypracování literární rešerše, která popisuje využití biokompozitních materiálů v automobilovém průmyslu. Při rešerši bylo využito citačních databází Web of Science a Scopus, které poskytují přístup k odborným článkům o tomto tématu.

3 Kompozity

3.1 Definice

Za kompozity lze považovat materiály složené ze dvou nebo více složek (fází), odlišného chemického složení a zároveň fyzikálních a mechanických vlastností. Základní komponentou soustavy je spojitá (kontinuální) fáze zvaná matrice, v níž je uložena sekundární, obvykle nespojitá (diskontinuální) vyztužující fáze, tvořená nejčastěji vlákny nebo částicemi různého druhu a tvaru. Důležitým kritériem pro zařazení vícefázových materiálových systémů mezi kompozity je jejich příprava míšením složek (matrice a výztuže) a podíl výztuže minimálně 5 %. [1].

První historicky zmíněný příklad kompozitu je v bibli. Jeden z důvodů exodu židů z Egypta byly spory s faraonem o dodávky slámy do kompozitních bloků složených ze sušené hlíny se slámou, které byly hlavním stavebním materiálem židů. [2].

Pro kompozitní materiály je charakteristické, že se vyrábějí mechanickým míšením jednotlivých složek. Tím se liší například od slitin, které jsou rovněž heterogenní. Pro kompozitní materiály je charakteristický tzv. synergismus, což znamená, že vlastnosti kompozitu jsou vyšší, než by odpovídalo jednoduchému poměrnému sečtení vlastností jednotlivých složek. [2].

Současné požadavky na kompozity:

- zvýšení tuhosti (zvláště specifické tuhosti – poměru Youngova modulu a hustoty)
- zvýšení pevnosti (zvláště specifické pevnosti – poměru meze pevnosti a hustoty)
- zvýšení rozměrové stability
- zvýšení houževnatosti (odstranění křehkosti)
- zvýšení teplotní stability (rozšíření teplotního intervalu použitelnosti)
- zvýšení mechanického tlumení (antivibrační a antihlukové materiály)
- snížení propustnosti pro kapaliny nebo plyny
- snížení nasákavosti
- zmenšení teplotní roztažnosti
- zvýšení korozní nebo chemické odolnosti
- snížení negativního dopadu na životní prostředí
- redukce hmotnosti
- snížení ceny [2]

3.2 Složení

Kompozitní soustava je tvořena maticí (spojitá fáze), která je armovaná výztuží, jež je obvykle fází nespojitou. [1].

3.2.1 Matrice

Základní funkcí matrice je přenos vnějšího zatížení na vyztužující fázi. Je požadována dobrá soudržnost matrice s materiálem vyztužující fáze (dokonalá smáčivost bez chemické reakce na mezifázovém povrchu matrice a výztuže) a často také její nízká hmotnost. V porovnání s vyztužující fází má zpravidla nižší pevnostní vlastnosti a větší plasticitu. Spojuje jednotlivé částice výztuže, chrání je před vnějšími vlivy a brání rozvoji křehkého porušení. [1].

Matrice je složka kompozitu, která je v celém rozsahu spojitá a určuje tvar a rozměry kompozitu (drží ho pohromadě). Všechny ostatní složky kompozitu, které jsou zpravidla v matici rozptýleny (dispergovány), označujeme jako disperze. [1].

3.2.2 Vyztužující fáze

Od vyztužujících fází se vyžaduje vysoká pevnost a modul pružnosti E (asi o řád vyšší než modul matrice) a malá deformace do lomu (1 až 2%) při vysokém podílu pružné deformace. Vyztužující fáze přenáší převážnou část vnějšího zatížení. Mechanismus pevnostního chování kompozitu je závislý na tvaru, koncentraci a orientaci výztuže. [1].

4 Biokompozitní materiály

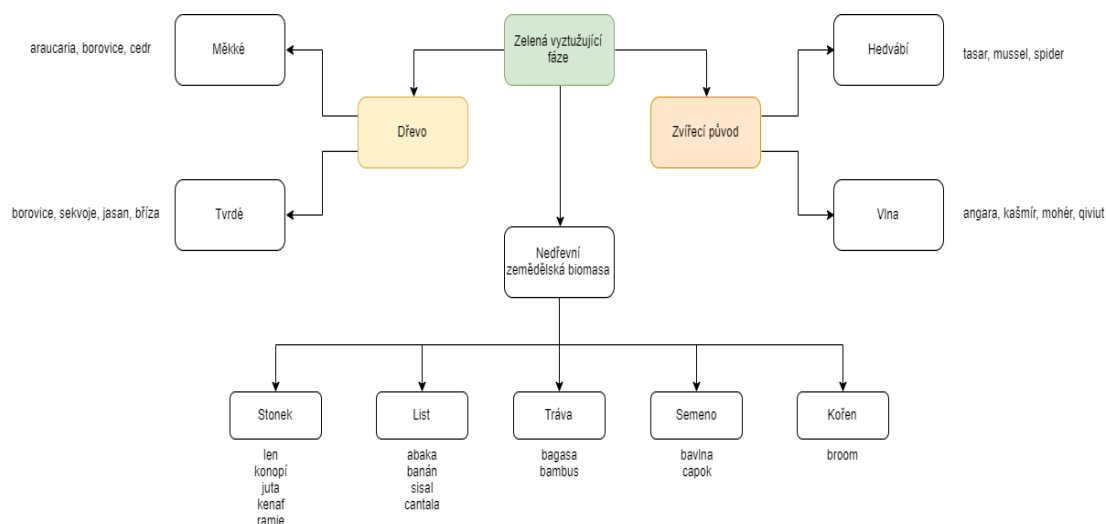
4.1 Definice

Vývoj vysoce výkonných polymerních kompozitů způsobil v naší společnosti v mnoha ohledech revoluci. Tyto materiály mají vynikající výkon a v posledních několika desetiletích byly nesmírně úspěšné. Jejich nepříznivé účinky na životní prostředí však již nelze přehlížet. V poslední době došlo na celém světě k nárůstu povědomí o negativním vlivu těchto materiálů na globální oteplování a životní prostředí. Probíhá intenzivní hledání materiálů, které zapadnou do této technologické stopy bez poškození životního prostředí. To vedlo k rostoucí poptávce po materiálech z obnovitelných zdrojů, které jsou šetrné k životnímu

prostředí, netoxické, udržitelné a lehké s mechanickými vlastnostmi ekvivalentními s materiály z neobnovitelných zdrojů. Biokompozity splňují mnoho z těchto kritérií a v současném scénáři představují velmi důležitou oblast výzkumu. Aplikace biokompozitů se pomalu zvyšují v oblasti tuhého balení, automobilového průmyslu, spotřebního zboží a stavebnictví. Je však třeba vyvinout značné úsilí, aby byly konkurenceschopnější a plně využívaly jejich ekologické vstřícnosti. V posledních desetiletích byla v této oblasti provedena řada vyšetřovacích výzkumů, ale jen málo z nich přešlo na vyšší úroveň pro komerční využití. [3].

Za biokompozit považujeme kompozit, kde některá z jeho složek je tvořena materiálem biologického původu (obr. 1). Jejich mechanické vlastnosti jsou srovnatelné s kompozity vyrobenými ze složek, které nemají biologický původ.

Aby se polymer mohl nazývat biopolymer, musí být buď biologicky odbouratelný, biologicky založený nebo obojí. V mnoha publikovaných studiích se biopolymery často nazývají také bioplasty. Kombinace bioplastů s přírodními vlákny je strategií pro výrobu pokročilých kompozitních materiálů. Tato strategie umožňuje vědcům ve výzkumu navrhovat a konstruovat materiály podle požadavků koncového uživatele při zachování udržitelnosti, ekonomické proveditelnosti a environmentálních hledisek v rámci návrhu. [4].



Obrázek 1 Rozdělení zpevňovací fáze biokompozitů podle původu

4.2 Historie biokompozitů v automobilovém průmyslu

První pokus o použití biokompozitů v automobilovém průmyslu učinil Henry Ford na počátku 40. let. Později v roce 1942 Henry Ford vyvinul první prototyp automobilu vyrobeného z konopných vláken (obr. 2). Kvůli ekonomickým omezením této doby vůz nešel do masové výroby. Tento prototyp vážil kolem 907 kilogramů, přibližně o 450 kilogramů méně než ocelové auto. Přesné přísady plastových panelů nejsou známy, protože o tomto vzorci dnes neexistují žádné záznamy. Jeden dostupný článek tvrdí, že byly vyrobeny z materiálu, který mimo jiné obsahoval sójové boby, pšenici, konopí, len a ramie. [5]



Obrázek 2 Prototyp biokompozitního automobilu od H. Forda [23]

Skutečné využití biokompozitních materiálů se datuje od roku 1950. Karoserie východoněmeckého automobilu Trabant (obr. 3) byla typickým příkladem aplikace přírodních vláken (bavlny) zabudovaných do polyesterové matrice. Automobilový průmysl používal rostlinná vlákna pro obložení interiéru před 70. lety. Některé příklady použití rostlinných vláken u starších modelů automobilů zahrnovaly jutové jehlové plsti pro zvukovou izolaci umístěné pod kobercem, vata z vlny a bavlny pro sedadla a obložení dveří, pogumované kokosové čalounění sedadel a dřevěná vlákna pro obložení dveří. [6]



Obrázek 3 východoněmecký automobil Trabant [24]

V 70. a 80. letech byla tato vlákna částečně nahrazena petrochemickými polymery, jako je akrylonitril-butadien-styrenový plast pro vnitřní automobilové panely, a to kvůli jejich snadnějším optimalizovaným vlastnostem a rychlejším výrobním procesům. V polovině

80. let se předpokládalo, že použití kompozitů vyztužených přírodními vlákny může nabídnout alternativu k těmto plastům kvůli jejich technickým, ekonomickým a ekologickým výhodám. [6]

Několik mezinárodních a vnitrostátních orgánů, zejména Evropská unie a několik jejích členských zemí, poskytlo granty na výzkum a vývoj zaměřené na prozkoumání technického potenciálu posílení panelů přírodními vlákny, a tím zlepšení jejich výkonnosti. Přibližně ve stejnou dobu, a vzhledem ke zcela mezinárodní povaze automobilového průmyslu, byly ve Spojených státech a Japonsku prováděny podobné práce na používání rostlinných vláken k vyztužení obložení vozidel. Navzdory povzbudivým výsledkům práce v oblasti výzkumu a vývoje v tomto období to přineslo jen málo konkrétních následných opatření z automobilového průmyslu až do poloviny 90. let, kdy byly do německé standardní výroby Mercedes-Benz začleněny první vyztužené plastové dveřní výplně (juta) u modelu E-Class v roce 1996. Od roku 1991 se tedy Daimler Benz intenzivně věnuje výzkumu nahrazení výztuží ze skleněných vláken přírodními vlákny v některých svých automobilových součástech. Dceřiná společnost společnosti Diamond-Benz v brazilském Sao Paulu provedla projekt „Beleemproject“, kde byla kokosová vlákna použita pro díly komerčních vozidel [31]. Řada dalších klíčových hráčů v oboru si kampaň vybrala stejně a v laboratořích i ve výrobě byl zaznamenán velký pokrok.

Další příklad aplikace biokompozitů se objevil komerčně v roce 2000. Audi uvedlo na trh vůz střední třídy A2 (obr.4), kde obložení dveří bylo vyrobeno z polyuretanu vyztuženého směsnou rohoží lnu a sisalu.



Obrázek 4 Interiér vozu Audi A2 [25]

Od začátku nového tisíciletí se obnovuje zájem o přírodní vlákna, zejména jako náhražku skleněných vláken v automobilovém průmyslu. [6]

V roce 2001 vyvinula automobilka Toyota koncept ES3 (obr. 5), představený na autosalonu v Ženevě, který měl panely karoserie vyrobené z kompozitů konopí a polyesteru, sisalové koberce, lehká sedadla čalouněná konopnou látkou a interiér vyrobený z kompozitu sladkých brambor vyztužených bagasou z cukrové třtiny. Tento koncept byl pro Toyotu odrazovým můstkem pro budoucí implementaci materiálů více šetrných k přírodě. [8]

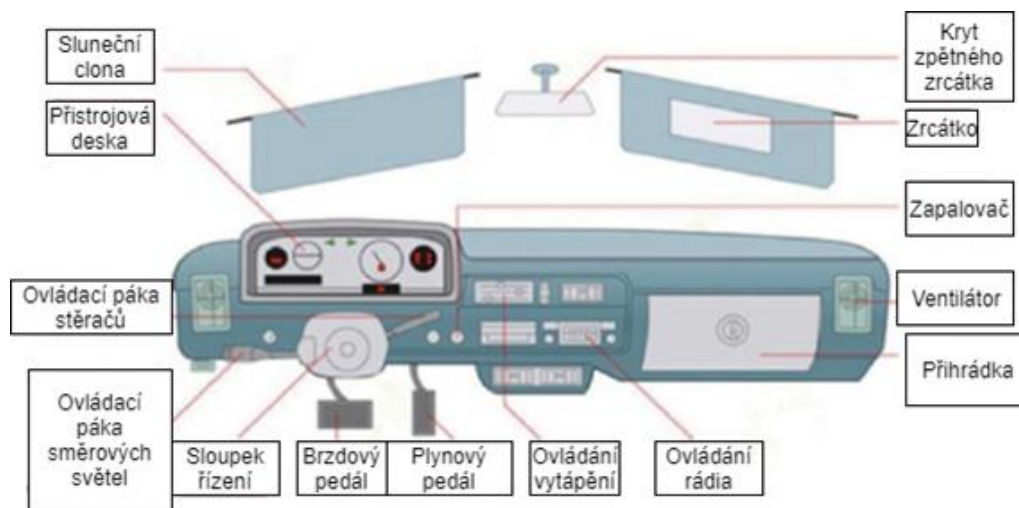


Obrázek 5 Koncept Toyota ES3 [8]

4.3 Současnost

V posledních dvou desetiletích se automobilové aplikace většinou omezovaly na interiérové díly, jako jsou obložení dveří, palubní desky, zadní police a aplikace čalounění. Aby bylo možné využít obnovitelnost a udržitelnost, vyvinulo se v rozsáhlé úsilí zaměřené na maximalizaci biokompozitního výzkumu a aplikací, s nimiž se akademická obec i průmysl setkávají, aby podpořily kompozity z přírodních vláken a bio pryskyřic. Ochrana přírody a minimalizace znečišťujících látek z automobilového průmyslu se objevily jako vážné problémy, které stojí za zvážení, ačkoli pro výrobce a kupující stále zůstává trvanlivost, bezpečnost a náklady hlavními měřítky pro výběr materiálů. Rozsáhlé použití těchto materiálů by se tedy mohlo realizovat pouze v případě, že bude dosaženo optimální rovnováhy mezi atributy nákladů, výkonu a životního prostředí. Počáteční krok směrem ke komercializaci biokompozitů v automobilech byl poměrně opatrný, protože většina inovací byla mnohem více zaměřena na nestrukturální interiérové komponenty; dřevěné obložení, výplně sedadel, opěradla sedadel, čalounění stropů, vaničky, palubní desky a termoakustické izolace, kde nedostatky v těchto částech nejsou tak materiálově náročné. S pokračujícím výzkumem a vývojem v této oblasti se však možnosti rychle rozšiřují o další

konstrukční součásti, jako jsou rámy sedadel, podlahové plochy, pick-upy, podlahové rošty, hnací ústrojí a součásti řízení. Studie ukázaly, že kompozity vyztužené přírodními vlákny lze aplikovat i tam, kde je vyžadována vysoká pevnost, vysoká tuhost a nízká hmotnost součástí. Zkoumání mechanických vlastností kompozitů sisal, abaka, konopí, kokosové vlákno, kenaf a polypropylen (PP) vyztužených jutovými vlákny ukázalo zvýšení pevnosti v tahu a modulu v rámci zvyšujícího se objemového podílu vláken. Bylo zjištěno, že jejich mechanické vlastnosti se dobře srovnávají s odpovídajícími vlastnostmi PP kompozitů vyztužených skleněnými rohožemi. V některých dalších případech kompozity z přírodních vláken vykazovaly lepší vlastnosti než sklo, což vysvětluje jejich aplikační potenciál pro konečná použití, která nevyžadují velmi vysoké únosnosti. Dalším přístupem, který se používá jak ve výzkumu, tak v praktické aplikaci, je hybridizace; prostředek kombinování biozdrojů s konvenčními materiály poskytující produkty, které mají požadované nákladové a výkonové vlastnosti. Suhara a kol. zjistili, že hybrid z 25% hmotnostních konopí a 15% hmotnostních skleněného PP-vyztuženého kompozitu měl mnohem lepší modul v ohybu, rázovou pevnost, tepelné a absorpční vlastnosti ve srovnání s konopím vyztuženým kompozitem a mohl by se lépe využít pro aplikace, kde by byla vyžadována vysoká tuhost a tepelný odpor. Porovnání posouzení životního cyklu dopadu kompozitů vyztužených konopím na kompozity akrylonitrilbutadienestyrenu (ABS) ukázalo výhody konopí v souladu s celoživotním dopadem na životní prostředí a doporučilo jim nahradit ABS při použití v automobilových výrobcích. Podobné hodnocení ukázalo, že je možné vyměnit boční panel u automobilu Audi A3 vyrobeného z (ABS) kopolymeru epoxidovým kompozitem vyztuženým konopnými vlákny, a protože mechanické vlastnosti konopí jsou relativně dobré, pravděpodobný mírný kompromis výkonu by tento kompenzátor výrazně kompenzoval. Výsledkem je dopad na životní prostředí. Navzdory nesčetným těžkostem, se kterými se setkaly při začleňování nových materiálů do svých výrobních linek, přišly téměř všechny zúčastněné strany z automobilového průmyslu, aby přijaly kampaň za ekologičtější průmysl. [9],[10]



Obrázek 6 Možnosti použití biokompozitů v interiéru [26]

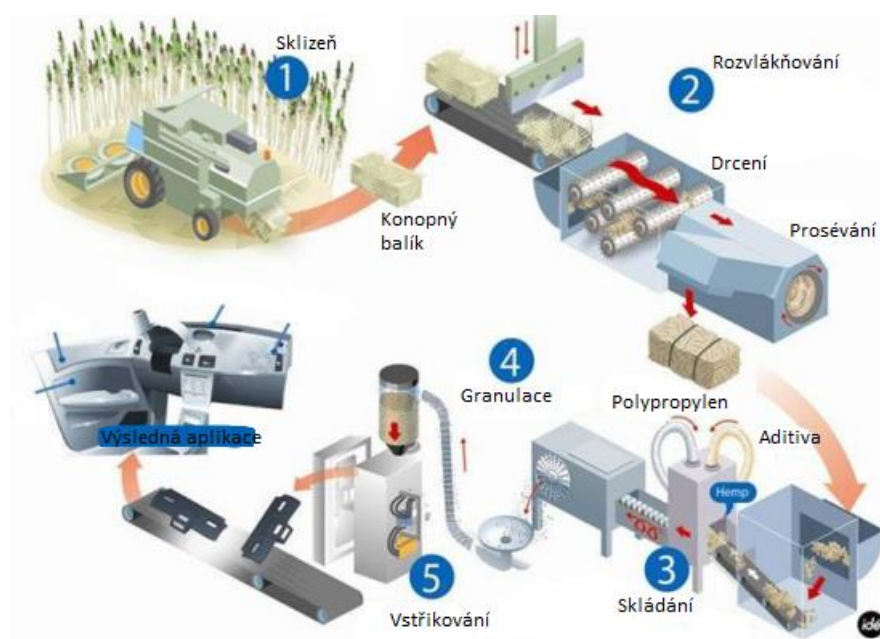
Použití biokompozitů je v zásadě spojeno s vynikajícími akustickými vlastnostmi a tepelnou izolací, stejně jako s nízkými náklady na přírodní vlákna. Některé z těchto aplikací současně vznikají při provádění marketingových politik zkoumáním ekologického obrazu a používáním materiálů z obnovitelných zdrojů. Strukturální aplikace jsou vzácné kvůli tradičně nízké rázové houževnatosti, špatné odolnosti přírodních vláken a kompozitů ze dřeva proti vlhkosti a omezené dostupnosti polotovarů konzistentní kvality. V současné době se intenzivně zkoumá použití přírodních vláken a dřevěných vláken v aplikacích z kompozitních materiálů. Výsledkem je, že mnoho automobilových nestrukturálních komponent (obr. 6) se nyní vyrábí z přírodních kompozitů, zejména na bázi polyesteru nebo polypropylenu a výztuh, jako jsou len, juta a dřevěná vlákna. [9],[10]

4.3.1 Přehled vybraných automobilových společností a jejich práce na vývoji biokompozitů

4.3.1.1 Faurecia

Faurecia, jeden z největších dodavatelů automobilového vybavení, má sídlo v Nanterre France se specializací na výrobu sedadel, výfukových systémů a systémů interiérů. Dodává díly jako palubní desky, středové konzoly, dveřní panely, akustické moduly a systémy tlumení nárazů pro koncerny Volkswagen, PSA Peugeot Citroen, Ford, General Motors, Renault-Nissan, Toyota, Hyundai, Fiat / Chrysler, KIA a dalším. Tato kategorie výrobků představuje 15–20% hmotnosti vozidla. Společnost byla součástí skupiny výrobců automobilů zaměřené na vývoj technologií zaměřených na neustálé vytváření pozitivního hodnocení životního cyklu vozidla (LCA) prostřednictvím snižování hmotnosti, nižší spotřeby paliva a menší zátěže znečištěním. Kódem programu s názvem „BioAttitude“

zavedl Faurecia na trh řadu nových technologií, například přírodní vlákna pro štíhlý injektovaný design (NAFILEan) a LignoLiteto. NAFILEan je zpracován tradičními vstřikovacími stroji (obr. 7) umožňujícími formování unikátní komplexní tvarované interiérové produkty ve formě středových konzol, přístrojových desek a dveřních panelů, jako například pouzdro pro Peugeot308. Během procesu tváření umožňuje využití konopí ve směsi 20% úsporu hmotnosti a 20–25% snížení celkového dopadu na životní prostředí během životního cyklu součástí. Stejně tak je LignoLite produktem tradičního lisování za tepla, které kombinuje až 85% dřevěných vláken s pojivou na bázi oleje. To bylo použito při vytváření komponentů pro dveřní panely Mercedes Benz třídy S, což vedlo k úspoře až 45% hmotnosti nosiče dveřního panelu. Další inovace snižující váhu provedená společností Faurecia zahrnovala použití Flaxpreg; zelený a lehký, velmi dlouhý kompozitní písek vyztužený lněnými vlákny. S použitím jednosměrných dlouhých netkaných lněných vláken jako výztuže schopné usnadnit drastické snížení hmotnosti spojené s nosnými schopnostmi pro aplikaci v ložné ploše prostorů pro cestující ve vozidle. [11],[12]



Obrázek 7 Proces výroby [27]

4.3.1.2 Goodyear a Dupont

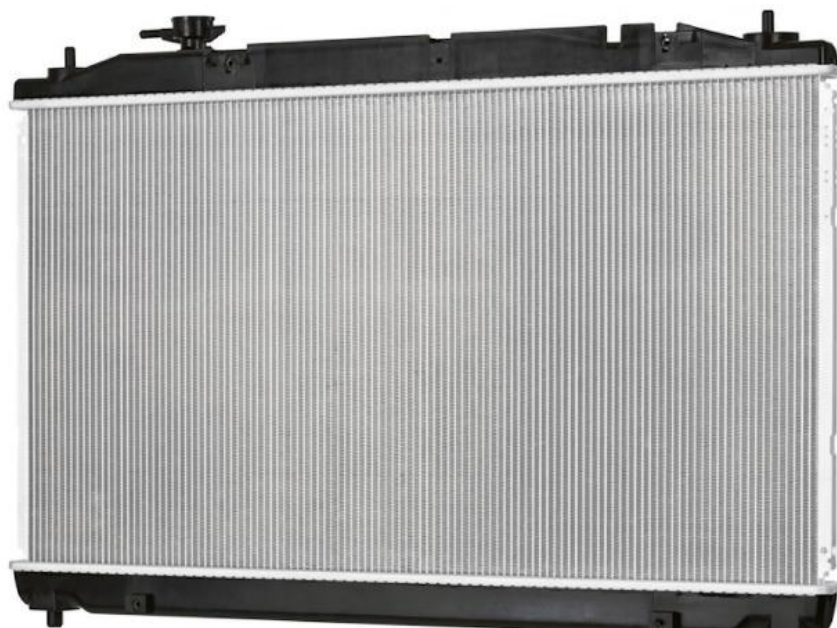
Goodyear, globální společnost vyrábějící pneumatiky pro automobily, mimo jiné i pro limuzíny, lehké nákladní automobily, užitková vozidla, SUV a nákladní automobily. Dodavatel automobilů Ford spolupracuje s chemickou společností DuPont na společném vývoji obnovitelných alternativ pro ropné chemikálie a paliva. V roce 2009 uvedli společně se společností Genencor na trh bioizopren získaný z biomasy a společnost Ford

od té doby na svém evropském trhu používá tyto upravené pneumatiky s kukuřičným škrobem. BMW také uvažuje o jejich použití na jejich sedanech verze 3. Další energeticky úsporná pneumatika GT-3 BioTred, vyrobená ve spolupráci s italskou firmou Novamont zabývající se biomateriály, přitahuje zájem mnoha výrobců automobilů. Goodyear má ve složení pneumatik některé saze a oxid křemičitý nahrazený biomateriály produkujícími 5% snížení spotřeby paliva, 50% snížení hluku, odvalování s 10% zlepšením vlastností při užití za mokra. Inovace, za které na Ženevském autosalonu 2010 získali ocenění „Environmentální úspěch roku“. Zatímco polyizopren získaný z přírodního kaučuku stále nabízí tu nejlepší kvalitu, nestačí k uspokojení dostupné poptávky, protože výroba spočívá pouze v koncentraci v konkrétních regionech, politická nestabilita v těchto oblastech nebo propuknutí choroby rostlin by měly obrovský vliv na automobilový průmysl. Průzkum izoprenu získaného z biomasy se stává nedílnou součástí komponentů automobilové pneumatiky. Faurecia ukázala, že výměna trávy, melasy z cukrové třtiny a dřevní biomasy může nabídnout alternativní zdroj pro BioIsopreneVR (2-methyl-1, 3-butadien) přeměnou získané celulózy na cukry, které se zase přemění na isopren. K výrobě prekurzorů pro syntetické fermentovatelné cukry BioIsopreneVR using jako surovinu byly použity dráhy MVA i DXP. [13], [14], [15]

4.3.1.3 Toyota

První komerční snaha společnosti Toyota o ekologické využití bylo použití matice PLA ze sladkých brambor a cukru vyztužených vlákny Kenaf v obalu pneumatiky RAUM 2003. Poté byly použity kompozity PP vyztužené vlákny Kenaf k výrobě ozdobných lišt dveří Mazda a dalších interiérových dílů v Indonésii. U modelu Rav 4 z roku 2008 byly použity pěny na bázi sóji, zatímco PP / PLA na bio bázi našly uplatnění v bočních lištách, prahových lištách dveří, boxu na nářadí, desce pro dokončování podlah a přihrádkách v modelu Lexus CT200h. V roce 2009 Toyota pracovala na jedné z nejnáročnějších inovací v biokompozitní éře, která zahrnovala použití biologického základu Zytel RS pro koncovou nádrž chladiče (obr.8) vozu Toyota Camry Sedan 2010. Společně vyvinutý dodavatelem systémů, výrobcem nástrojů a formovacím zařízením DENSO Corp. (Kariya, Aichi, Japonsko) a dodavatelem pryskyřic DuPont Automotive (Troy, MI), byly tyto díly vstříkovány z 30% krátké sklem vyztužené směsi polyamidu (PA 6,10 nylon 6,10) pryskyřice formulované s 40% bio-monomery získané ze skočce obecného. To demystifikovalo neschopnost biokompozitů v náročných aplikacích vyžadujících vysokou

rázovou pevnost, chemickou odolnost, odolnost proti tečení a dlouhodobý tepelný výkon při vystavení širokému rozsahu teplot a tlaků. V roce 2011 byla tato společnost průkopníkem v používání biopolyetyléntereftalátové (PET) pryskyřice v automobilovém průmyslu. Tento nový materiál údajně měl lepší tepelnou odolnost, větší odolnost a menší náchylnost ke smršťování ve srovnání s částmi na bázi kukuřice použitými v obložení zavazadlového prostoru Lexusu CT200h. [16], [17]



Obrázek 8 Chladič Zytel RS [28]

Tabulka 1 uvádí několik automobilových společností, která již používají přírodní vlákna v automobilových součástech [8]

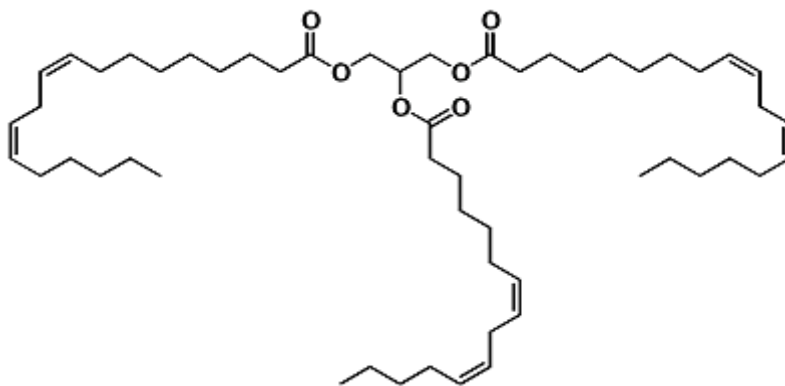
Výrobce	Model	Automobilová součást
Audi	A2, A3, A4, A6, A8, Roadster, Coupe	Opěradla sedadel, panely bočních a zadních dveří, obložení zavazadlového prostoru, obložení rezervy
BMW	3,5,7, 1	Panely dveří, panely stropu, panely zavazadlového prostoru, panely odhlučnění, obložení dveří
Citroen	C5	Panely interiéru
Chrysler	A, C, E, S-class	Panely dveří, přístrojová deska, stolek
Fiat	Punto, Bravam Marea,Alfa Romeo 146,156	Obložení dveří, obložení opěradla, panely dveří, opěrky hlavy, polštáře opěradla
Ford	Monde, Focus, Freestar	Panely dveří, vložka do zavazadlového prostoru, vložky pro posuvné dveře
Lotus	Eco Elise	Panely karoserie, spoiler, sedadla, interiérové koberce
Mercedes-Benz	Nákladní vozy, A-class	Kryt motoru a střechy, sluneční clona, vnitřní izolace, nárazníky, kryt rezervního kola
Opel	Vectra	Vložky do panelů
Peugeot	406	Opěradla sedadel, odkládací police
Renault	Clio,Twingo	Zadní odkládací police
Rover	2000	izolace, zadní police a panely
Saab	-	panely dveří
Seat	-	Panely dveří, opěradla sedadel
Satum	L300s	Panely dveří, opěradla sedadel
Toyota	Brevis, Harrier, Celsior, Raum	Panely dveří, opěradla sedadel, kryt rezervní pneumatiky
Vauxhall	Corsa, Astra,Vectra,Zafira	panel obložení stropu, vnitřní výplně dveří, přístrojová deska
Volkswagen	Golf, Passat	Panel dveří, opěradlo, povrchová úprava víka zavazadlového prostoru, obložení zavazadlového prostoru
Volvo	C71, V70	čalounění sedadel, přírodní pěny, podlahová vana

Tabulka 1 Výrobci využívající biokompozity [8]

4.4 Nejpoužívanější biokompozity v automobilovém průmyslu

4.4.1 Termosetové kompozity z lněného oleje

Termosetové kompozity z lněného oleje (obr. 10), který se získává ze sušených, zralých semen rostliny lnu lisováním a někdy následuje extrakce rozpouštědlem. Lněný olej je chemicky složen z 57% kyseliny linolové (C18: 3), 15% kyseliny linolové (C18: 2), 19% kyseliny olejové (C18: 1) a 4% kyseliny stearové (C18: 0). Nenasycené mastné kyseliny, které jsou směsí triglyceridů, lze snadno převést na epoxidové mastné kyseliny běžnou epoxidací, epoxidací kovového katalyzátoru, katalytickou kyselou iontovou výměnou nebo jinými reakcemi. Lněný olej je nejvíce epoxidovaný olej kvůli své nejvyšší koncentraci dvojných vazeb. Aby se zajistila požadovaná reaktivita, triglyceridová sloučenina se izoluje a pečlivě čistí, následuje vhodná funkcionalizace. K funkcionalizaci epoxidovaného lněného oleje se používá řada chemických modifikačních technik a jednou z nejběžněji používaných je epoxidační reakce. Syntéza termosetových polymerů z lněného oleje prostřednictvím epoxidace, po které následuje akrylace a poté maleinace produkuje termosety s modulem skladování přibližně 2,5 GPa při 30 C, Tg nad 100 C, flexurní pevnost 100 MPa, modul pevnosti v ohybu 2,8 GPa. Termosetové epoxidované lněné semínko se používá jako impregnační prostředek, k sušení olejového laku při povrchové úpravě dřeva, jako pigmentové pojivo v olejových barvách a při výrobě linolea. Bylo zjištěno, že lněný olej vykazuje nejvyšší skelný přechod, vysokou pevnost a nejnížší prodloužení při přetržení. Termosetové polymery lze také získat z konjugovaného lněného oleje, styrenu a divinylbenzenu (DVB) tepelnou polymerací i hromadnou radikálovou polymerací. Lignocelulózou vyztužené biokompozity připravené za použití volně radikálově vytvrzeného konjugovaného lněného oleje na bázi pryskyřice vykazují pevnost v tahu 5,4 - 8,8 MPa; přidání anhydridu kyseliny maleinové jako kompatibilizátoru zvyšuje pevnost v tahu až na 10,4 MPa. Molekuly triglyceridů v lněném oleji mohou být funkcionalizovány tak, aby produkovaly nenasycenou polyesterovou pryskyřici prostřednictvím glycerolýzy za vzniku monoglyceridu a poté reakcí s anhydridem kyseliny maleinové za vzniku maleinovaného monoglyceridu, který je smíchán se styrenem, přičemž reaktivní monomer vede ke křížení - vázaný termosetový polymer s karboxylovými skupinami, který lze použít pro vazbu s hydroxylovými skupinami lignocelulózových vláken. [18]



Obrázek 9 Struktura lněného oleje [29]

4.4.2 Pšeničné lepkové matricové kompozity

Pšeničný lepek (WG) se vyskytuje hlavně v pšenici jako zásobní bílkovina, bílkovina se ukládá v buňkách endospermu (vnitřní živné pletivo) obilí. WG protein lze obecně rozdělit do dvou skupin na základě jejich rozpustnosti v alkoholu: na alkohol rozpustný nízkomolekulární gliadin (obr. 11) a na alkohol nerozpustný vysokomolekulární glutenin, jejichž podíl je typicky asi 45%, respektive 55%. Po smíchání s vodou tvoří proteinové buňky viskoelastickou matici; tyto viskoelastické vlastnosti podporují využití pšenice k výrobě chleba a dalších zpracovaných potravin. Jedna skupina glutenových proteinů, HMM podjednotky glutenu, je zvláště důležitá pro zajištění vysoké úrovně elasticity (tj. pevnosti těsta). Tyto proteiny v polymerech HMM jsou stabilizovány disulfidovými vazbami a jsou považovány za látky tvořící pružnou kostru glutenu. Zelené kompozity lze připravit obvyklým smícháním WG a dalších organických nebo anorganických složek za použití konvenčního zařízení na zpracování plastů, po kterém následuje termické formování směsi při zvýšených teplotách k zesíťování matrice. Aby se odstranila špatná houževnatost a odolnost proti vodě, potřebuje WG změkčovadla, jako je glycerol, sorbitol, a také nasycené mastné kyseliny, jako je diethanolamin, triethanolamin atd. glycerol jako změkčovadlo může být použit k překonání křehkosti a zlepšení houževnatosti kompozitů. Přidání sekundární složky ve formě fileru může významně zlepšit Youngův modul a pevnost v tahu plastifikovaných kompozitů, což je doprovázeno poklesem ztrátového / mechanického tlumicího faktoru v oblasti teploty skelného přechodu fáze bohaté na lepek. Syntetické biodegradovatelné polymery byly také použity pro přípravu WG směsí začleněním reaktivního kompatibilizátoru nebo chemickou modifikací WG proteinů. Mechanické vlastnosti, absorpci vlhkosti a molekulární relaxaci kompozitů lze přizpůsobit úpravou obsahu druhé složky a změkčovadla, jakož i teplotou a časem formování. Přidání

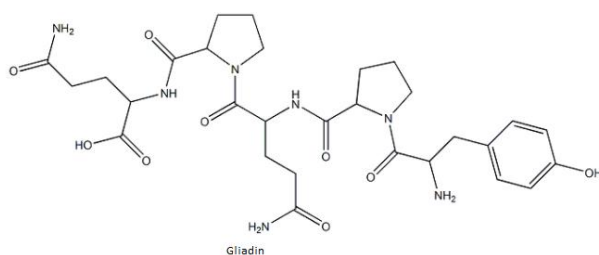
plastifikátorů zvyšuje mobilitu polymerních řetězců, zlepšuje tokové vlastnosti a případně lepší impregnaci plničů a matrice; tím však vznikají kompozity se sníženými mechanickými vlastnostmi.

Tepelně zpracované zelené kompozity založené na WG vykazují slibný potenciál pro velkovýrobu a jejich aplikace budou přínosem pro snížení plastového odpadu a zlepšení recyklovatelnosti. Struktury a vlastnosti WG kompozitů jsou závislé na několika parametrech, jako je obsah změkčovadel, struktura a povaha sekundární složky, kompatibilizátor a mezifázová adheze, jakož i výrobní metoda a podmínky.

Zpracovatelnost a houževnatost kompozitů WG lze snadno upravit pomocí změkčovadel a vhodného zpracovatelského zařízení. Zlepšení mechanických vlastností WG kompozitů přidáním organických a anorganických složek buď ve formě částic nebo vláken by přilákalo zájem průmyslu a spotřebitelů. Zejména zahrnutí nanočástic nebo tuhých mikrovláken do WG kompozitů může výrazně zlepšit pevnost v tahu a modul.

Neplastifikovaný WG je ve sklovitém stavu s T_g v rozmezí od 124 do 145 ° C. Suchý WG v práškové formě nevystřikuje a netvoří viskoelastickou síť během procesu tepelného formování. Vodní dispergační činidlo se obvykle používá k usnadnění míchání proteinů WG s dalšími složkami používanými ve formě filtru. Pro přípravu jednosměrných kompozitů WG s přírodním plnivem byl WG rozpuštěn v roztoku metakresolu (0,1 g / 10 ml) a čedičová příze je v roztoku namočená. Namočené příze se suší ve vakuové sušárně, aby umožnila WG proniknout do příze. Neplastifikované kompozity WG s čedičem se poté vyrábějí lisováním čedičových nití za zvýšené teploty. Vodní dispergační činidlo bylo také použito ke smíchání polyvinylalkoholu (PVA) a WG pro zlepšení účinku míchání.

Mechanické chování tepelně zpracovaných bioplastů WG může být přizpůsobeno řízením teploty formování, která určuje hustotu zesíťování matrice WG prostřednictvím tvorby disulfátů nebo přidáním síťovacích činidel, jako jsou aldehydy, které zavádějí další zesíťovací vazby mezi proteinovými makromolekulami. [18]

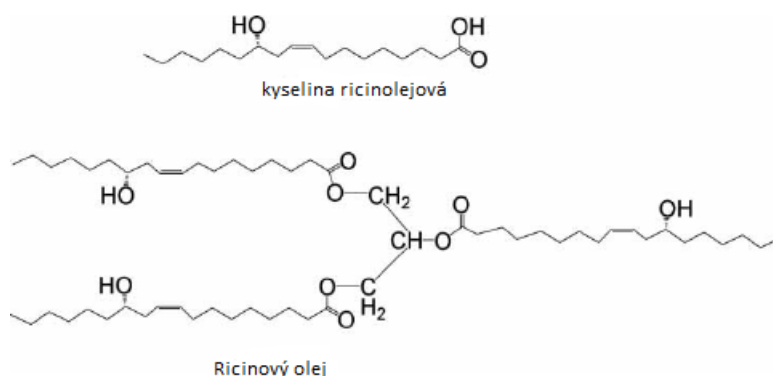


Obrázek 10 Struktura giladinu [30]

4.4.3 Kompozity založené na pryskyřicích z ricinového oleje

Ricinový olej je přírodní, viskózní, bledě žlutý, těkavý a nedráždivý olej, s jemnou chutí, získávaný ze stromů skočce obecného. Obvykle je hustý s různými barvami.

Nejvýznamnějším producentem ricinového oleje je Indie, následovaná Čínou a Brazílií, které jsou zodpovědné za 92% celosvětové produkce. Skočec obecný roste v zemích s tropickým a subtropickým podnebím s průměrnými teplotami kolem 20-26 C a nízkou vlhkostí vzduchu. Olej se získává extrakcí nebo expresí osiva rostliny *Ricinus communis*, která patří do čeledi Euphorbiaceae. Z různých biopolymerních materiálů z obnovitelných zdrojů představují ricinové oleje ideální alternativu k chemickým surovinám. Ricinový olej (obr. 12) jako všechny ostatní rostlinné oleje je rostlinný triglycerid. Molekula je charakteristicky tvořena hydroxylovými skupinami a použita jako polyol při syntéze zesíťovaného polyurethanu. [18]



Obrázek 11 Chemický vzorec ricinového oleje [31]

Olej je přírodní zdroj, který se považuje za bližší čisté sloučenině, kde 87% až 90% mastné kyseliny přítomné v jeho složení je kyselina ricinolejová. Asi 10% až 13% jsou nehydroxylované mastné kyseliny. Ricinový olej je také nenasycený olej, ale navíc má ve své struktuře hydroxylové skupiny (kyselina ricinolejová má ve svém řetězci jednu hydroxylovou skupinu). Nenasycené mastné kyseliny obsahují řadu dvojných nebo trojných vazeb mezi dvěma atomy uhlíku. Deriváty rostlinných olejů, jako jsou epoxidované rostlinné oleje, zejména ricinový olej, lze použít jako surovinu pro syntézu různých chemikálií, včetně glykolu, polyolu a karbonylových sloučenin, jakož i lubrikantů a změkčovadel polymerů. Některé z polymerů, které lze získat z ricinového oleje a jeho derivátů, jsou biologické polyurethany a polyestery. Přístupy používané k získání polymerních materiálů z rostlinných olejů lze rozdělit do dvou kategorií, a to: přímá polymerace a chemická modifikace. Hlavní výhody pryskyřic ricinového oleje jsou:

obnovitelnost, hojnost, a proto nízké náklady, nízký dopad na životní prostředí a snížení závislosti na omezených zdrojích petrochemie, pružnost během zpracování a menší výsledné opotřebení stroje, nízká hustota, žádoucí poměr stran, relativně vysoký modul tahu. [18]

4.4.4 Polyurethany na biologické bázi

Polyurethany (PU) se syntetizují reakcí polyolu a diisokyanátu; jsou to důležité polymery v průmyslových odvětvích, která vyrábějí tuhé pěny, elastomery, povlaky, lepidla a těsnicí materiály. Polyurethany mohou být termoplastické nebo termosetové v závislosti na diolech nebo polyolech. První způsobí termoplastický PU, zatímco druhý vytvoří termosetový PU. Ricinový olej má přirozeně se vyskytující polyoly. Proto nabízí alternativu k syntetickým polyolům ve srovnání s výchozími surovinami pro syntézu PU na bázi uhlovodíků, protože jsou cenově konkurenceschopné a nabízejí alternativy příznivé pro životní prostředí. Ricinový olej má nejvyšší koncentraci kyseliny ricinolejové, mastné kyseliny, která je prekurzorem pro výrobu polyolů. Ricinolejová mastná kyselina má hydroxylové skupiny, zatímco jiné rostlinné oleje nemají hydroxylové skupiny, což činí ricinový olej nejlepší alternativou pro reakci s isokyanáty pro výrobu PU. Zlatanica a kol. syntetizoval PU z různých rostlinných olejů: sluneční olej ze středního oleje, řepka, sója, sluneční květ, kukuřice a lněný olej se 4,4-difenylnmethan-diisokyanátem jako síťovací činidlem. Lněný olej na bázi PU vykazoval vyšší hustotu zesíťování, lepší mechanické vlastnosti a vyšší teploty skelného přechodu. Nejnižší T_g byl získán pro PU ze středního olejového slunečního oleje (33 °C) a nejvyšší byl pozorován u lněného oleje na bázi PU (77 °C). Pevnost v tahu všech PU se pohybovala od 15 do 23 MPa, s výjimkou PU na bázi lněného oleje, které vykazovalo třikrát vyšší pevnost v tahu než ostatní (56 MPa). Modul v tahu polyuretanu na bázi lněného oleje byl téměř čtyřikrát vyšší (2 GPa) ve srovnání s jinými polyurethany na bázi oleje. Tato změna mechanické pevnosti byla způsobena různými hustotami zesíťování a méně od polohy reaktivních míst v řetězcích mastných kyselin. Polyoly z přírodního oleje komerčně vyrábí několik společností, Agribusiness Cargill (BiOH, sójový polyol), Dow Chemical (sójové polyoly Renuva), Urethane Soy Systems Company a BioBased Technologies (Agrol) BASF (BALANCE, na bázi ricinového oleje) polyol), Bayer (BAYDUR, polyol na bázi ricinového oleje) a Mitsui Chemicals (polyol na bázi ricinového oleje), pro výrobu polyurethanových pěn pro automobilový průmysl, nábytek, izolaci stříkáním a další průmyslová odvětví.

Lignocelulózové materiály včetně dřeva a zemědělského nebo lesního odpadu obsahují přírodní polymery na bázi ligninu, celulózy a hemicelulózy a třísloviny s více než dvěma hydroxylovými skupinami na molekulu, a lze je proto použít pro syntézu polyolů. Lignocelulózové materiály a sacharidy se také používají k získání polyolů, které jsou prekurzory pro výrobu PU. U biomasy zahrnuje proces zkapalňování chemickým nebo termochemickým zpracováním při vysokých teplotách a vysokém tlaku v přítomnosti alkoholů, jako je ethylenglykol, pro reakci s isokyanátem a polyolem jako vhodnou zkapalněnou biomasu s obsahem hydroxyly. [18]

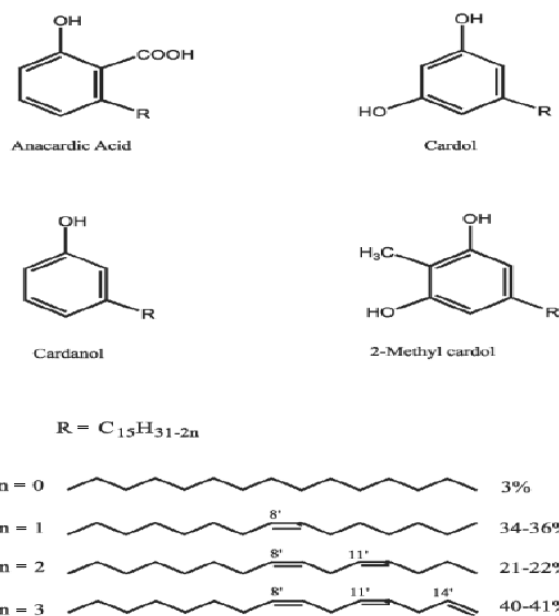
4.4.5 Kešu ořechová kapalina

Kapalina ze skořápky kešu ořechů (CNSL) je tmavě hnědá viskózní kapalina přítomná uvnitř měkké voštinové struktury skořápky kešu ořechů a je velmi důležitým zemědělským vedlejším produktem produkce kešu ořechů a kešu jablek produkovaných stromem Ledvinovníku západního (*Anacardium occidentale*). Plášť matice je přibližně 1/8 palce (0,3 cm) tlustý. Tekutina z kešu ořechů je perikarpní tekutina kešu ořechů. Přírodní CNSL (obr. 13) je směs fenolických sloučenin s alifatickými postranními řetězci, a to 70% kyselina anakardová, 5% kardanol a 18% kardol. CNSL lze extrahovat několika způsoby: proces horkého oleje, extrakce rozpouštědlem, mechanická extrakce, vakuová destilace nebo procesy nadkritických kapalin: hlavně horký olej a místní pražení, při kterém CNSL proudí z pláště. CNSL je typicky zpracován vysokými teplotami, které dekarboxyláty kyseliny anakardové, čímž se získá kardanol; další destilace CNSL odstraňuje kardol a ponechává kardanol jako primární složku v CNSL. [18]

Složení CNSL se může lišit v závislosti na metodě použité k extrakci, a proto mají odlišné chemické složení, které lze rozdělit do dvou hlavních typů: CNSL extrahovaný rozpouštědlem (přírodní CNSL) a technický CNSL (tCNSL). Přirozený CNSL se získává využitím některých technik extrakce rozpouštědly (obvykle Soxhletova, superkritického oxidu uhličitého nebo podkritické vody) za účelem získání jeho složek za mírných podmínek bez podpory jakékoli chemické modifikace. Jako zdroj fenolických sloučenin pro syntézu fenol / formaldehydových polymerů byl použit technický tCNSL. V dnešní době, s pokrokem v chemii těchto fenolických lipidů, se tCNSL jeví jako ekonomicky proveditelný zdroj fenolických složek. V průmyslu se CNSL extrahuje automatizovaným procesem, který využívá vysoké teploty k otevření skořápky a obnovení jádra kešu ořechu. Přítomnost aromatických kruhů v CNSL je další výhodou, která vede k tepelné stabilitě,

díky nimž je používán jako zpomalovač hoření. Různé složky CNSL, jako aromatické, fenolové sloučeniny, mohou reagovat s formaldehydem za vzniku kondenzačních polymerů, jako jsou resole a novolac, které vytvářejí vynikající matricové pryskyřice pro kompozity a také nenasycená místa v postranních řetězcích CNSL mohou také podstoupit adiční polymeraci za použití buď iniciátorů volných radikálů nebo iontových iniciátorů. K CNSL-formaldehydovým pryskyřicím se přidává tvrdidlo hexamethylentetramin (HMTA) jako způsob zlepšení charakteristik vytvrzování. Přítomnost aromatických a fenolických sloučenin umožňuje CNSL zesíťovat s formaldehydem za vzniku novalaku a rezolu, které jsou použitelnými termosetovými

pryskyřicemi pro biokompozity. Novalac CNSL formaldehydové pryskyřice mají dlouhé uhlovodíkové řetězce; proto jsou kondenzáty pružnější než běžné fenolové pryskyřice. Tyto pryskyřice lze použít pro povrchové úpravy s úpravou oleje nebo bez ní, pokud je požadována vysoká chemická odolnost. K vyztužení termosetů na bázi CNSL byla použita přírodní vlákna. Výzkum jinde využíval vlákna z palmového oleje, sisalová vlákna, kenafová a konopná lýková vlákna, jutová vlákna a kokosová vlákna. [18]



Obrázek 12 Struktura CNSL [32]

4.4.6 Zeinové matricové kompozity

Zein je biochemická látka, která patří k prolaminovým proteinům a je extrahovatelná z kukuřice. Prolaminy jsou skupina proteinů s vysokým obsahem prolinů (C₅H₉NO₂), které se nacházejí v obilných zrnech, jako je pšenice, ječmen a kukuřice. Zein je nerozpustný ve vodě, ale mnoho organických sloučenin, zejména alkoholů, ketonů a aromatických uhlovodíků, lze použít jako rozpouštědlo buď v čisté formě, nebo někdy ve směsi s vodou. Zein již téměř jedno století předvádí širokou škálu aplikací jako pojivo, lepidlo, prostředek pro potahování plastů, film nebo vlákno v různých průmyslových odvětvích. Stejně jako WG má čistý zein silné adhezivní vlastnosti, ale potřebuje další sloučeniny jako změkčovadla, aby se mohl přeměnit na filmy nebo vlákna nebo působit jako vhodná

polymerní matrice. Osm skupin změkčovadel určil Hansen (1938), včetně glykolů, sulfonamidů, mastných kyselin, amidů, aminů, glycerylesterů, glykolesterů, esterů a různých organických sloučenin. Výzkum týkající se zpracování a vlastností polymerního kompozitu zeinu a lepku provedl Sanghoon Kim v roce 2006. Zavedl rozvinutý proces, při kterém byl materiál z pšeničného proteinu (lepku) v mikroskopickém měřítku potažen zeinem při pokojové teplotě a poté stlačen za vzniku pevného soudržného materiálu. Bylo zjištěno, že pevnost v tlaku tohoto polymerního kompozitu je přibližně 40 MPa srovnatelná s polypropylene. Nejlepší mechanické vlastnosti byly získány s matricí obsahující 10% kyseliny oktanové, 30% vody a 20% dřevěných vláken, což mělo za následek pevnost v tahu a Youngův modul 18,7 MPa, respektive 4 GPa. V současnosti jsou v BBL vyvíjeny výzkumné aktivity za účelem extrakce zeinu z levných zbytků po zpracování kukuřičného škrobu a jeho využití při výrobě dřevotřískových desek šetrných k životnímu prostředí. V jedné z těchto studií byl jako změkčovadlo použit methylenchlorid a byly zkoumány účinky obsahu methylenchloridu, obsahu zeinu a teploty výroby lepidla na mechanické vlastnosti zein / bambusové dřevotřískové desky. Výsledky ukázaly, že když se objemové procento methylenchloridu zvýšilo z 10% na 50%, zpočátku se zvýšily hodnoty mechanických vlastností dřevotřískových desek, jako jsou modul pružnosti, pevnost v tahu a vnitřní pevnost spoje a pak se snížily. Optimální objemové procento bylo získáno asi 20%, což odpovídá 2353,44 Pa a 15,62 MPa pro Youngův modul. Když se procento zeinu zvýšilo z 20% na 40%, hodnoty mechanických vlastností dřevotřískové desky také ukázaly počáteční zvýšení a poté snížení; bylo zjištěno, že optimální procento zeinu je 30%. Když se teplota výroby lepidla zvýšila z 25 ° C na 65 ° C, hodnota mechanických vlastností dřevotřískové desky poklesla; optimální teplota byla tedy 25 ° C. Podobné experimenty byly provedeny s použitím jiných změkčovadel, jako je kyselina olejová nebo glycerol, v této laboratoři. Optimální procentuální obsah kyseliny olejové a glycerolu byl 9%, respektive 10%. Přestože ve výše uvedených experimentech byly shledány uspokojivé mechanické vlastnosti, je třeba ještě více experimentů ke zlepšení odolnosti kompozitů bambus / zein proti vodě. V oblasti obnovitelných materiálů ukazují přírodní vláknité kompozity schopnost být životaschopným konstrukčním materiálem. Protein z kukuřičného zeinu byl vybrán jako přírodní spojovací činidlo na bio bázi díky své kombinaci hydrofobních a hydrofilních vlastností. Zein byl uložen na povrchu lnu, který byl poté zpracován na jednosměrný kompozit. Byly měřeny mechanické vlastnosti vzorků ošetřených zeinem a porovnány s běžně používanými syntetickými úpravami hydroxidu

sodného a silanu, které obsahují drsné chemikálie. Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací, chemická analýza a rastrovací elektronová mikroskopie byly také použity k analýze ošetření zeiny. Úspěšně se zvýšila pevnost v tahu o 8 % a pevnost ve smyku o 30 % ve srovnání s neošetřenými vzorky. [18]

4.4.7 Zelené epoxidové komponenty

Přibližně 90% všech epoxidů na biologické bázi na trhu je založeno na diglycidyletheru bisfenolu A (DGEBA) odvozeného od epichlorhydrinu a bisfenolu A. Epichlorhydrin je epoxid, jehož proces výroby zahrnuje chlorhydrataci allylchloridu, který se zase vyrábí chlorací propylenu z ropných zdrojů. Několik společností nyní vyrábí zelené epoxidové pryskyřice pomocí epichlorhydrinu z obnovitelných zdrojů. Spolchemie a.s., společnost v České republice, vyrábí zelené epoxidové pryskyřice s jedinečnou technologií výroby epichlorhydrinu z obnovitelného zdroje surovin, jednoho z vedlejších produktů výroby biopaliv a glycerinu. Spolchemie úplně nahradila propylen glycerinem. Vyrobené zelené epoxidové pryskyřice jsou certifikovány nezávislou organizací International EPD Consortium ze Švédska a byl získán certifikát EPD (Environmental Product Declaration). Bylo to poprvé, co zelená epoxidová pryskyřice získala certifikát EPD na světě. Společnost Solvay Chemicals vyrábí epichlorhydrin z biologického glycerolu, vedlejšího produktu výroby bionafty pomocí řepky, podle technologie EPICEROL. Biologicky odbouratelná kůra a zesílené zelené epoxidové kompozity byly vyvinuty pomocí zeleného epoxidu s ohledem na aplikaci na automobilové přístrojové desky. Ukázalo se, že optimální teplota vytvrzování zeleného epoxidu je 120 °C. Statické vlastnosti ukázaly pevnost v tahu 33 MPa a vnější pevnost 207 MPa. Frekvenční rozmítání dynamických mechanických vlastností ukázalo vynikající spojení matrice alkalicky ošetřené textilie se zeleným epoxidovým polymerem s teplotou skelného přechodu v rozmezí 160 až 180 °C. [18]

4.4.8 Celulózová vlákna

Přírodní rostlinná vlákna lze považovat za kompozity navržené přírodou, které mají duté celulózové vlákniny držené pohromadě ligninovou a hemicelulózovou maticí. Chemické složení i struktura rostlinných vláken je poměrně komplikovaná. Vlákna se v zásadě skládají z tuhého, krystalického celulózniho mikrofibrilu vyztuženého amorfniho ligninu a / nebo hemicelulóz, ligninu, pektinů, vosků a několika ve vodě rozpustných sloučenin, kde jsou jejími hlavními složkami celulóza (celulóza), hemicelulózy a ligniny.

Hlavní strukturní jednotka vláken, často nazývaná mikrofibrily, mikrovlákna nebo primární / základní vlákna, mají tvar buněčné stěny duté trubice se čtyřmi různými vrstvami: jedna primární buněčná stěna, tři sekundární buněčné stěny a lumen, který je otevřený kanál ve středu mikrofilmu. Celulózové vlákniny, které jsou mechanicky broušeny nebo chemicky vyráběny ze stromů, se nazývají dřevěná vlákna. Celulóza je nejhojnější přírodní polymer na světě a základní složka všech rostlinných vláken. Jedná se o přírodní lineární krystalický homopolymer (polysacharid) sestávající z opakujících se jednotek D-glukopyranózových kruhů navzájem spojených 1-4 β -D-glykosidovými vazbami. Molekuly celulózy jsou náhodně orientovány a mají tendenci vytvářet intramolekulární a intermolekulární vodíkové vazby. Hustota náplně celulózy je vysoce krystalická a může obsahovat až 80% krystalických oblastí. Zbývající část má nižší hustotu náplně a běžně se označuje jako amorfní celulóza. Na bázi suché hmotnosti se většina rostlin skládá z přibližně 45% a 50% celulózy. Procento celulózy se u stonkových vláken může pohybovat od vysoké (bavlna) téměř 90% po nízké přibližně 30% [19]. Vlastnosti přírodních rostlinných vláken se liší a budou záviset na zdroji vláken (typy rostlin); poloha souboru v rostlině; podmínky růstu, stáří a separační techniky vláken [20].

4.5 Ekologie

V posledních několika letech odhalil vývoj nových materiálů na bázi vláken obrovský potenciál těchto materiálů, který vedl ke zlepšení kvality lidského života. Složky těchto vláknitých materiálů mohou být přírodního nebo syntetického původu. Přírodní vlákna, včetně celulózových, bílkovinných a minerálních vláken, jsou sbírána přímo z přírody a jsou považována za materiály šetrné k životnímu prostředí. Na druhé straně jsou syntetická vlákna vyrobena člověkem, a přestože jsou nejpoužívanějšími vlákny pro vývoj nových materiálů, vyvolávají několik environmentálních problémů. Tyto neobnovitelné zdroje generují velké množství odpadu na konci životního cyklu produktu a vyžadují dlouhou dobu pro jejich úplnou degradaci [6,7]. V posledních několika letech vznikaly velké obavy ohledně nahrazování syntetických materiálů přírodními, aby se snížily náklady, produkce závislosti na CO₂ a ropě, jakož i problémy spojené s recyklací materiálů. Odhaduje se, že 20% až 25% celkových emisí skleníkových plynů v průmyslových zemích pochází z odvětví dopravy. Úkolem je proto vyvinout lehké a levné kompozity založené na přírodních vláknech pro použití v automobilovém průmyslu, aby se automobily staly palivově

efektivnějšími a ekologičtějšími [8]. Mnoho automobilových komponentů je již vyrobeno z přírodních kompozitů na bázi vláken jako len, konopí a sisal.

4.6 Budoucnost

Zájem automobilového průmyslu o biokompozitní materiály se v posledních letech postupně rozvíjí, ale navzdory významnému výzkumu dosud nedosahují plného komerčního potenciálu a očekává se tedy, že poptávka po nich v tomto odvětví bude stoupat. V průběhu času automobilky prostřednictvím biokonceptů promítly budoucí význam biokompozitů v automobilovém průmyslu. Ačkoliv se zřídka dostanou na trh, pomáhají průmyslu poskytnout představu o možnostech konkrétních materiálů. Přírodní vlákna jsou slibným praktickým prostředkem k dosažení snížení hmotnosti a zlepšení ekologické stopy.

Výzkumníci společnosti Faurecia se zaměřují na eliminaci až 59kg hmotnosti díky využití přírodních vláken a hybridních kompozitních dílů.

Výzkumný tým ECOPAD a konsorcia průmyslových partnerů zastupující výrobce, dodavatele a koncové uživatele brzdových destiček vyvinula technologii využívající konopná vlákna jako doplňky v brzdových destičkách. Výsledný produkt nabízel obdobný třecí výkon jako aramidová vlákna. [11],[21]

4.7 Swot analýza

Swot analýza je univerzální technika používaná pro zhodnocení vnitřních a vnějších faktorů ovlivňujících úspěšnost konkrétního záměru. Autorem SWOT analýzy je Alber Humphrey, který ji navrhl v šedesátých letech 20. století. Swot je akronym z počátečních písmen anglických názvů jednotlivých faktorů. [22]

S - silné stránky	W- slabé stránky	1.Strengths-silné stránky 2.Weaknesses-slabé stránky 3.Opportunities-příležitosti 4. Threats–hrozby
Obnovitelné zdroje Šetrnost k životnímu prostředí Recyklovatelnost Odolnost proti korozi Chemická odolnost	Horší tepelná odolnost Vlastnosti nejsou úplně srovnatelné s tradičními materiály	
O - příležitosti	T- hrozby	
Snížení hmotnost Snížení nákladů Rostoucí poptávka	Závislost na zemědělské produkci Výpadky produkce	

Tabulka 2 Swot matice biokompozitů

5 Závěr

Tato bakalářská práce pojednává o využití biokompozitních materiálů v automobilovém průmyslu. Jejím cílem bylo shromáždit a analyzovat nové poznatky o možnostech využití těchto nových přírodních materiálů v průmyslové výrobě.

V jednotlivých kapitolách jsem se zaměřil na definování termínu kompozitů a jejich složení. Zabýval jsem se také historií, současností, ale i budoucností vývoje těchto materiálů. Využití biokompozitů v automobilovém průmyslu je na začátku, ale automobiloví výrobci začínají věnovat této technologii mnohem větší zájem, díky jejím nesporným výhodám. Mezi výhody biokompozitních materiálů můžeme vyzdvihnout především jejich recyklovatelnost, odolnost proti korozi, jejich použitím dosahujeme snížení hmotnosti automobilů a především to, že se jedná o materiály vyrobené z obnovitelných zdrojů.

V dnešní době, kdy se kladou čím dál větší nároky na snižování produkce skleníkových plynů a větší šetrnost k životnímu prostředí je používání biokompozitních materiálů vhodným krokem. Na svém začátku našli biokompozitní materiály uplatnění především v obložení dveří, částech interiéru a v místech mimo destruktivní zóny. V dnešní době už můžeme vidět biokompozity i při výrobě pneumatik a namáhaných částí automobilů, například se vyvíjejí brzdové destičky a chladiče.

U biokompozitních materiálů ovšem musíme počítat také s možným výpadkem produkce, protože u těchto materiálů jsme závislí na zemědělské produkci. Stále jsou potřeba velké investice do vývoje biokompozitů, jelikož stále v některých parametrech nedosahují kvalit klasických materiálů, například odolnosti vůči vyšším teplotám.

6 Seznam použitých zdrojů

- [1] MÍŠEK B., Kompozity, Brno: Technický dozorčí spolek- Sekce materiálů a svařování, 2003, ISBN 80-903386-0-7
- [2] DAŘOUREK K., Kompozitní materiály-druhy a jejich užití, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007, ISBN 978-80-7372-279-1
- [3] Biocomposites for High-Performance Applications: Current Barriers and Future Needs Towards Industrial Development, edited by RAY D., Elsevier Science & Technology, 2017, [online], [cit. 2021-03-12], Dostupné z <<https://ebookcentral-proquest-com.infozdroje.czu.cz/lib/czup/detail.action?docID=4860947>>
- [4] PANDEY J. K., NAGARAJAN V., MOHANTY A. K., MISRA M., Commercial potential and competitiveness of natural fiber composites, Woodhead Publishing, 2015, ISBN 9781782423737
- [5] THEHENRYFORD, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z <<https://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-resources/popular-topics/soy-bean-car/>>
- [6] AKAMPUMUZA O., WAMBUA P., AHMED A., WEI L., QIN X. H., A review of the applications of bio composites in the automotive industry, Polymer Composites, 2015, [online], [Cit. 2021-], Dostupné z <https://doi.org/10.1002/pc.23847>
- [7] GUADALUPE M., RAMÍREZ L., SATYANARAYANA K. G., IWAKIRI S., BOLZON G., TANOBE V., FLORES-SAHAGUN T. S., Study of the properties of biocomposites. Part I. Cassava starch-green coir fibers from Brazil, Carbohydrate Polymers, Volume 86, 2011, [online], [cit. 2021-05-02], Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.07.002>
- [8] ALLCARINDEX, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z <https://www.allcarindex.com/concept/japan/toyota/es3/>
- [9] BLEDZKI A. K., MAMUN A. A., FARUK O., EXPRESS Polymer Letters, Volume 1, Pages 755-762, 2007, [online], [cit. 2021-], Dostupné z <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2007.104>
- [10] OBIUKWU O., OPARA I., UDEANI H., Study on the Mechanical Properties of Palm Kernel Fibre Reinforced Epoxy and Poly-Vinyl Alcohol (PVA) Composite Material, International Journal of Engineering and Technologies, Volume 7, 2016, [online], [cit. 2021-], Dostupné z <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/IJET.7.68>

- [11] FAURECIA, [online], [Cit. 2021-], Dostupné z <https://www.faurecia.com/en/newsroom/innovation-sustainable-interiors>
- [12] FAURECIA, [online], [Cit. 2021-], Dostupné z <https://www.faurecia.com/en/newsroom/faurecia-flaxpreg-wins-jec-europe-2015-innovation-award-semi-products-category>
- [13] TECHNICKÝ TYDENÍK, [online], [Cit. 2021-], Dostupné z https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/goodyear-grant-pro-ekologicke-plaste_12325.html
- [14] AKAMPUMUZA O., WAMBUA P., AHMED A., WEI L., QIN X. H., A review of the applications of bio composites in the automotive industry, *Polymer Composites*, 2015, [online], [Cit. 2021-], Dostupné z <https://doi.org/10.1002/pc.23847>
- [15] FRENCH R., CZERNIK S., Catalytic pyrolysis of biomass for biofuels production, *Fuel Processing Technology*, Volume 91, 2010, [online], [Cit. 2021-], Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2009.08.011>
- [16] CUNHA A., CAMPOS A. R., CRISTOVO C., VILA C., SANTOS V., PARAJO J., Sustainable materials in automotive applications, *Plastic, Rubber and Composites*, Volume 35, 2006, [online], [Cit. 2021-], Dostupné z <https://doi.org/10.1179/174328906X146487>
- [17] SIMAO L., LISBOA A., Green Marketing and Green Brand-The Toyota Case, *Procedia Manufacturing*, Volume 12, 2017, [online], [Cit. 2021-], Dostupné z <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.08.023>
- [18] KORONIS G., SILVA A., Green Composites for Automotive Applications, *Elsevier Science & Technology*, 2018, [online], [cit. 2021-05-07], Dostupné z < <https://ebookcentral.proquest.com/lib/czup/detail.action?docID=5592830>>
- [19] BLEDZKI A. K., SPERBER V. E., FARUK O., Natural and wood fibre reinforcement in polymers. *Rapra Review Reports*, Rapra Technology Limited, 2002, [online], [cit. 2021-04-15], Dostupné z < https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=XoZa5t3_ogAC&oi=fnd&pg=PA15&dq=ISSN+0889+-+3144.&ots=mxZ_7gt5GX&sig=Ke_enSHOpF8h9PrzXbWpsAe-wc8&redir_esc=y#v=onepage&q=ISSN%200889%20-%203144.&f=false> ISSN 0889 – 3144
- [20] BAILLIE C., Green composites: polymer composites and the environment, Woodhead Publishing, 2004, [online], [cit. 2021-04-15], Dostupné z < <https://doi.org/10.1016/C2013-0-17863-4>> ISBN 1-85573-739-6

- [21] PALANIVEL M., HARISH B., GOWTHAMAN S., RAJESH K., Development and Study of Tribological Properties of Biocomposite for Brake Pad Application, International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, Volume 7, 2017, [online], [cit. 2021-04-15], Dostupné z <http://www.tjprc.org/publishpapers/2-67-1510573597-29.IJMPERDDEC201729.pdf>
- [22] MANAGMENTMANIA, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z <https://managementmania.com/cs/swot-analyza>
- [23] AUTOMOTIVENEWS, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z <https://www.autonews.com/cars-concepts-history/ford-introduces-first-plastic-soybean-car>
- [24] PROKOPEC P., Trabanty nejsou mrtvé, u Němců jsou i teď oblíbenější než všechny Tesly dohromady, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z <https://www.autoforum.cz/zajimavosti/trabanty-nejsou-mrtve-u-nemcu-jsou-i-ted-oblubenejsi-nez-vsechny-tesly/>
- [25] CHAMILLA O., Audi A2-včerejší vůz zítřka, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z <https://www.autojournal.cz/audi-a2-vcerejsi-vuz-zitrka/>
- [26] INFOVISUAL, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z <https://infovisual.info/en/transport/automobile-dashboard>
- [27] GREENCARCONGRESS, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z <https://www.greencarcongress.com/2018/03/20180317-faurecia-1.html>
- [28] PLASTICTODAY, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z <https://www.plasticstoday.com/dupont-biobased-engineering-plastics-offering-performance-without-compromise>
- [29] VIAS, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z http://www.vias.org/church_paintchem/church_paint_018_04.html
- [30] CHEMICALBOOK, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB3493924_EN.htm
- [31] RESEARCHGATE, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-castor-oil-and-ricinoleic-acid_fig3_244610993
- [32] RESEARCHGATE, [online], [cit. 2021-03-14], Dostupné z https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-Cashew-nut-shell-liquid-CNSL-constituents-Kumar-et-al-2002_fig1_266910347

7 Seznam obrázků

Obrázek 1 Rozdělení zpevňovací fáze biokompozitů podle původu

Obrázek 2 Prototyp biokompozitního automobilu od H. Forda

Obrázek 3 východoněmecký automobil Trabant

Obrázek 4 Interiér vozu Audi A2

Obrázek 5 Koncept Toyota ES3

Obrázek 6 Možnosti použití biokompozitů v interiéru

Obrázek 7 Proces výroby

Obrázek 8 Chladič Zytel RS

Obrázek 9 Struktura lněného oleje

Obrázek 10 Struktura giladinu

Obrázek 11 Chemický vzorec ricinového oleje

Obrázek 12 Struktura CNSL

8 Seznam tabulek

Tabulka 1_Výrobci využívající biokompozity

Tabulka 2 Swot matice biokompozitů