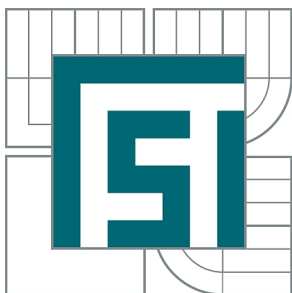


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN ČELNÍHO SVĚTLOMETU AUTOMOBILU

DESIGN OF THE CAR HEADLIGHT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

SLAVOMÍR STRUHÁR

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

akad. soch. TAMARA BUGANSKÁ

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Slavomír Struhár

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Průmyslový design ve strojírenství (2301R008)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Design čelního světlometu automobilu

v anglickém jazyce:

Design of the car headlight

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Analýza a návrh designu čelního světlometu automobilu. Návrh musí splňovat obecné požadavky průmyslového designu - respektovat funkční, konstrukční, technologické, estetické a ergonomické zákonitosti.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Variantní studie designu
5. Tvarové řešení
6. Konstrukčně technologické a ergonomické řešení
7. Barevné a grafické řešení
8. Diskuze
9. Závěr
10. Seznam použitých zdrojů

Průvodní zpráva, sumarizační poster, fotografie modelu, fyzický model

Typ práce: designérská; Účel práce: vzdělávání

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Zásady pro vypracování práce:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2015.pdf

Šablona práce: http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip

Seznam odborné literatury:

DREYFUSS, H. - POWELL, E.: Designing for People. New York : Allworth, 2003.
JOHNSON, M.: Problem solved. London : Phaidon, 2002.
NORMAN, D. A.: Emotional Design. New York : Basic Books, 2004.
TICHÁ, J., KAPLICKÝ, J.: Future systems. Praha : Zlatý řez, 2002.
WONG, W.: Principles of Form and Design. New York : Wiley, 1993.
Časopisy: Design Trend, Designum, Form, ID, Idea magazine ap.

Vedoucí bakalářské práce: akad. soch. Tamara Buganská

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

Abstrakt

Témou práce je dizajn čelného svetlometu na bližšie nešpecifikovaný automobil. Prvú časť práce tvorí Prehľad súčasného poznania, ktorý sa venuje histórii, súčasnosti a blízkej budúcnosti predných svetlometov sériovo vyrábaných automobilov. Nasledujúce kapitoly opisujú ciele práce, priebeh samotného návrhu a prezentujú finálny dizajn svetlometu. Záverečná časť hodnotí výsledky práce vzhľadom k stanoveným cieľom.

Kľúčové slová

dizajn, svetlomet, svetlá, automobil, halogén, xenón, LED, laser

Abstract

The topic of this bachelor's thesis is design of headlamp for a further unspecified automobile. The first part of the thesis is formed by Overview of current knowledge dedicated to the history, the present and the near future of headlamps of series-production cars. The following sections describe the objectives of the thesis, the process of the design itself and present the final design of the headlamp. The final part evaluates the results of the work with respect to the stated objectives.

Keywords

design, headlamp, lights, automobile, halogen, xenon, LED, laser

Bibliografická citácia

STRUHÁR, S. *Design čelního světlometu automobilu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. XY s. Vedoucí bakalářské práce akad. soch. Tamara Buganská.

Čestné prehlásenie

Ja, dole podpísaný Slavomír Struhár, prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne pod vedením akad. soch. Tamary Buganskej a s použitím zdrojov uvedených na konci práce.

V Brne dňa 21. mája 2015

Slavomír Struhár

Pod'akovanie

Chcel by som sa pod'akovať môjmu otcovi, ktorý mi umožnil štúdium na vysokej škole. Bez jeho podpory by táto práca nevznikla.

Obsah

Abstrakt	5
Bibliografická citácia.....	7
Čestné prehlásenie	9
PodĎakovanie	11
Obsah	13
Úvod	15
2 Prehľad súčasného stavu poznania.....	16
2.1 Historická analýza	16
2.2 Technická analýza	20
2.2.1 Definícia automobilového osvetlenia	20
2.2.2 Farba vyžarovaného svetla	21
2.2.3 Druhy osvetľovacích systémov	22
2.2.4 Ostatné časti svetlometu	25
2.2.5 Svetelné zdroje	26
2.3 Dizajnerska analýza.....	30
2.3.1 Historické milníky dizajnu	30
2.3.2 Dizajn v súčasnosti	31
3 Analýza problému a cieľ práce	34
3.1 Navrhovanie v praxi	34
3.2 Špecifikácia problému	34
3.3 Technické ciele	35
3.4 Estetika dizajnu	35
4 Variantné štúdie designu	36
4.1 Zdroje inšpirácie	36
4.2 Postup navrhovania	37
4.3 Variantné štúdie.....	38
4.3.1 Varianta A	38
4.3.2 Varianta B.....	43
4.3.3 Varianta C.....	43
4.3.4 Varianta D	44
4.3.5 Varianta E	44
4.3.6 Varianta F	45
4.3.7 Varianta G	46
4.3.8 Varianta H	46
4.3.9 Varianta I.....	47
4.3.10 Varianta J.....	48
5 Tvarové, kompozičné, farebné a grafické riešenie	49
5.1 Tvarové a kompozičné riešenie finálneho návrhu	49
5.2 Farebné prevedenie.....	50
6 Konštrukčne technologické riešenie a ergonomické riešenie	51
6.1 Svetelné zdroje	51
6.2 Optické systémy	51
6.3 Materiály.....	51
6.4 Ergonómia	51
6.5 Svetelné funkcie	52
7 Diskusia	55

7.1 Psychologická funkcia	55
7.2 Ekonomická funkcia	55
7.3 Sociálna funkcia.....	55
8 Záver	57
9 Zoznam použitých zdrojov.....	58
Zoznam použitých obrázkov	60
Zoznam príloh.....	62

ÚVOD

Dizajn svetlometov je jednou zo špecializácií automobilového dizajnu. V súčasnosti majú už všetky väčšie automobilky expertný tím dizajnérov, ktorý navrhuje výhradne svetlomety. Ten vedie šéfdizajnér svetlometov. Samotná realizácia dizajnu a jeho zavedenie do sériovej výroby si však vyžaduje veľké množstvo ďalších expertov, s ktorými musí tento šéfdizajnér komunikovať: manažérov kvality, konštruktérov, optikov, elektronikov, technologov, nástrojárov, process plannerov atď. Svetlomety moderných automobilov sú natoľko komplikované, že nie je v možnostiach ktoréhokoľvek dizajnéra, aby poznal všetky aspekty, ktoré s ich navrhovaním súvisia. Tvar svetlometov akéhokoľvek sériového automobilu je preto nakoniec vytvorený úzkou spoluprácou a množstvom kompromisov medzi všetkými spomenutými expertami.

Primárnou funkciou dizajnéra je teda starať sa o estetickú stránku svetlometov a emócie, ktoré v ľuďoch vyvolávajú a snažiť sa ich v maximálnej možnej miere presadiť do sériovej výroby. Z esteticko-emocionálneho hľadiska sú totiž predné svetlomety jednou z najdôležitejších častí automobilu. Považujú sa za súčasť „tváre“ automobilu, symbolizujú „oči“ a tým vytvárajú „pohľad“ celého vozidla. Odlišným dizajnom svetlometov je tak možné radikálne zmeniť dojem z celého automobilu. Jedným extrémom tak môže byť agresívny zamračený pohľad, ktorý vám v spätnom zrkadle jasne povie: „Prac sa mi z cesty!“ (napr. Lamborghini Huracan LP610-4) alebo na druhej strane roztomilý „funky kukuč“, ktorý vám vyčaruje široký úsmev na tvári (napr. Mini Cooper).



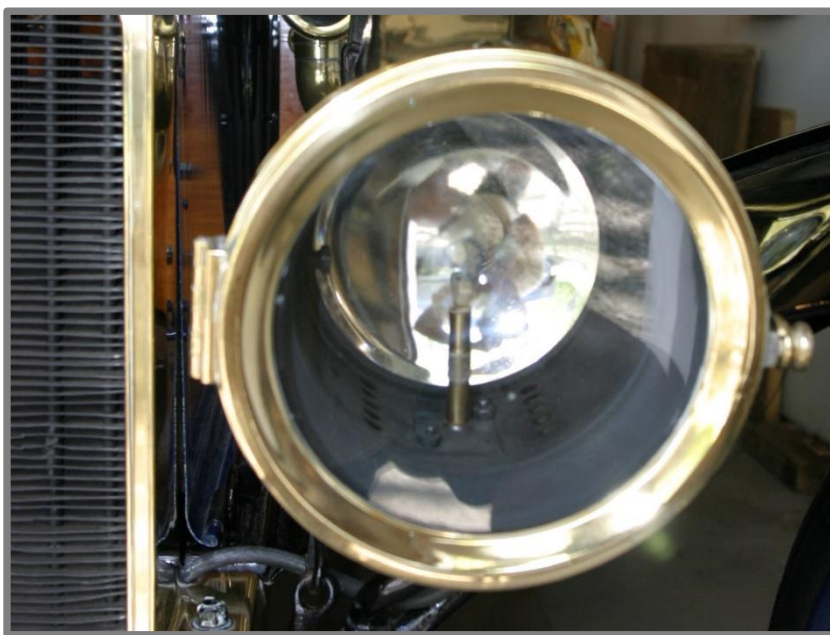
Obr. 0-1 Agresívny zamračený pohľad Lamborghini Huracan LP610-4 [16]

2 PREHLAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA

2.1 Historická analýza

História automobilového osvetlenia je takmer rovnako dlhá ako história samotného automobilu, keďže podmieňuje použiteľnosť auta za zhoršenej viditeľnosti. Napriek tomu, že elektrická žiarovka bola vynájdená v roku 1879 – teda o sedem rokov skôr, ako si Karl Benz dal patentovať vynález automobilu – prvé svetlomety neboli elektrické. Toto prvenstvo patrí lampám spaľujúcim petrolej. Slúžili však najmä ako výstraha pre okolité vozidlá, povozy a chodcov, keďže cestu pred vozidlom osvetľovali len minimálne.

Na prelome 19. a 20. storočia sa v Európe objavili karbidové lampy spaľujúce acetylén, ktorý vznikol reakciou karbidu vápenatého s vodou. So svietivosťou až 5000 cd dokázali priestor pred automobilom citeľne osvetliť, no smer svetelných lúčov bol ťažko kontrolovateľný, čím nepríjemne oslňoval okolité vozidlá. Vzhľadom k počtu vozidiel na cestách v tomto období však oslňovanie nepredstavovalo zásadný problém a karbidové lampy boli používané na prevažnej väčšine áut vyrobených do roku 1912. Používal ich aj prvý Ford Model T vyrábaný od roku 1908. Karbidové lampy však mali aj iné nevýhody – bolo nutné ich pravidelne čistiť a voda potrebná na chemickú reakciu v chladnom počasí zamrzala.



Obr. 2-1 Karbidová lampa Fordu T

V prvom desaťročí 20. storočia bolo v Európe a USA mnoho pokusov o zavedenie rôznych druhov elektrického automobilového osvetlenia: uhlíkové, osmiové, tantalové alebo wolfrámové vlákna, vákuové žiarovky a taktiež žiarovky plnené plynom. Všetky tieto technológie boli najprv navrhnuté pre osvetlenie domácností a následne upravené pre použitie v automobilovom priemysle. Prelomovým sa stal rok 1911, kedy sa elektrické čelné svetlomety stali štandardným vybavením viacerých amerických

osobných automobilov. V nasledujúcich dvoch rokoch sa wolfrámové žiarovky rozšírili aj na starý kontinent a vytlačili karbidové lampy z automobilového trhu.

V roku 1915 nastal ďalší významný technologický pokrok naplnením wolfrámových žiaroviek dusíkom. Pridanie inertného plynu významne znížilo vyparovanie wolfrámu, vďaka čomu vlákno vydržalo dlhšie. Tento rok je však významným aj z celkom iného hľadiska – v americkom štáte Massachusetts vyšlo prvé nariadenie o automobilovom osvetlení na svete. Jeho cieľom bolo znížiť osľňovanie okolitých vozidiel, keďže áut na cestách začalo rapídne pribúdať a elektrické osvetlenie bolo podstatne silnejšie než karbidové. V roku 1918 bola vyvinutá prvá špecifikácia optického výkonu predných svetlometov podľa IES (Illuminating Engineering Society) a SAE (Society of Automotive Engineers).

V dvadsiatych rokoch 20. storočia nastal medzi USA a Európou výrazný rozdiel v prístupe k ďalšiemu vývoju automobilového osvetlenia. V USA bol kladený dôraz na vytvorenie čo najväčšieho množstva svetla, ktoré by maximálne osvetlilo cestu pred vozidlom, pričom na osľepovanie ostatných vozidiel sa prihliadalo len minimálne. Naopak na starom kontinente bolo zamedzenie osľepenia cieľom číslo jeden a osvetlenie vozovky bolo až druhoradé. Dôvodom tohto rozdielu bol najmä rozdiel v samotnom používaní automobilov. Američania jazdili najmä na otvorených cestách a trávili veľa času cestovaním v noci, zatiaľ čo Európania sa zdržiavali skôr v mestách a jazdili prevažne počas dňa.

Významný pokrok v redukcii osľepenia nastal v roku 1924, kedy bola vynájdená dvojvláknová žiarovka, ktorá umožnila vytvoriť diaľkové aj stretávacie svetlo v jednom svetlomete. Dovtedy boli všetky čelné svetlomety vybavené len jedným druhom lúča, ktorý slúžil ako diaľkové svetlo. Začiatkom tridsiatich rokov boli vynájdené žiarovky trojvláknové, ktoré dokázali k spomenutým dvom druhom lúča pridať ďalšie dva – extra silné diaľkové a veľmi jemné stretávacie. Vodič tak mohol lepšie prispôsobiť svetlomety aktuálnym podmienkam.

Nasledujúce štyri desaťročia sa v automobilovom osvetlení neudiala takmer žiadna evolúcia. Technologický pokrok prinieslo až naplnenie wolfrámových žiaroviek halogénovým plynom, ktorý zvýšil ich merný svetelný výkon, farebnú teplotu a predĺžil ich životnosť. Pozitívny efekt halogénového cyklu bol objavený už v roku 1912, no prvé automobilové halogénové žiarovky – jednovláknové H1 – boli vyvinuté a použité až v polovici 60tych rokov v Európe. Koncom tohto desaťročia ich nasledovali dvojvláknové žiarovky H4. Do USA sa halogénové žiarovky dostali až v 70tych rokoch. [1]

Obrovský technologický skok v optike automobilového osvetlenia nastal v roku 1986, kedy bol prvýkrát použitý projektorový (polyelipsoidný) systém na BMW radu 7, ktorý fungoval ako stretávacie svetlá. Ďalšia prelomová optická technológia prišla v roku 1990, kedy Honda osadila svoj model Accord multi-reflektorovou optikou s čírym krycím sklom.

HID svetlomety sa prvýkrát na trhu objavili v roku 1991 na BMW radu 7 a vďaka ich nesporným výhodám sa veľmi rýchlo stali žiadanou výbavou vozidiel.

Prvé sériové LED svetlomety boli použité na Lexuse LS 600h modelového roku 2008. Nešlo však o full-LED prevedenie, keďže diaľkové svetlá boli xenónové a smerové svetlá využívali halogénové žiarovky. Prvé all-LED svetlomety však boli predstavené už koncom toho istého roka na Audi R8 V10. Po tomto nasledoval doslova raketový pokrok v LED technológii automobilového osvetlenia, ktorý trvá až do súčasnosti, kedy sa parametre LED diód výrazne zlepšujú každých niekoľko mesiacov a postupne vytlačujú z trhu tradičné svetelné zdroje. [2][3]

V roku 2009 bol na Mercedese triedy E predstavený prvý svetlomet s reguláciou dosahu diaľkového svetla (na báze HID). Systém pomocou kamery určil vzdialenosť vozidla pred sebou a automaticky nastavil dosah svetlometov tak, aby toto vozidlo neoslňoval, no zároveň poskytol maximálnu viditeľnosť. Tento systém ešte vylepšilo Audi A8 modelového roku 2010, kedy pridalo topografickú kompenzáciu. Systém teda počítal aj so zmenou sklonu vozovky. Napriek tomu však nešlo o vrcholnú výbavu tohto modelu, za príplatok boli ponúkané prvé celo-LED svetlomety s kontúrovými riešením stretávacieho svetla. Zabezpečovalo ho desať individuálnych LED usporiadaných do vlnovky, charakteristickej pre väčšinu modelov Audi z tohto obdobia.



Obr. 2-2 Celo-LED svetlomet Audi S8 (športová verzia A8) s kontúrovými riešením stretávacieho svetla [16]

Na Volkswagen Touareg bolo predstavené neoslňujúce diaľkové svetlo (s HID technológiou). Vodič teda môže nechať diaľkové svetlá neustále zapnuté, pričom systém dokáže automaticky zatieniť tie oblasti, ktoré by ostatné vozidlá oslňovali.

Zatiaľ posledným míľnikom histórie automobilového osvetlenia je predstavenie laserových svetlometov na koncepte BMW i8 na autosalóne vo Frankfurte v roku 2011. Všetko nasvedčovalo tomu, že začiatkom jesene 2014 sa i8 stane prvým sériovo vyrábaným vozidlom vybaveným diaľkovými svetlami s laserovou technológiou (za príplatok, štandardne bude využívať „iba“ full-LED svetlomety). [4]

Automobilke BMW však doslova zamrzol úsmev 9. mája 2014, keď Audi predstavilo limitovanú edíciu modelu R8 nazvanú LMX, ktorá sa podľa oficiálneho vyhlásenia mala dostať na cesty už „v lete 2014“. Treba však poznamenať, že Audi nie je v laserovej technológii nováčikom, o jej plánovanom použití na minuloročnej 24-hodinovke Le Mans (14.-15. júna) v špeciáloch R18 e-tron quattro sa vedelo už dávno. Tak skoré využitie v sériovom aute však nikto z nezainteresovaných nečakal. Svetlomety R8 LMX využívajú v zásade rovnaké technické riešenie ako v prípade BMW i8 – laserové diódy zabezpečujú diaľkové svetlo, pričom zvyšok svetlometu funguje na báze LED. [5]



Obr. 2-3 Laserové svetlomety Audi R8 LMX [16]

Avšak BMW sa odmietlo vzdať vytúženého prvenstva. Večer 5. júna 2014 bolo na veľkolepej ceremónii v Mníchove zákazníkom dodaných prvých osem kusov modelu i8 vybavených laserovým osvetlením, čím sa BMW nezmazateľne zapísalo do automobilovej histórie. Podobné „bitky“ o prvenstvo môžu vyznieť detinsky, no takéto súperenie nepochybne urýchľuje vývoj a prináša inovácie na cesty oveľa rýchlejšie [23]. V priebehu nasledujúcich rokov sa obe automobilky chystajú použiť laserové osvetlenie aj v ďalších svojich modeloch.

2.2 Technická analýza

2.2.1 Definícia automobilového osvetlenia

Úloha automobilových svetlometov by sa dala jednoducho, no úplne presne vystihnúť vetou: „Vidieť a byť videný.“ Táto veta zároveň vystihuje aj rozdelenie svetiel na dve skupiny: tie, ktorých úlohou je osvetliť vozovku (vytvárajú svetelný kužeľ) a tie, ktoré slúžia na vysielanie svetelného signálu okoliu (vytvárajú rozptýlené svetlo).

Stretávacie (tlmené) svetlá (angl. low beam)

Osvetľujú vozovku pred vozidlom bez toho, aby oslňovali alebo nadmerne obťažovali vodičov okolitých vozidiel.



Obr. 2-4 McLaren 650S so zapnutými stretávacími svetlami [16]

Dial'kové svetlá (angl. high beam)

Používajú sa na osvetlenie vozovky na veľkú vzdialenosť pred vozidlom.

Hmlové svetlá

Ich úlohou je osvetlenie vozovky (najmä krajnice a stredovej čiary) za nepriaznivých poveternostných podmienok ako hmla, hustý dážď, sneženie, mračná prachu a pod. V prípade použitia za iných podmienok môžu nepríjemne oslňovať okolité vozidlá. Používajú sa spoločne so stretávacími svetlami, v prípade veľmi hustej hmly iba s obrysovými. Na prednej maske sú umiestnené v spodnej časti, blízko vozovky. Predné hmlové svetlá v krajinách EÚ povinné nie sú.

Odbočovacie svetlá

Automaticky zabezpečujú prídavné osvetlenie priestoru, na ktorý sa vozidlo bude stáčať. Zvyšujú viditeľnosť pri prudkých zmenách smeru v nízkych rýchlostiach (do 40 km/h) t.j. pri odbočovaní, parkovaní, otáčaní sa alebo pri jazde po extrémne

kľukatých cestách. Počas cúvania osvetľujú obe strany vozidla. V niektorých automobiloch sú odbočovacie svetlá integrované do hmlových svetlometov.

Obrysové (pozičné) svetlá

Označujú prítomnosť vozidla a jeho šírku pri pohľade spredu.



Obr. 2-5 Obrysové svetlá Cadillacu CTS [16]

Smerové svetlá

Slúžia na informáciu ostatných účastníkov cestnej premávky o zmene smeru vozidla.

Denné prevádzkové svetlá (angl. DRL - daytime running lamp)

Zdôrazňujú vozidlo v premávke počas dňa. Automaticky sa zapínajú po naštartovaní auta a zhasínajú pri rozsvietení obrysových svetiel. V krajinách s povinným celoročným svietením (napr. v Slovenskej a Českej republike) je ich používanie ekonomicky a ekologicky veľmi výhodné, keďže na ich činnosť je potrebný len zlomok energie, ktoré by spotrebovali stretávacie a obrysové svetlá (presné čísla závisia na konkrétnych modeloch všetkých spomenutých druhov svetiel). Nutnosť zákona nariaďujúceho povinné celoročné svietenie je však v mnohých štátoch sporná a je predmetom spoločenských diskusií.

2.2.2 Farba vyžarovaného svetla

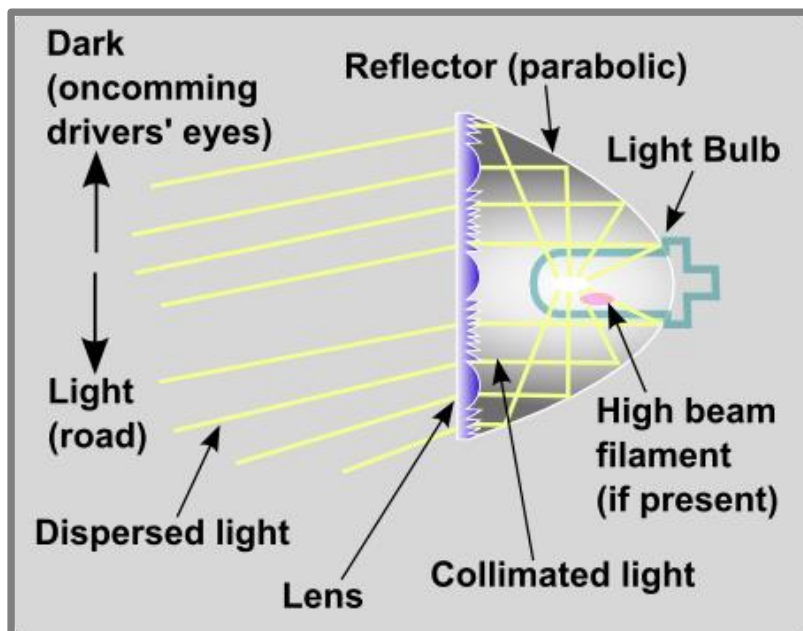
2.2.2

S určitými regionálnymi výnimkami platí, že všetky svetlá smerujúce vpred musia vyžarovať biele alebo selektívne žlté svetlo (akceptovaný je aj modrastý nádych xenónového svetelného zdroja), zatiaľ čo pre všetky svetlá svietiace nabok a smerovky je vyhradené oranžové svetlo. Akékoľvek iné farby osvetlenia sú povolené len na pohotovostných vozidlách. [2]

2.2.3 Druhy osvetľovacích systémov

Sklená optika

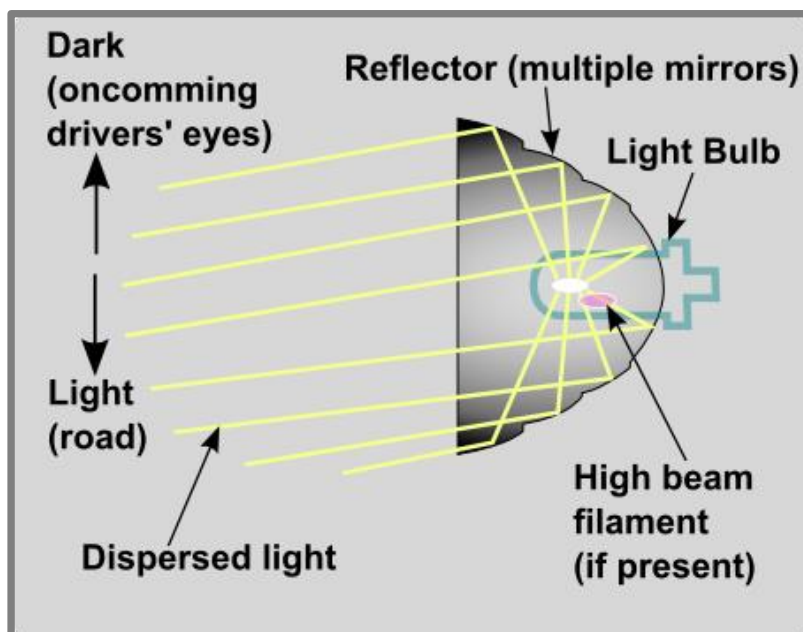
Využíva princíp paraboloidného zrkadla, optika sa nachádza na skle. Svetelným zdrojom je halogénová žiarovka, ktorá je umiestnená v okolí ohniska paraboloиду. [2]



Obr. 2-6 Schéma fungovania sklenej optiky [2]

Reflektorová optika

Svetelné lúče sú usmerňované pomocou reflektoru s množstvom rôzne tvarovaných plôch. Každá jeho časť odráža svetlo do určitej oblasti vozovky. Číre krycie sklo má len ochrannú funkciu, žiadna optika sa na ňom nenachádza. [2]

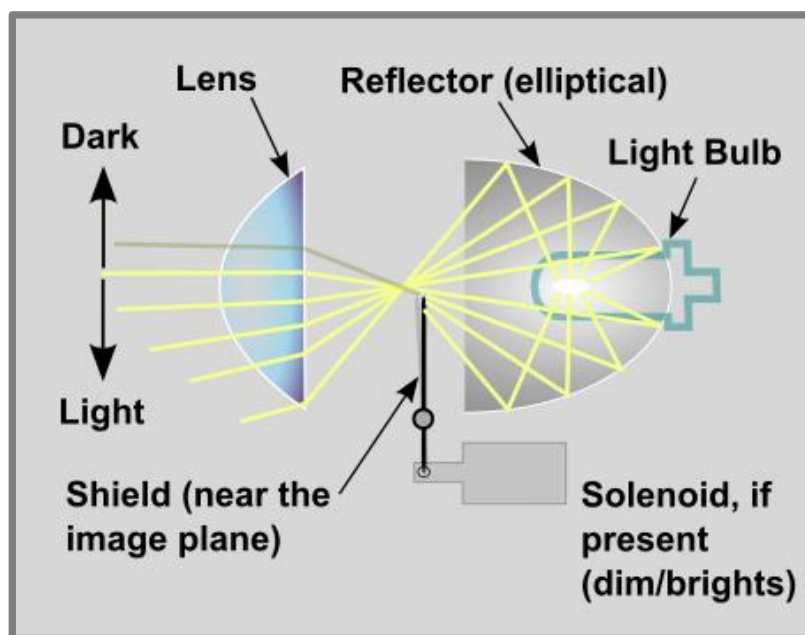


Obr. 2-7 Schéma fungovania reflektorovej optiky [2]

Svetelným zdrojom sú halogénové žiarovky, xenónové výbojky resp. LED diódy, ktorých výhodou je využitie niekoľkonásobne menších reflektorov.

Projektorové systémy

Svetlo vytvorené svetelným zdrojom sa odrazí od reflektoru a následne prejde ohniskom šošovky. Medzi reflektorom a šošovkou sa nachádza clona, ktorej obrys je šošovkou projektovaný na vozovku. V prípade, že je táto clona pevná, celý systém funguje len ako stretávacie svetlo, pričom na zabezpečenie diaľkového svetla je potrebný ďalší samostatný systém. Ak je však clona pohyblivá, dokáže vytvoriť buď stretávacie alebo diaľkové svetlo podľa aktuálnej potreby. Takýto projektorový systém sa nazýva bihalogénový resp. bixenónový, v závislosti na použitom type svetelného zdroja. Najmodernejšie projektory fungujú na báze LED. [2]



Obr. 2-8 Schéma fungovania projektorových systémov [2]

Adaptívne systémy (angl. AFS - advanced front-lighting systems)

Jedná sa o veľmi sofistikované (a patrične komplikované) systémy zložené z niekoľkých optických jednotiek, z ktorej každá vyžaruje špecifický svetelný zväzok. Systém berie do úvahy množstvo premenných ako napr. rýchlosť vozidla, natočenie volantu, sklon vozovky a pod., pričom môže zároveň zaznamenávať okolité vozidlá, vyhodnocovať poveternostné podmienky alebo dokonca využívať dáta z GPS. Svetelný lúč môže byť následne sklopený, natočený, čiastočne zatienený adaptívnou clonou, ktorá zreže jeho profil alebo je zmenená intenzita samotného svetelného zdroja. Cieľom je poslať adekvátne množstvo svetla presne tam, kam v danom okamihu treba, aby sa zabezpečilo maximálne možné osvetlenie vozovky bez osľňovania ostatných účastníkov cestnej premávky. Najpoužívanejším hlavným svetelným zdrojom adaptívnych systémov je HID, najmodernejšie systémy sú už väčšinou vo full-LED prevedení. [2]

Matrix LED

Túto novinku predstavilo Audi na autosalóne vo Frankfurtu v roku 2013 na modeli A8. Diaľkové svietenie zabezpečuje v každom svetlomete dvadsaťpäť individuálnych LED, ktoré sú usporiadané do skupín po piatich diódach. Systém dokáže pomocou kamery zaznamenať protiidúce a okolité vozidlá a v priebehu niekoľkých milisekúnd stlmiť diódy, ktoré by ich oslňovali, zatiaľ čo ostatné diódy môžu svietiť naplno a osvetľovať zvyšok okolia. Diódy Matrix LED svetlometov taktiež zabezpečujú funkciu odbočovacích svetiel. Vďaka dátam z navigácie dokážu nasmerovať svetelný lúč správnym smerom ešte skôr, než vodič otočí volantom. Celkový efekt je teda podobný ako v prípade adaptívnych svetlometov, no nevyžaduje žiadne mechanické súčasti na natáčanie jednotlivých častí. Tým získava aj akustickú výhodu, keďže je na rozdiel od mechanických systémov absolútne tichý. Audi hovorí o Matrix LED ako o revolúcii v adaptívnom osvetlení, s čím nemožno nesúhlasiť.

Zaujímavou funkciou týchto svetlometov je aj upozornenie chodcov a zvierat na blížiaci sa automobil. Pokiaľ asistent nočného videnia zistí prítomnosť chodca alebo zvieratá v kritickej vzdialenosti pred vozidlom, upozorní ho krátkym zablikaním obrysovými svetlami. Akýmsi dizajnovým výstrelkom sú dynamické smerové svetlá. Diódy blikajú v blokoch po dobu 150tich milisekúnd v smere odbočovania. [6] [7]



Obr. 2-9 Svetlomet Audi S8 s technológiou Matrix LED [16]

Hrubostenná optika (svetlovodiče)

Svetlovodiče sa používajú na vytvorenie rozptýleného svetla, môžu teda slúžiť ako obrysové, smerové alebo denné prevádzkové svetlá. Svetlo je zo zdroja – halogénovej žiarovky alebo LED – prenášané vďaka jeho totálnemu odrazu na rozhraní dvoch prostredí s odlišnými indexami lomu. Ide doslova o sen každého dizajnéra, pretože umožňujú vytvárať svietiace plochy s (takmer) homogénnym osvetlením. Viacero automobiliek ich využilo na vytvorenie dizajnových prvkov typických pre celú značku napr. corona rings (známe aj ako angel eyes) v prípade BMW.



Obr. 2-10 Corona rings vytvorené pomocou svetlovodičov na BMW radu 5 [16]

Laserové svetlomety

Systém diaľkových svetiel predstavený na BMW i8 využíva v každom svetlomete tri laserové diódy, ktoré vyžarujú lúče modrého svetla. Tieto diódy svietia na sadu zrkadiel, ktoré laserovú energiu sústredia do šošovky naplnenej žltým fosforom. Ten po vybudení modrým laserom produkuje intenzívne biele svetlo, ktoré následne svieti na reflektor. Na reflektore sa svetlo rozptýli, vytvorí požadovaný svetelný kužeľ a smeruje von zo svetlometu. Takto vznikne osvetlenie, ktoré je veľmi výkonné, no zároveň bezpečné pre ľudské oko aj pri priamom pohľade na svietiaci svetlomet. [8]

2.2.4 Ostatné časti svetlometu

2.2.4

Kým najjednoduchšie halogénové svetlomety obsahujú len pár desiatok častí, moderné Full LED svetlomety môžu pozostávať aj z viac ako 350 rôznych súčiastok. Trendom je neustále navyšovanie počtu častí, keďže sú svetlomety čoraz vyspelejšie, prepracovanejšie a tým pádom komplikovanejšie.

Puzdro

Je základným nosným prvkom celého svetlometu, je naňho upevnená väčšina ostatných dielov. Prvoradá je jeho tuhosť a tesnosť, estetická dokonalosť povrchu nie je nutná, nakoľko na karosérii nie je priamo vidieť. Jeho hrúbku určujú konštrukčné a technologické požiadavky, v rôznych miestach sa pohybuje od 1,6 do 2 mm. Najčastejšie používaným materiálom je polypropylén (PP T40), v prípade potreby väčšej tepelnej odolnosti sa využíva podstatne drahší viaczložkový PBT-ASA GF30 resp. GF20.

Krycie sklo

Až do prelomu tisícročí bolo jediným používaným materiálom sklo, kedy ho nahradil polykarbonát (PC Lexan LS, PC Macrolon). Krycie sklo sa lepí na puzdro silikónovým

tavným lepidlom. Hrúbka je rovnako ako v prípade puzdra nehomogénna a pohybuje sa v rozmedzí 2-3 mm. Veľkou nevýhodou polykarbonátu je jeho mäkkosť (dá sa poškríbať nechťom) a degradácia UV žiarením (zožltnutie, popraskanie). Oba tieto problémy rieši lak (napr. UVT610 V6) hrubý len 9-15 μm .

Rámček

Plní estetickú funkciu, jeho úlohou je zakrytie všetkých „nepekných“ (avšak funkčne potrebných) častí svetlometu. Keďže sa nejedná o nosný prvok, jeho dizajnové prevedenie je limitované len technológiou výroby plastov. Hrúbka sa pohybuje v rozmedzí 2 – 3,5 mm. Používaným materiálom je polykarbonát odolný voči vysokým teplotám (PC-HT APEC 1795 resp. 1895). Povrchová úprava je prispôsobená dizajnu, najčastejšie je pokovenie alebo matovanie.

Reflektory

Tvar reflektorov diktuje funkčnosť, všetky optické plochy musia byť dokonale prepočítané. Hrúbka reflektorov je 1,6 – 2,5 mm, pričom sa využíva viacero rôznych druhov plastov: BMC UP, PC + ABS, ABS a LPP. Povrch je lakovaný a pokovený (najčastejšie čistým hliníkom), pričom jeho precíznosť je jednoznačne najvyššia zo všetkých častí svetlometu. Výhodou materiálu ABS je, že sa lakovať nemusí a môže sa rovno pokoviť.

Iné súčiastky

Sem patria všetky menšie diely, ktoré nie je nutné podrobnejšie rozoberať napr. skrutky, sponky a pod.

2.2.5 Svetelné zdroje

Halogénové žiarovky

Zdrojom svetla sú rozžhavené vlákna, ktorými prechádza elektrický prúd. Banka žiarovky je naplnená halogénovým plynom (brómom alebo jódom). Úlohou tohto plynu je zabezpečenie halogénového cyklu, ktorý výrazne predlžuje životnosť žiarovky. Atómy wolfrámu sa totiž z vlákna vyparujú, čím sa jeho hrúbka postupne znižuje (až kým sa vlákno nezlomí), a usádzajú sa na vnútornej strane banky, čo spôsobuje jej sčernenie. Halogénový plyn však s vyparenými atómami wolfrámu chemicky reaguje a po vychladnutí ich späťne uloží do vlákna.

Teplota svetla halogénových žiaroviek sa pohybuje okolo 3000K až 3500K, čím získava sfarbenie do žltá. Svetelný tok sa, v závislosti na konkrétnom type žiarovky, môže pohybovať od 20 až do 2000 lm a jas medzi 20 a 30 Mcd/m².

Životnosť závisí nielen na druhu zabezpečovaného osvetlenia a type žiarovky, ale aj mnohých ďalších vonkajších faktoroch (napr. vibráciách počas jazdy). Preto je rozptyl životnosti obrovský – 300 až 1500 hodín. Z ekologického hľadiska sú halogénové žiarovky veľmi neefektívne, keďže majú účinnosť len okolo 25% t.j. iba jedna štvrtina spotrebovanej energie sa premení na svetlo, zatiaľ čo zvyšok je odpadové teplo.

Banka žiarovky je kvôli teplotnej odolnosti vyrobená z kremenného alebo hlinítokremičitanového skla, ktoré je však v porovnaní s čistým sklom oveľa menej odolné chemicky. Pri výmene žiarovky je nutné použiť rukavice, pretože takéto sklo rýchlo reaguje s potom a masťou ľudských rúk, čím sa fatálne znižuje práve jeho spomínaná výhoda – teplotná odolnosť. V takomto prípade je isté, že banka čoskoro praskne.

Hlavnou výhodou halogénových žiaroviek v porovnaní s xenónovými výbojkami a LED diódami je nízka cena, preto sa v súčasnosti používajú v automobiloch patriacich do nižších segmentov. Halogény však majú veľké plus aj za nízku hmotnosť a jednoduchosť celého svetlometu. [9] [10]

HID (high intensity discharge)

Svetlo je vytvárané elektrickým oblúkom medzi dvoma wolfrámovými elektródami umiestnenými v banke naplnenej plynom pod vysokým tlakom a soľami kovov. Hovorovo sa HID používané v automobilových svetlometoch označujú ako „xenóny“, no vo väčšine prípadov ide o metalhalogenidové výbojky. Čistý xenónový plyn je využívaný len v dobe krátko po zapnutí, kým sa nezačnú následkom zvýšenej teploty vyparovať soli kovov, ktoré dramaticky zvyšujú intenzitu svetla a naopak znižujú spotrebu elektrickej energie.

„Xenóny“ jasne porážajú halogénové žiarovky vo všetkých dôležitých parametroch. Dosahujú svetelný tok až 3500 lm a jas 90 Mcd/m², pričom ich životnosť je asi 2000 až 2500 hodín. Veľkou výhodou je aj to, že koniec ich životnosti sa prejavuje len postupným znižovaním svetelnej intenzity, na rozdiel od halogénovej žiarovky, ktorá neočakávane praskne a je potrebné ju ihneď vymeniť. Najväčšou devízou HID je však účinnosť, ktorá presahuje 90%. Teplota svetla je v rozmedzí od 4000K do 5000K, čím sa dosahuje charakteristické (dovolím si tvrdiť že priam legendárne) modrasté sfarbenie. Každá „sranda“ však niečo stojí, a preto si treba za výhody „xenónov“ poriadne priplatiť. Staršie modely HID obsahujú ťažké kovy ortuti, čo bolo trňom v oku ekoteroristov, preto v roku 2004 vznikli prvé výbojky (samozrejme oveľa drahšie), ktoré tieto toxické látky neobsahujú.

HID výbojky sa používajú len ako zdroj hlavného osvetlenia t.j. diaľkových resp. aj stretávacích svetiel. Vzhľadom k ich vlastnostiam, konštrukcii a cene by bolo ich použitie na ostatné svetelné funkcie holým nezmyslom. Tie sú u všetkých (bi)xenónových svetlometov zabezpečované halogénovými žiarovkami alebo LED diódami. Xenónové výbojky sa vyrábajú v dvoch výkonových prevedeniach: klasické 35-wattové a slabšie, no ekologickejšie 25-wattové. 35W HID (svetelný tok 3000 až 3500 lm) sú natoľko výkonné, že musia mať podľa legislatívy ostrekovače svetlometov a automatické nastavovanie sklonu, aby sa zamedzilo fatálnemu osľňovaniu ostatných účastníkov cestnej premávky. 25W výbojky sú cielene navrhnuté na svetelný tok tesne pod 2000 lm, aby sa tejto povinnosti vyhli, vďaka čomu môže byť celý svetlomet jednoduchší a lacnejší.

HID majú v porovnaní s full-LED svetlometmi nižšiu cenu a hmotnosť. Vzhľadom k extrémne rýchlemu pokroku v oblasti LED osvetlenia je však nanajvýš

pravdepodobné, že už o pár rokov stratia aj tieto dve výhody, následkom čoho budú z trhu úplne vytlačené. [10] [11]

LED (light-emitting diodes)

Jedná sa o polovodičové doštičky, ktoré pretvárajú elektrický prúd priamo na svetlo. Využívajú jav zvaný elektroluminiscencia, preto sa nazývajú aj elektroluminiscenčné diódy.

LED produkujú biele svetlo s teplotou okolo 6000K, takže sú najpodobnejšie dennému svetlu a tým pádom najpríjemnejšie pre ľudské oko. Dokážu však pokryť celé farebné spektrum, keďže vyžarované svetlo závisí na chemickom zložení polovodiča. Vďaka multichipom je navyše možné integrovať viacero farieb do jednej časti svetlometu. Tie isté dizajnové línie tak môžu zabezpečovať napr. biele obrysové svetlo v kombinácii s oranžovými smerovkami.



Obr. 2-11 Obrysové svetlo Audi A6 Allroad [16]



Obr. 2-12 Smerové svetlo Audi A6 Allroad [16]

LED sú o mnoho úspornejšie a efektívnejšie ako halogénové alebo HID zdroje, ich životnosť v súčasnosti dosahuje viac ako 10 000 hodín, čím preyšujú životnosť automobilu ako celku. Zároveň sa za posledné roky stali veľmi silným módnym trendom, mnoho zákazníkov zaškrtnie LED svetlomety v zozname príplatkovej výbavy len preto, lebo sú proste „in“, pričom ich výhody mnohokrát vôbec nepoznajú.

Hlavnou nevýhodou LED je veľké množstvo vyprodukovaného odpadového tepla a zároveň ich vysoká citlivosť na prehrievanie, keďže prevádzková teplota dramaticky vplýva na ich životnosť. Odpadové teplo musí byť preto spoľahlivo odvádzané preč, takže výkonné chladenie je nutnosťou. Z tohto dôvodu nemôžu byť v súčasnosti LED svetlomety menšie ako halogénové alebo xenónové. Vďaka extrémne rýchlemu zdokonaľovaniu LED technológií, ktoré je zamerané najmä na zvýšenie efektivity a znižovanie odpadového tepla, však možno očakávať, že v relatívne blízkej budúcnosti „LEDky“ prekonajú staršie svetelné zdroje vo všetkých dôležitých parametroch.

LED svetlomety sa postupne pretláčajú do čoraz nižších segmentov automobilového trhu. Príkladom je nové VW Polo s príplatkovými full-LED svetlami, ktoré sa začalo predávať koncom minulého roka. [10]

OLED (organic light-emitting diodes)

„Hudbou budúcnosti“ automobilového osvetlenia sú organické elektroluminiscenčné diódy, ktoré by dizajnérom poskytli prakticky neobmedzenú dizajnovú slobodu. Na rozdiel od ostatných svetelných zdrojov nevyžadujú žiadne reflektory ani inú optiku. Je z nich možné vytvoriť takmer ľubovoľné svietiace plochy v priestore, ktoré navyše môžu byť pestro sfarbené. Jedným z prvých automobilových konceptov, na ktorom boli použité, bol Ford S-Max Concept, predstavený v auguste 2013. Cestu OLED do sériovej výroby v automobilovom priemysle momentálne brzdí ich pomerne nízka životnosť a nákladná výroba. Nejakú dobu si teda ešte počkáme, odhady odborníkov hovoria o horizonte troch rokov, no rozhodne sa máme na čo tešiť.



Obr. 2-13 Svetlomety Fordu S-Max Concept s technológiou OLED [16]

Laserové diódy

Sú približne desaťkrát menšie než konvenčné LED diódy, vďaka čomu môže byť menší a ľahší celý svetlomet. Dosahujú svetelný tok 170 lumenov na každý spotrebovaný watt, oproti približne 100 lumenom na watt v prípade LED. Vďaka tomu majú laserové diódy navrch v úspornosti, keďže dosahujú oproti „LEDkám“ až tretinovú úsporu energie, pričom sľubujú životnosť okolo 30 000 hodín. Podobne ako u LED diód sa teplota svetla blíži k hodnote 6000K, čo je prakticky dokonalé denné svetlo. Dosah laserových svetlometov je však až 600 metrov, čo je približne dvojnásobok v porovnaní s LED diaľkovými svetlami. Vysoká výkonnosť však zároveň znamená obrovské nároky na termoreguláciu, ktorá bude hlavným cieľom postupného zdokonaľovania laserových diód v budúcnosti.

2.3 Dizajnerska analýza

2.3.1 Historické milníky dizajnu

Prevažná väčšina automobilov naprieč celou históriou používala svetlomety s kruhovým prierezom. Dôvodom je najmä to, že paraboloidné zrkadlo je najjednoduchšie vyrobiť práve s takýmto tvarom. V USA bol však tento tvar vynútený legislatívou – od roku 1940 museli byť všetky automobily pre tamojší trh vybavené dvomi kruhovými svetlometmi s priemerom 178 mm (7"). V roku 1957 bola povolená alternatíva v podobe štyroch 146-milimetrových kruhových svetlometov. Tretím povoleným tvarom sa stali štyri obdĺžnikové svetlomety (opäť presne určených rozmerov) v roku 1974. Aerodynamické svetlomety boli v USA povolené až od roku 1984. V Európe žiadne podobné regulácie týkajúce sa tvaru svetlometov nikdy neboli, preto boli dizajnéri obmedzovaní len dostupnými technológiami. [1] [2]

Vo vývoji dizajnu svetlometov možno pozorovať aj snahu o postupnú integráciu do karosérie. Prvé desaťročia automobilovej histórie boli svetlomety samostatnou časťou vozidla, umiestnené mimo karosérie, pričom žiadna z ich častí nebola zakrytá.

Výklopné (angl. pop-up) svetlomety

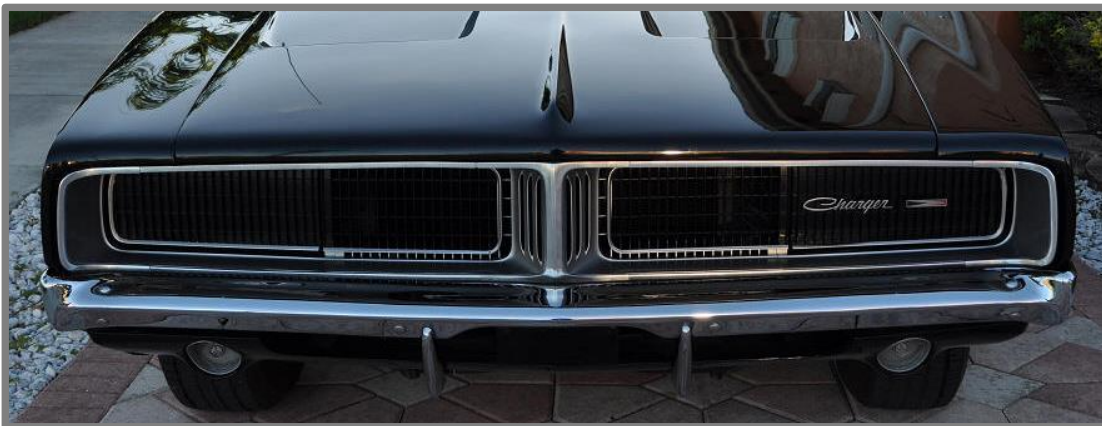
Prvýkrát sa objavili v roku 1936 na Corde 810. Nešlo len o zaujímavý dizajnový prvok, sklápanie prinieslo výhodu aerodynamickejšej prednej časti a ľahšie udržanie čistých krycích skiel. Nevýhodou však bola vyššia hmotnosť a väčšie množstvo súčiastok. Rozšírené boli od začiatku 60. rokov až do konca 90. rokov. Do automobilovej histórie ich nemilosrdne poslali predpisy o ochrane chodcov. Posledné výklopné svetlomety mali Chevrolet Corvette (C5) a Lotus Esprit modelového roku 2004.



Obr. 2-14 Lotus Esprit z roku 2004 [18]

Zakryté svetlomety

Ide o alternatívu výklopných svetlomietov, typickú najmä pre americké autá 60. a 70. rokov. Jedinou pohyblivou časťou je krycí panel, ktorý sa po zapnutí svetiel zasunie do karosérie. [12] [13] [14]



Obr. 2-15 Dodge Charger SE ročník 1969 [19]

V súčasnosti sú používané výlučne aerodynamické svetlomety. Tie síce nie je možné skryť, no môžu byť navrhnuté tak, aby dokonale splývali s karosériou, čím jej tvary nijak nenarušia.

Až do začiatku 90. rokov 20. storočia dizajnéri ovplyvňovali iba vonkajší tvar svetlomietov. To sa zmenilo s príchodom čírych krycích skiel bez optiky, vďaka ktorým bolo vidieť do vnútra svetlomietu. Navrhovaniu tak bolo treba venovať oveľa väčšiu pozornosť, následkom čoho sa z dizajnu svetlomietov stala jedna zo špecializácií automobilového dizajnu.

Zatiaľ poslednú revolúciu v dizajne svetlomietov priniesli LED technológie. Vďaka nim je možné vytvoriť rozmanité svietiace krivky a plochy, čím dizajnéri získali v navrhovaní slobodu, po ktorej vždycky túžili.

2.3.2 Dizajn v súčasnosti

2.3.2

V rámci súčasného dizajnu svetlomietov som si všimol zaujímavý paradox. Lídrmi v odvážnom tvarovaní a najmodernejších technológiách sú bezpochyby automobilky „veľkej nemeckej trojky“ (Audi, BMW, Mercedes) spoločne s Lexusom, ich priamou japonskou konkurenciou. Najprepracovanejšie svetlomety teda nemajú superšportové autá, ktoré sú v maximálnej možnej miere zamerané na emócie a pôsobivý dizajn, ale automobily strednej až luxusnej triedy. Samozrejme sa nájdu aj výnimky potvrdzujúce pravidlo, ako napr. Audi R8, no aj v tomto prípade treba zdôrazniť, že Audi je v prvom rade výrobcom automobilov z druhej menovanej kategórie, čo sa odráža aj na designe svetlomietov R8.



Obr. 2-16 Jaguar F-Type R Coupé [16]



Obr. 2-17 Lexus RC [16]

Myslím si, že hlavným dôvodom tohto paradoxu je to, že u superšportových automobilov majú dizajnéri dostatok priestoru na navrhnutie „oku lahodiacich“ tvarov v rámci celého exteriéru a preto príliš výrazné tvarovanie svetlometov nie je nutné. Naopak u manažérskeho sedanu je celkový tvar karosérie oveľa viac limitovaný. Preto sa dizajnéri snažia zatriktívniť takéto autá inak. Rozvoj moderných technológií im priniesol možnosť odvážne tvarovaných svetlometov, z ktorých sa postupne stávajú doslova akési klenoty zdobiace celý automobil.

Toto prirovnanie pritom nie je príliš nadsadené, keďže Mercedes od tohto roka vyrába S-Class Coupé vo verzii Edition 1, ktorá má v predných LED svetlometoch sklenené

kryštály od firmy Swarovski – 17 hranatých kryštálov je použitých v dennom svietení a 30 okrúhlych v smerových svetlách. Kryštály pritom neprinášajú žiadny technologický pokrok, ide výhradne o dizajnovú záležitosť. [15]

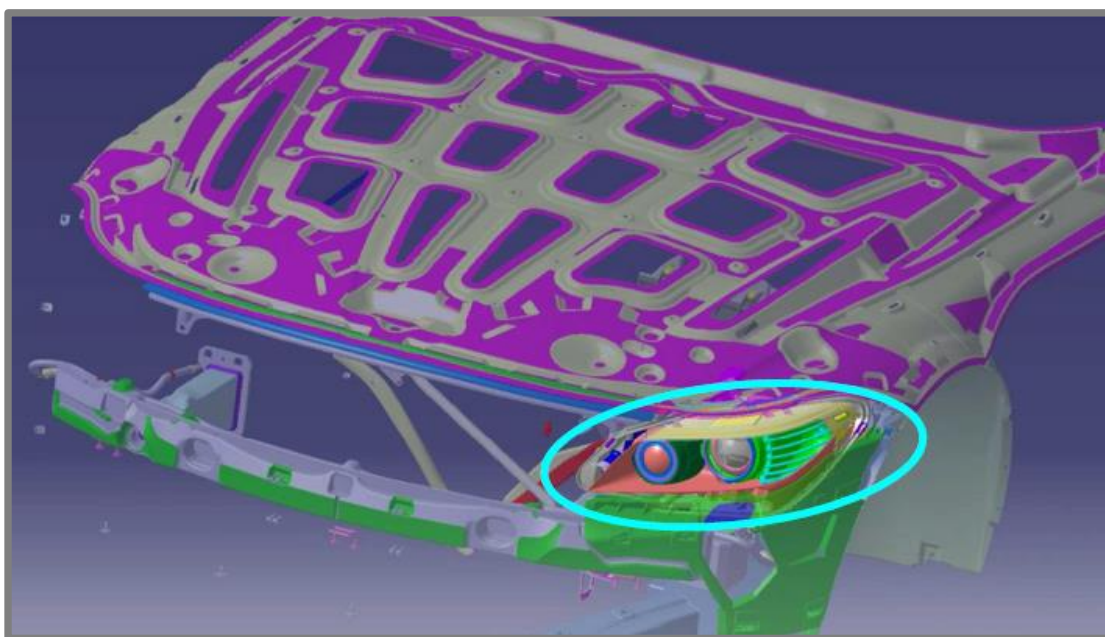


Obr. 2-18 Mercedes-Benz S-Class Coupé [16]

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CIEĽ PRÁCE

3.1 Navrhovanie v praxi

Dizajn svetlometu akéhokoľvek v súčasnosti vyrábaného automobilu sa navrhuje zároveň s karosériou. Konceptný model svetla vytvoria dizajnéri samotnej automobilky, ktorá svoju tvarovú predstavu – spoločne so všetkými ostatnými požiadavkami – pošle do dodávateľskej firmy (napr. Hella, Automotive Lighting, Varroc, Valeo). Tá sa následne snaží túto predstavu a požiadavky preniesť do sériovej výroby v rámci konštrukčných, technologických, ergonomických a ekonomických možností. Výroba prebieha priamo u dodávateľa, pričom automobilka obdrží už hotové svetlomety, ktoré následne len namontuje na zvyšok auta.



Obr. 3-1 Predstava automobilky BMW o dizajne svetlometu modelu Z4, ktorú zaslala k dodávateľovi – firme Hella

3.2 Špecifikácia problému

Témou mojej bakalárskej práce je navrhnúť výhradne predný svetlomet. Nemôže byť teda nijakým spôsobom viazaný na konkrétny automobil ani na akúkoľvek karosériu. Preto som nútený obmedziť sa na návrh, ktorý bude samostatne prezentovateľný. To znamená, že musí byť vytvorený z jedného celistvého kusu a jeho tvary nemôžu nijakým spôsobom zasahovať do karosérie ani nadväzovať na línie, ktoré ju tvoria. Takýto spôsob navrhovania je teda úplne odtrhnutý od praxe automobilového dizajnéra, to však neznamená, že by výsledný dizajn nemohol byť po všetkých stránkach kvalitný a obhájiteľný, pričom návrh karosérie k tomuto svetlometu by mohol byť zrealizovaný v blízkej budúcnosti (napr. ako téma diplomovej práce).

3.3 Technické ciele

3.3

Už od samého začiatku budem myslieť na všetky technické aspekty a v súčasnosti dostupné technológie, aby mohol byť výsledný dizajn použiteľný aj v praxi a bolo ho možné prezentovať dodávateľskej firme ako dizajnovú predstavu, ktorá by ho po niekoľkomesačnom internom vývoji mohla preniesť do sériovej výroby. V žiadnom prípade nechcem zo svojej bakalárskej práce spraviť len akési stylingové cvičenie. Výsledok by síce mohol vyzerat' perfektne, no zrealizovateľný by bol maximálne ako koncept, ktorý by kvôli technickej nedomyslenosti nemohol dostatočne plniť svoju primárnu funkciu.

V celom procese navrhovania teda budem mať na zreteli to, že každá časť svetlometu musí mať jasný význam a účel. Konštrukcia automobilových svetlometov musí byť čo najľahšia (to platí pre akúkoľvek automobilovú súčasť, pre svetlomety to však platí dvojnásobne, keďže sa nachádzajú veľmi ďaleko od ťažiska celého auta), no zároveň dostatočne tuhá a odolná voči vysokým aj nízkym teplotám a poveternostným vplyvom. Budem sa preto usilovať navrhnuť tvar, kde každá línia bude rovnako estetická, ako aj funkčná, s minimom ozdobných rámečkov a iných prvkov slúžiacich len na efekt.

Všetky tieto technické ciele sa budem snažiť splniť v rámci mojich znalostí a možností ako študenta dizajnu. Ako som už spomenul v úvode práce, svetlomety moderných automobilov sú natoľko komplikované, že nie je v možnostiach ktoréhokoľvek dizajnéra, aby poznal všetky aspekty, ktoré s ich navrhovaním súvisia.

3.4 Estetika dizajnu

3.4

Vnímanie estetiky dizajnu je úplne subjektívna záležitosť a preto je nemožné navrhnuť tvary, ktoré by sa dokonale páčili každému. Presne tak, ako má každý človek odlišnú predstavu dokonalého vzhľadu jeho partnera či partnerky, má vlastné ideály aj v automobilovom dizajne. Je logické, že sa o dizajn, ktorý by bol po chuti čo najväčšiemu percentu potencionálnych zákazníkov snaží väčšina automobiliek kvôli predajom, no ja sa pokúsim ísť „mimo masu“ a experimentovať. Chcem stvoriť dizajn, ktorý budú niektorí milovať a iní nenávidieť, no nikomu nesmie zostať celkom ľahostajný. Musí v každom človeku vyvolávať silné emócie, strhnúť na seba pozornosť a nútiť k bližšiemu preskúmaniu. Navrhnutý svetlomet musí vyzerat' moderne, no zároveň rozdielne od súčasnej produkcie. Musí niest' vlastné originálne dizajnové prvky, ktoré ho budú jasne odlišovať od všetkého ostatného a vytvárať jeho osobitý charakter. Toto sú znaky, ktoré by mal, podľa môjho názoru, výborný dizajn po estetickej stránke mať.

4 VARIANTNÉ ŠTÚDIE DESIGNU

4.1 Zdroje inšpirácie

Inšpiráciou pre mňa boli výlučne prírodné motívy: naličené ženské oko, dravé vtáky, mačkovité šelmy, žraloky, listy rastlín, morské vlny a pieskové duny. Podľa môjho názoru ide o tvary, ktoré sú vrcholom ladnej estetickej krásy a nebezpečnej zvodnosti, ktorá ľudí fascinuje.



Obr. 4-1 Naličené ženské oko [20]



Obr. 4-2 Orliak bielohlavý [21]



Obr. 4-3 Tiger pásavý ussurijský [22]

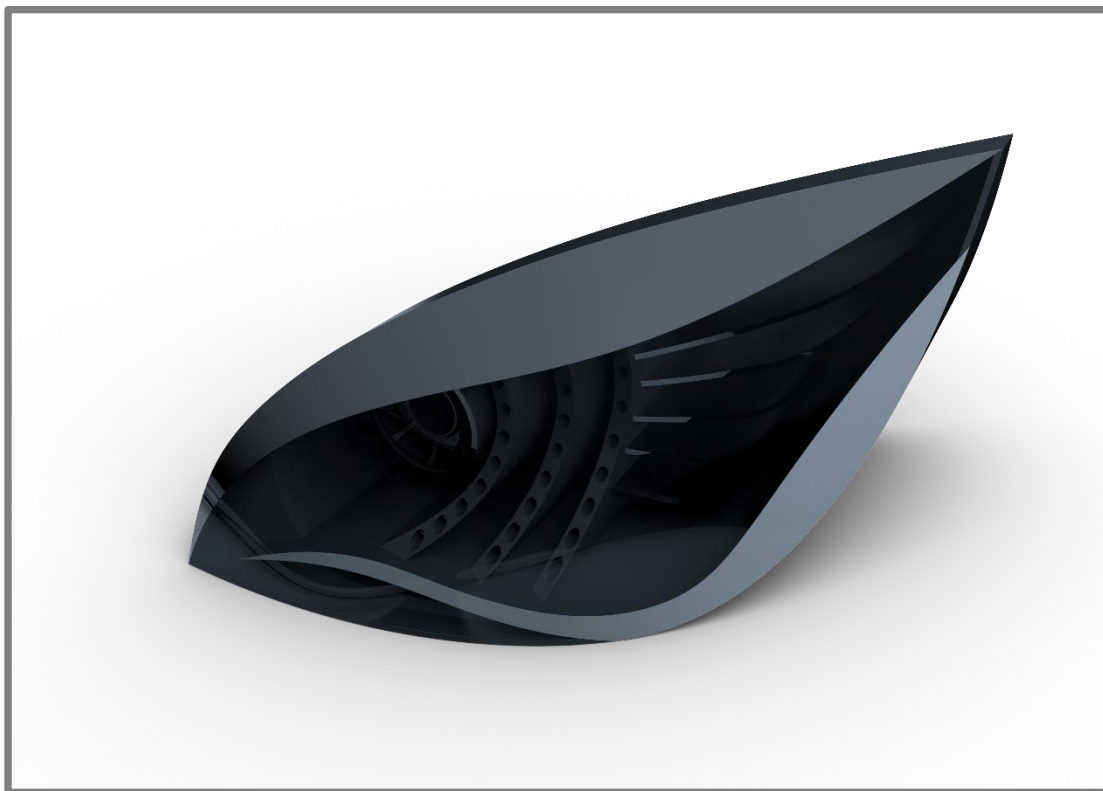
4.2 Postup navrhovania

4.2

Ihneď po pridelení témy bakalárskej práce som začal s voľným skicovaním tvarov, ktoré by mohli byť vo svetlomete použité, pričom som najprv zámerne nepremýšľal nad konštrukčným, technologickým ani ergonomickým riešením. Jednoducho som sa snažil nájsť tvary, ktoré by pôsobili esteticky, zaujímavo a emotívne. Tie som následne skúšal rôzne umiestňovať do jednoduchého vonkajšieho tvaru svetlometu a budovať tak hmotu vo vnútornej časti. Zároveň som začal uvažovať nad tým, ako zabezpečiť všetky požadované druhy osvetlenia v súlade s legislatívou a nad výberom najvhodnejších svetelných zdrojov. Postupne som na papieri dospel k viacerým základným tvarovým alternatívam, z ktorých som musel vybrať jednu. Tú som následne začal modelovať v CAID softvéri a postupne spresňovať jednotlivé detaily. Ani v tejto fáze som sa samozrejme nevyhol množstvu variantných detailov a ťažkému rozhodovaniu, ktoré z nich si vybrať pre finálny návrh. Po dokončení 3D modelu varianty A nasledovali jeho vizualizácie a výroba fyzického modelu. Táto varianta sa však nestretla s pochopením u predošlého vedúceho práce ani komisie SZZ, preto musela byť od základov prepracovaná. Postup sa teda opakoval od samotného začiatku, pričom som cez nespočetne mnoho skíc dospel až k deviatim úplne novým samostatným variantám. Nasledujúce podkapitoly sú venované všetkým spomenutým variantám, pričom každá obsahuje jednu prezentačnú skicu daného návrhu so stručným popisom estetického a technologického riešenia. Z týchto variant sa následne vybrala jedna, ktorá slúžila ako základ pre 3D model finálneho návrhu a jeho vizualizácie.

4.3 Variantné štúdie

4.3.1 Varianta A



Obr. 4-4 Vizualizácia varianty A

Vonkajší tvar svetlometu definujú dve výrazné línie, ktoré tvoria „horné“ a „dolné viečko“. Sú inšpirované najmä naličeným ženským okom, no natvarované tak, aby vytvárali „prižmúrený pohľad“ predátora pripraveného zaútočiť.

Centrom vnútornej časti svetlometu je „rohovka“. Jej okraj lemuje línia, ktorá je súčasťou obrysového svetla. Väčšina plochy „rohovky“ má predstavovať dúhovku a zabezpečuje diaľkové svetlo. V strede „rohovky“ je otvor, ktorý pripomína zrenicu.

„Rohovku“ z jednej strany kopírujú tri línie, ktoré sa smerom nadol navzájom vzdalujú. Sú inšpirované žraločími žiabrami. V nich sa nachádzajú pásy LED diód, ktoré plnia funkciu stretávacích svetiel.

V hornom rohu sa nachádzajú dve dlhšie línie predstavujúce krídla dravých vtákov. Slúžia ako obrysové resp. smerové svetlá. Vďaka LED multichipu môžu svietiť nabiele alebo blikať naoranžovo. Pod nimi sa nachádzajú tri kratšie „krídelká“, ktoré slúžia ako denné svietenie.

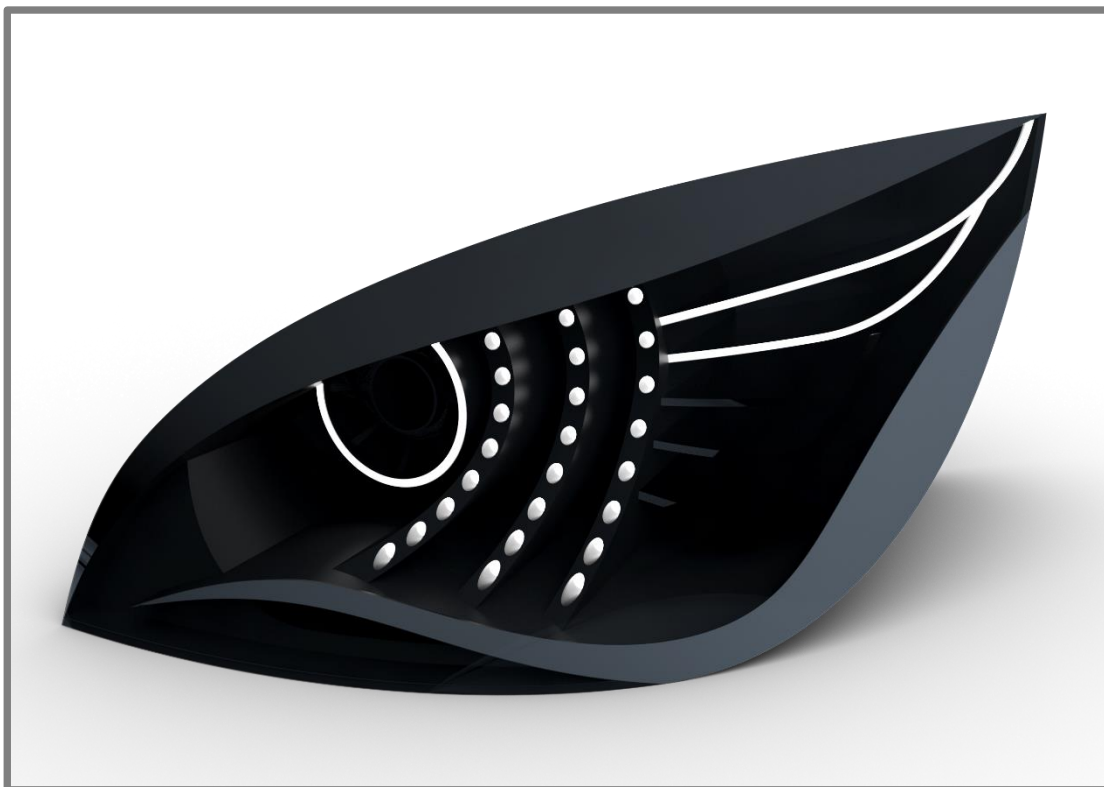
Pod „dolným viečkom“ sa nachádza hmlové svetlo. Kopíruje tvar „viečka“ a spodného lemu svetlometu. Zároveň je mierne zapustené dovnútra.

Na vytvorenie diaľkového, stretávacieho a hmlového svetla je použitá reflektorová optika. Ostatné svetelné funkcie sú zabezpečované pomocou svetlovodičov. Vďaka nim je možné dosiahnuť svietiace línie, ktoré celému dizajnu dodávajú viac emócií, keďže pripomínajú ťahy štetcom.

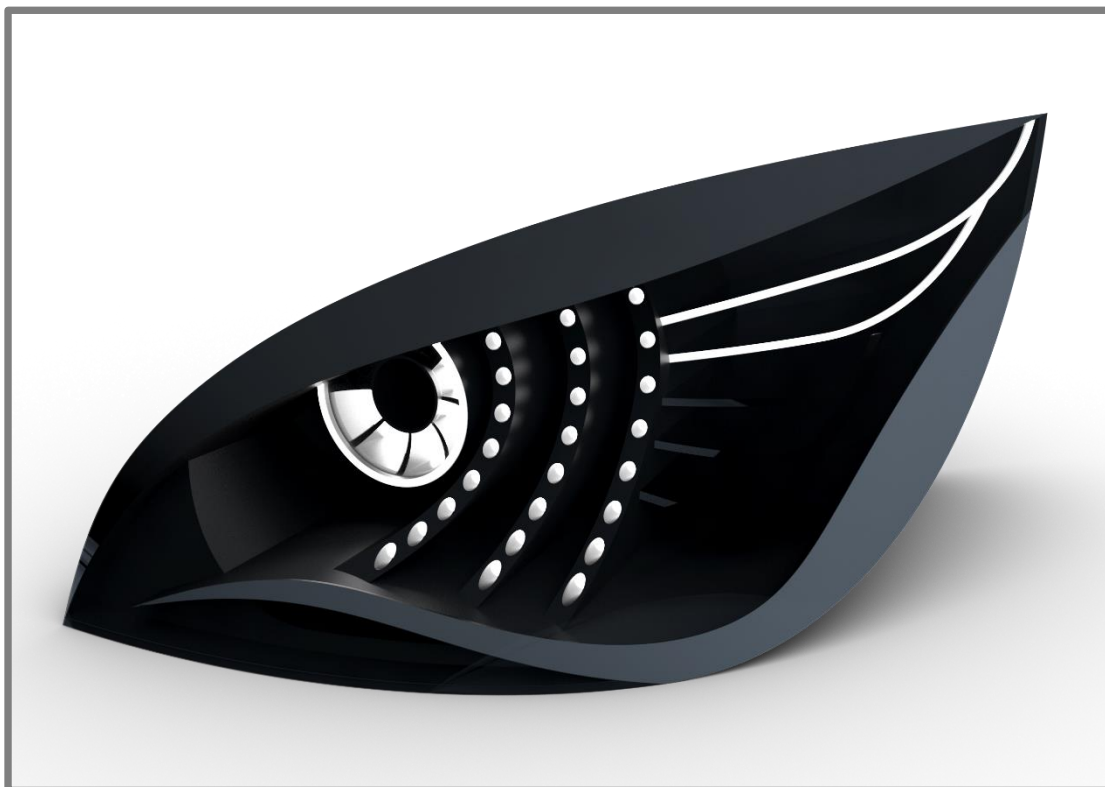
Stretávacie svetlo využíva kontúrové riešenie troch pásov po ôsmich LED. Funguje vždy v kombinácii s obrysovým svetlom, ktoré je rozdelené na dve časti – kruhovú výseč a dve línie, ktoré smerom k okraju svetlometu splývajú. Diaľkové svetlo dosahuje maximálne osvetlenie vozovky pomocou piatich častí s vysokovýkonnými LED. V režime diaľničného svetla sú zapnuté len dve krajné časti, aby sa predišlo oslňovaniu vozidiel v protismere.

Svetlo do zlého počasia je kombináciou obrysového svetla, hmlového svetla umiestneného v spodnej časti svetlometu a nízko položenými LED stretávacieho svetla. Takto je dosiahnutá maximálna možná viditeľnosť v nepriaznivých poveternostných podmienkach bez neželaného oslňovania vodiča alebo ostatných účastníkov cestnej premávky.

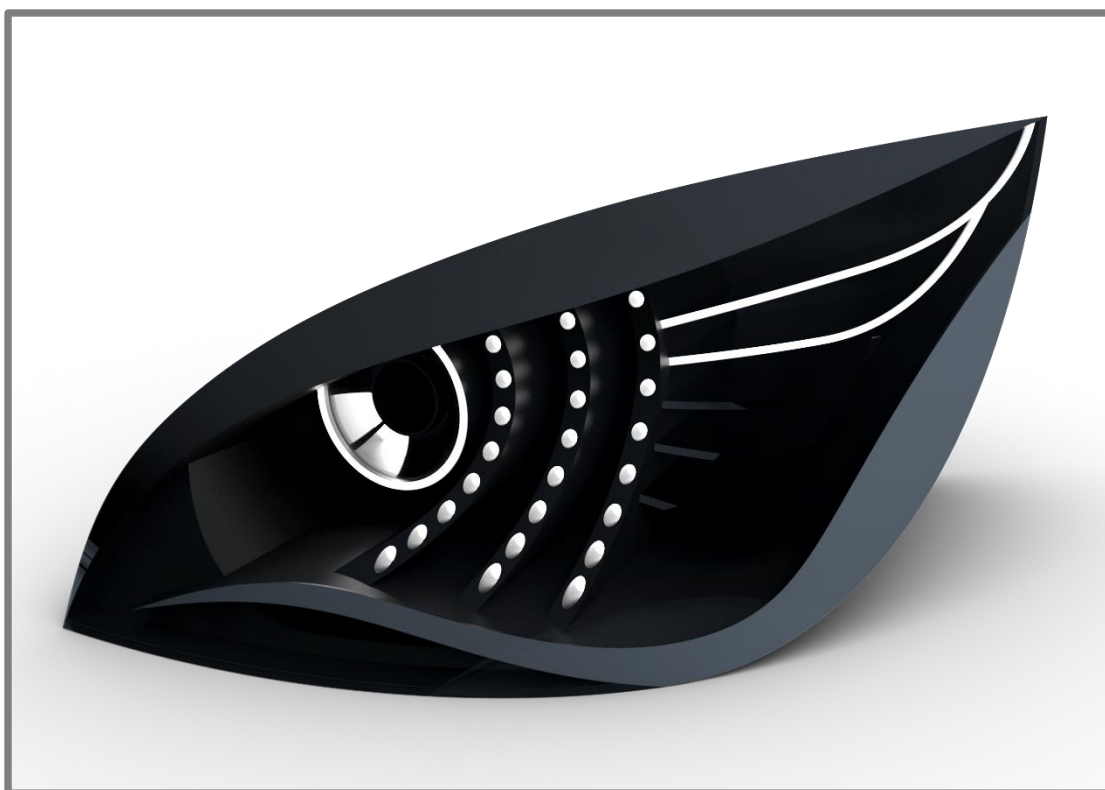
Smerové svetlo vzniká zmenou farby dvoch línií obrysového svetla z bielej na oranžovú. Denné prevádzkové svetlo zabezpečujú tri kratšie línie s veľmi úspornými LED, ktoré minimalizujú spotrebu paliva použitého na osvetlenie počas dňa, no zároveň plnia legislatívne požiadavky.



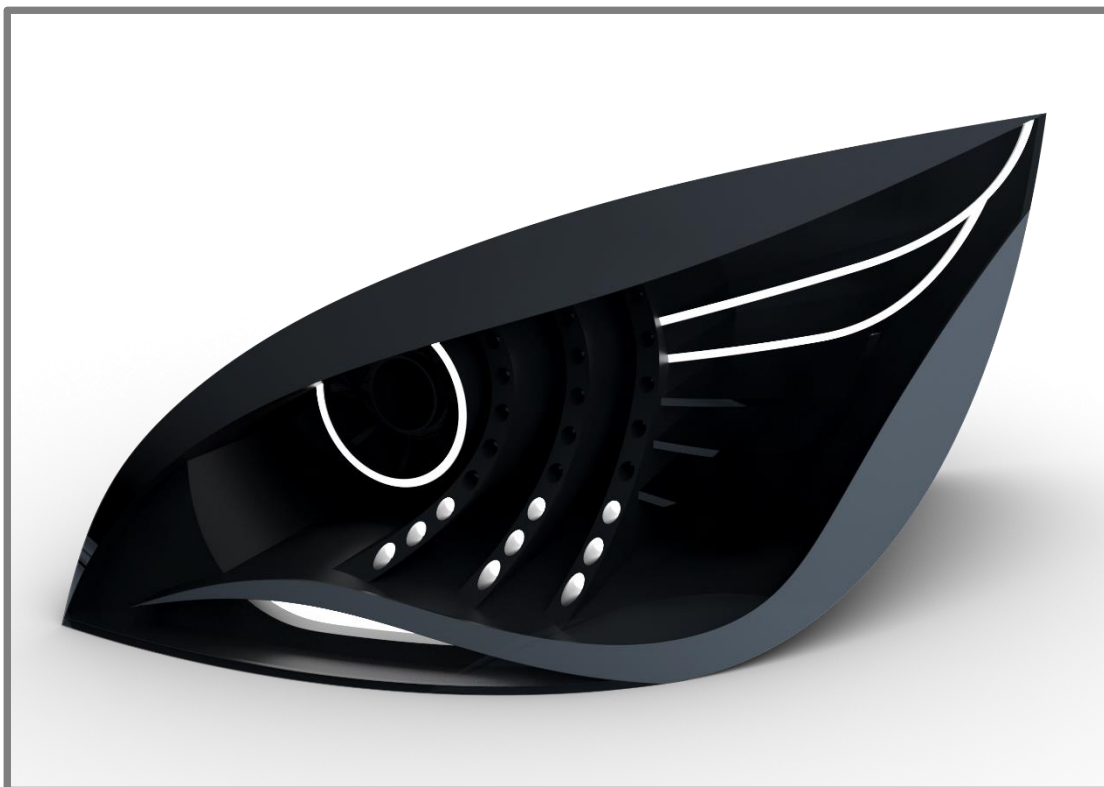
Obr. 4-5 Stretávacie svetlo varianty A



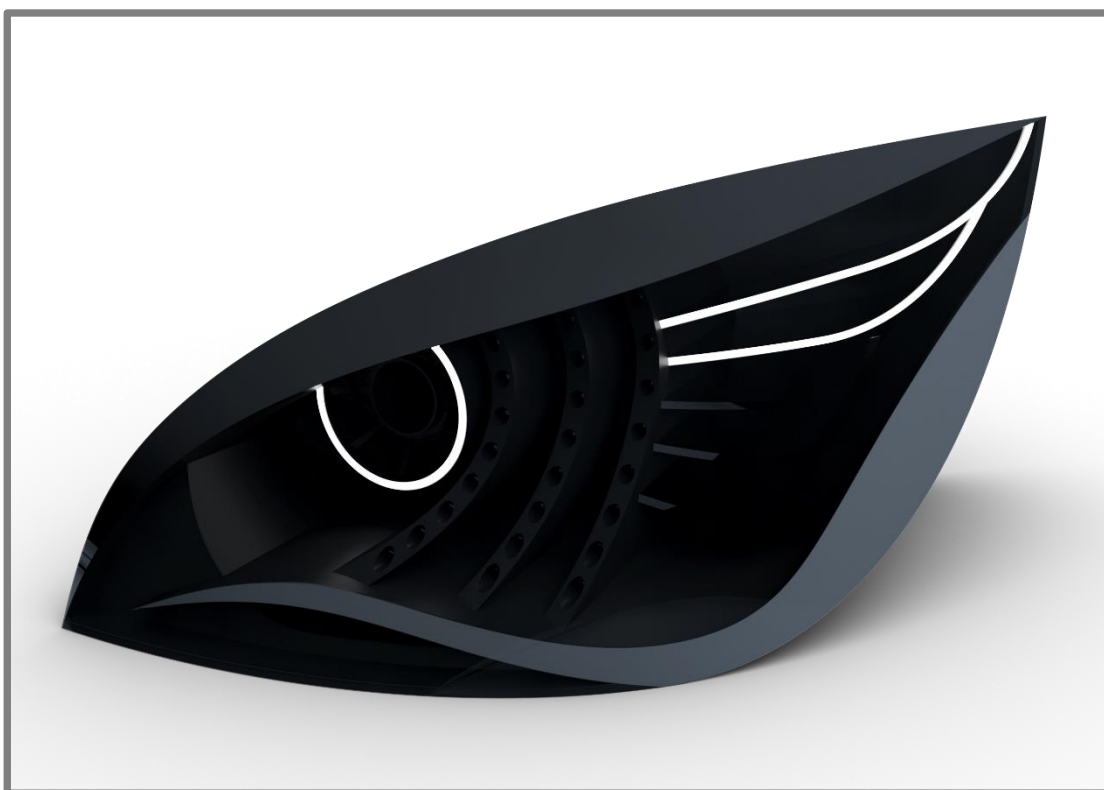
Obr. 4-6 Diaľkové svetlo varianty A



Obr. 4-7 Diaľňické svetlo varianty A



Obr. 4-8 Svetlo do zlého počasia varianty A



Obr. 4-9 Obrysové svetlo varianty A



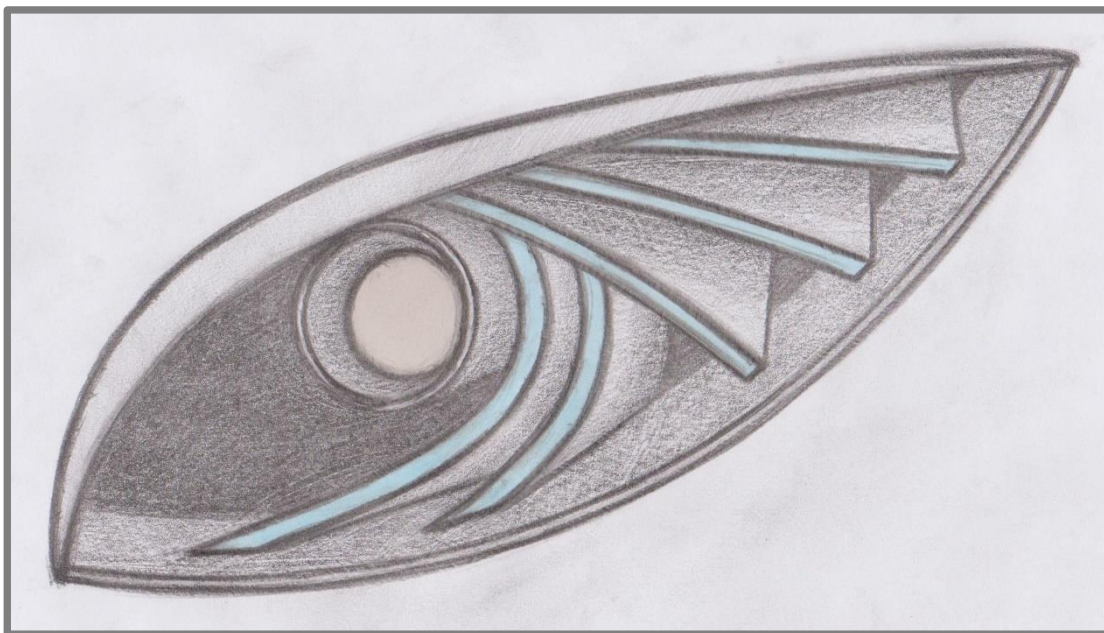
Obr. 4-10 Smerové svetlo v kombinácii s obrysovým svetlom varianty A



Obr. 4-11 Denné prevádzkové svetlo varianty A

4.3.2 Varianta B

4.3.2

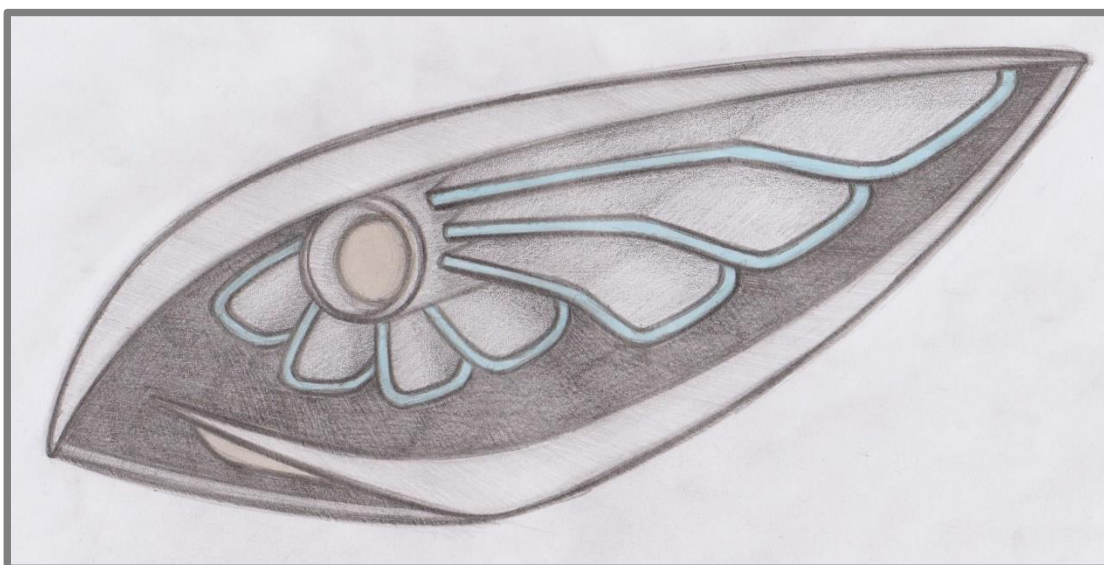


Obr. 4-12 Varianta B

Dizajn voľne vychádza z varianty A, no je oveľa jednoduchší a čistejší. „Horné viečko“ je tenšie a menej výrazné a „dolné viečko“ úplne zmizlo. Stretávacie a diaľkové svetlo je zabezpečované projektorovou optikou s pohyblivou clonou. Tú obopínajú dve vertikálne línie s funkciou denného svietenia. Tri línie nachádzajúce sa v hornej časti fungujú ako obrysové svetlo, pričom krajná línia sa vďaka LED multichipu mení na oranžové smerové svetlo.

4.3.3 Varianta C

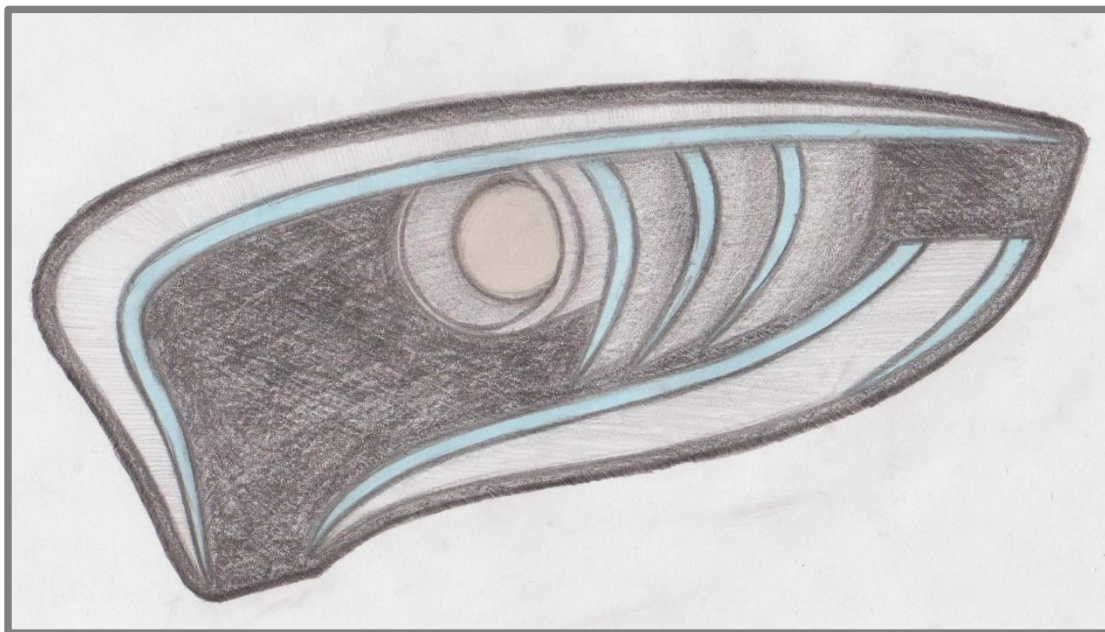
4.3.3



Obr. 4-13 Varianta C

„Viečka“ aj celkový vonkajší tvar pripomínajú variantu A, no vnútorná časť je odlišná. Stretávacie a diaľkové svetlo je vyriešené rovnakým spôsobom ako v predošlej variante. LED denného svietenia sa nachádzajú pod projektorovou optikou a obrysové svetlo zabezpečujú tri línie po strane, pričom najvyššie umiestená línia opäť zároveň funguje ako „smerovka“. V spodnej časti je ešte umiestnené hmlové svetlo využívajúce reflektorovú optiku.

4.3.4 Varianta D



Obr. 4-14 Varianta D

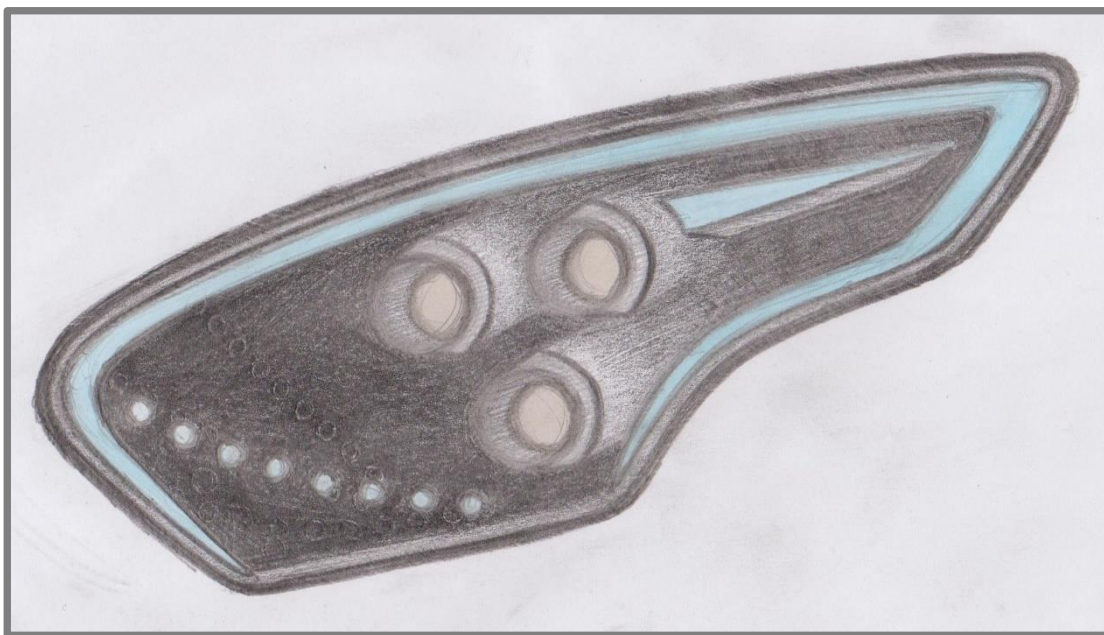
Pri tomto návrhu som sa snažil zakomponovať projektorovú optiku s pohyblivou clonou do úplne odlišného vonkajšieho tvaru. „Viečka“ sú opäť výrazné, no tentokrát ich lemujú línie tvoriace obrysové svetlo. Krátka krajná svietiacia línia funguje ako „smerovka“. Tri línie obopínajúce projektorovú optiku z vonkajšej strany slúžia ako denné svietenie.

4.3.5 Varianta E

Projektorová optika je zložená z troch samostatných jednotiek, takže si vystačí s pevnou clonou namiesto komplikovanejšej pohyblivej. Stretávacie svetlo je tak vytvorené pomocou dvoch vonkajších jednotiek, zatiaľ čo diaľkové svetlo využíva aj vnútornú jednotku s oveľa vyšším výkonom. V prípade takéhoto riešenia je najoptimálnejšie využiť LED technológiu na produkciu stretávacieho svetla, kým vnútorná jednotka bude fungovať na báze HID. Takýto systém tak bude kombinovať úspornosť LED s vysokým výkonom „xenónov“.

Pri danej variante som „viečka“ vôbec nepoužil a väčšina vonkajšieho tvaru svetlometu je definovaná líniou, ktorá slúži ako obrysové svetlo. Na ňu nadväzuje

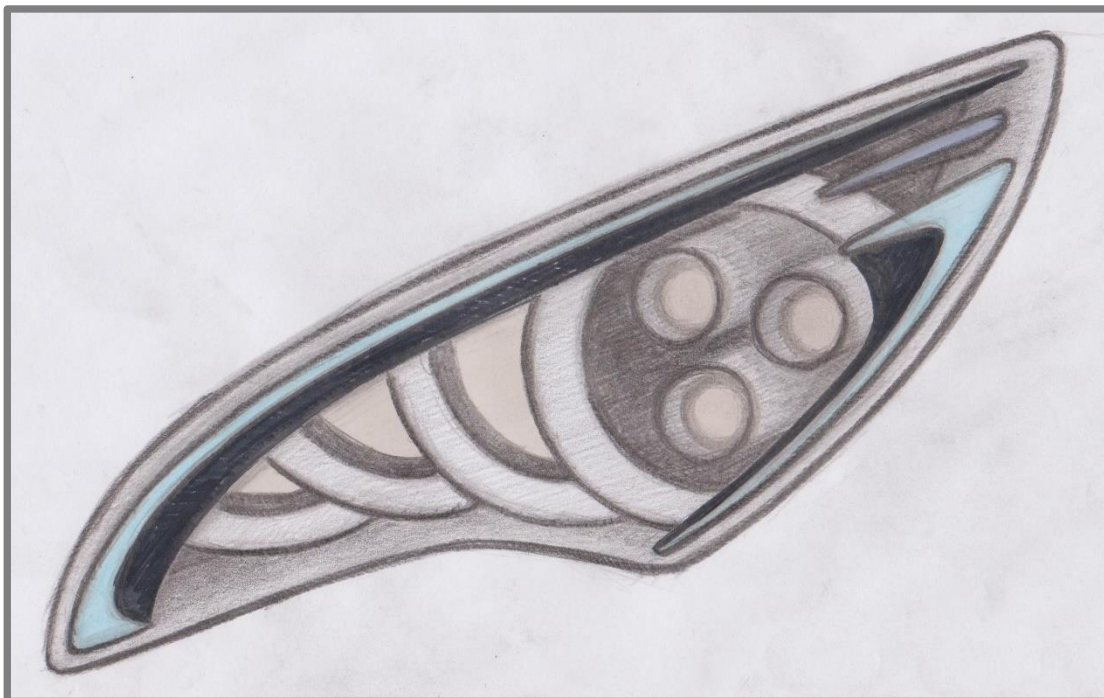
krátka horizontálna línia vyhradená pre smerovku. Vo vnútornej časti svetlometu sa nachádza osem samostatných kruhových LED fungujúcich ako denné svietenie.



Obr. 4-15 Varianta E

4.3.6 Varianta F

4.3.6

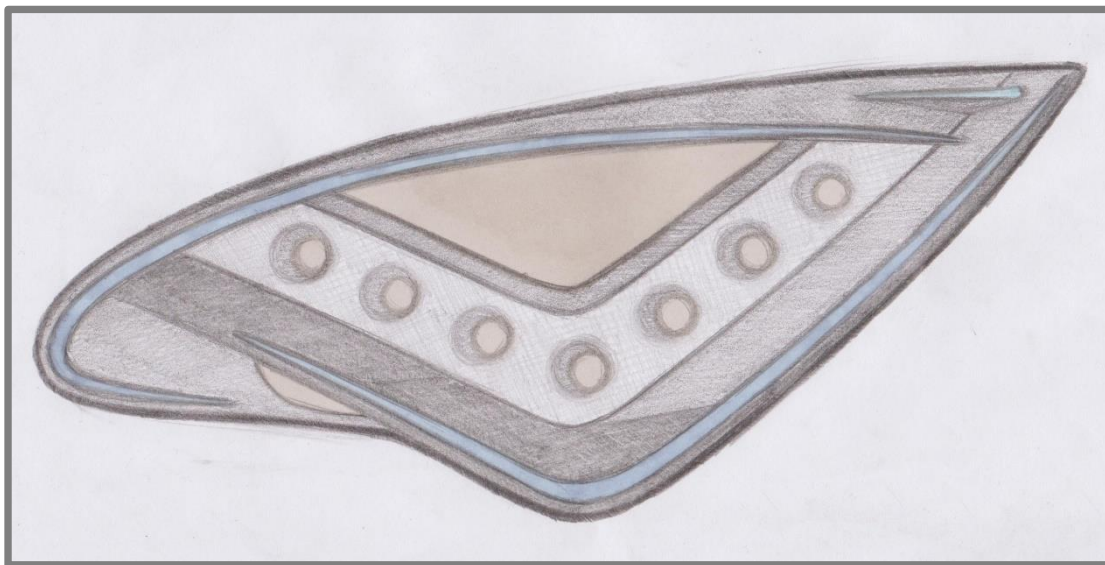


Obr. 4-16 Varianta F

Línie obrysového svetla sú súčasťou „viečok“, pričom vonkajšia svietiaci časť je dominantná vďaka zatmavenej časti, ktorá vytvára zvýšený kontrast. Vnútro

svetlometu je rozdelené oválnymi krycími rámčekmi na štyri segmenty. V najväčšom z nich sa nachádza trojitá projektorová optika, ktorá tentokrát funguje len ako stretávacie svetlo. Dva prostredné segmenty ukrývajú reflektorovú optiku, ktorá zabezpečuje diaľkové svetlo. Segment nachádzajúci sa vo vnútornom rohu svetlometu je vyhradený pre hmlové svetlo. V opačnom rohu zabezpečuje funkciu smerovky opäť jednoduchá horizontálna línia.

4.3.7 Varianta G



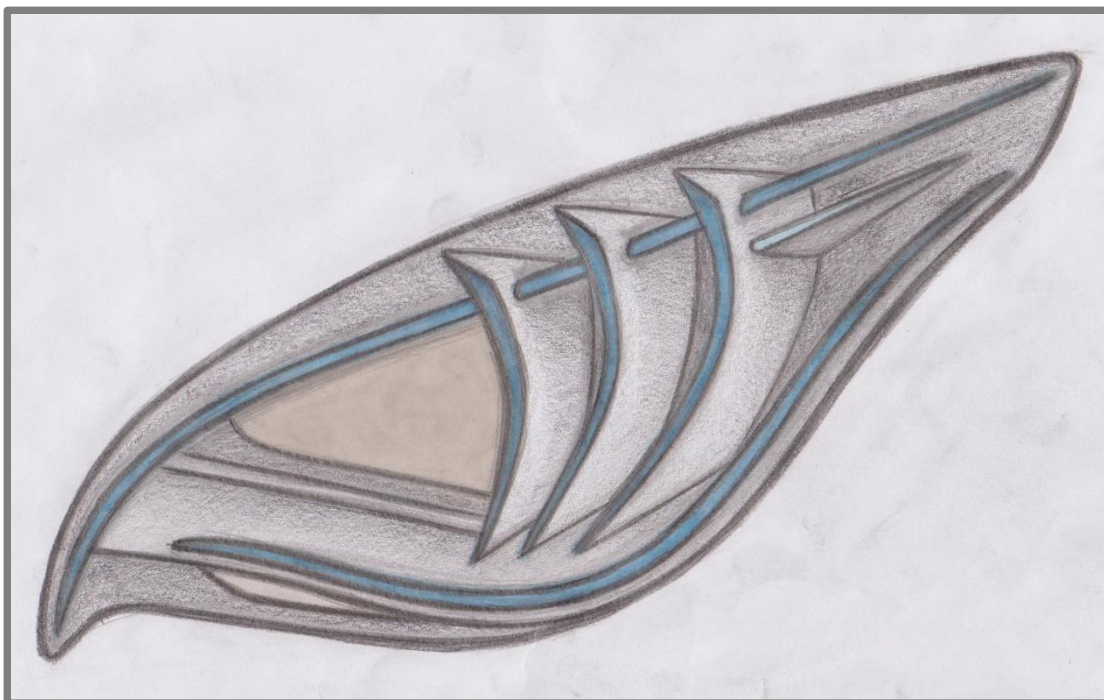
Obr. 4-17 Varianta G

Väčšina vonkajšieho tvaru je opäť definovaná dvomi líniami obrysového svetla. Diaľkové svetlo v tomto prípade zabezpečuje reflektorová optika uložená pod krycím sklom. Stretávacie svetlo je tvorené siedmimi samostatnými LED. Krátka línia umiestnená v hornom vonkajšom rohu slúži ako smerovka. V spodnej časti je mierne skryté hmlové svetlo.

4.3.8 Varianta H

Pri návrhu tejto varianty som sa cielene vrátil k spätnej analýze varianty A, aby som znova použil dva prvky, ktoré som na nej považoval za najzaujímavejšie: línie definujúce „horné“ a „dolné viečko“ a trojité „žiabre“. Vo výsledku som však chcel docieľiť oveľa čistejší, menej komplikovaný dizajn, avšak s dynamickejším a celkovo zaujímavejším vonkajším tvarom. Dve spomenuté línie tak v tomto prípade tvoria obrysové svetlo, zatiaľ čo „žiabre“ sú oveľa tenšie a zabezpečujú denné svietenie. Zdroje diaľkového a stretávacieho svetla sú ukryté za spoločným sklom. Daný návrh obsahuje aj hmlové svetlo umiestnené podľa predpisov v spodnej časti svetlometu.

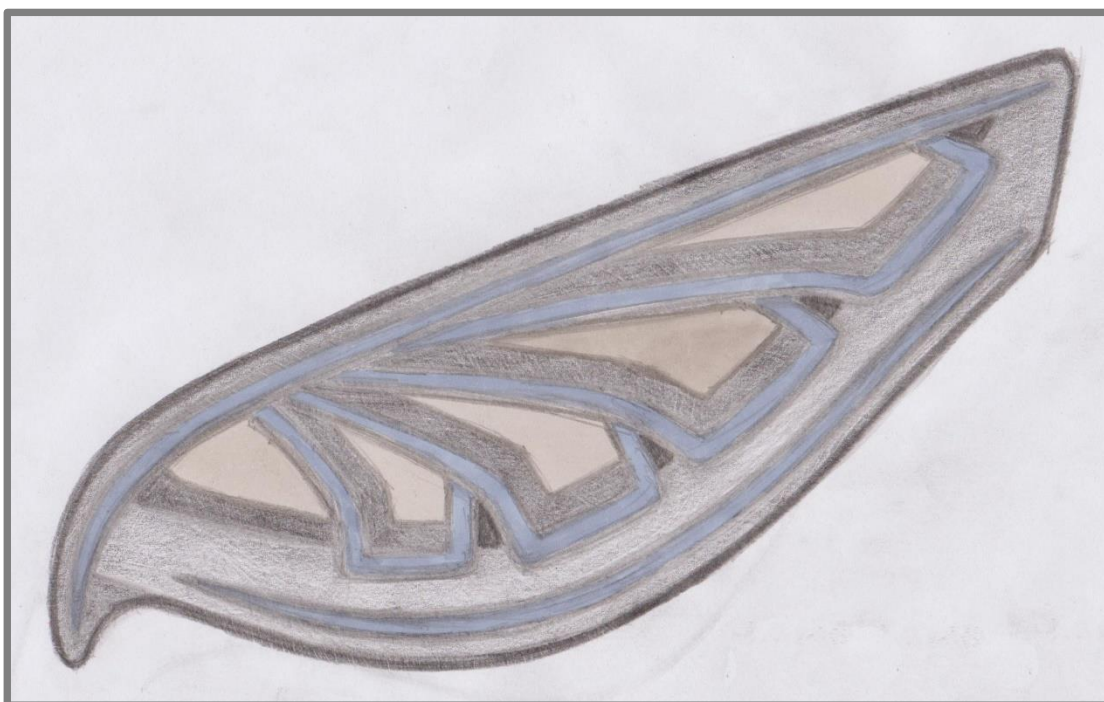
Táto varianta bola vybratá, aby slúžila ako základ pre finálny návrh, preto bude rozpracovaná v nasledujúcich kapitolách.



Obr. 4-18 Varianta H

4.3.9 Varianta I

4.3.9

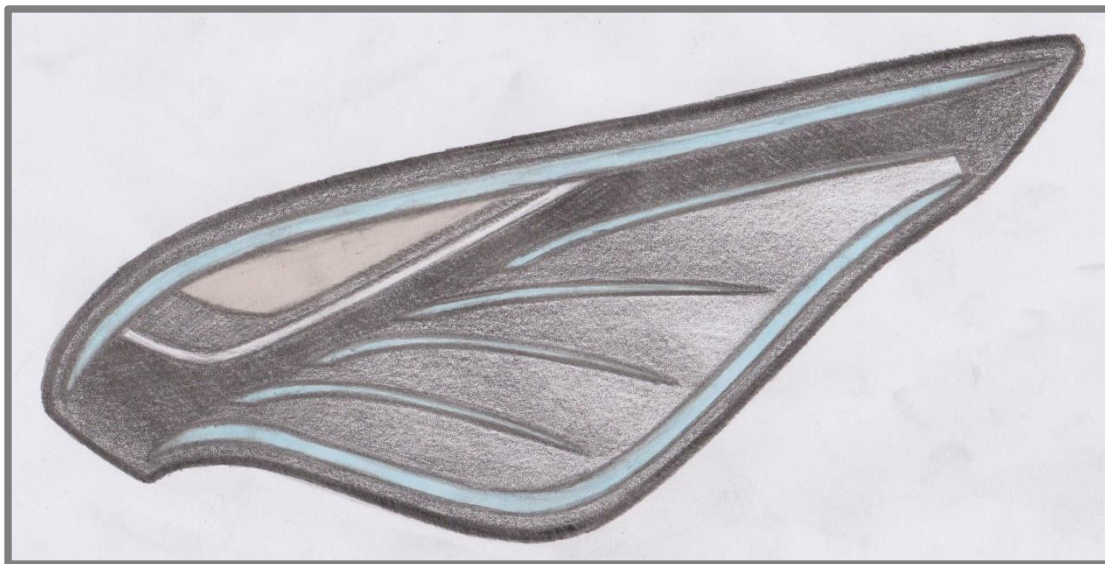


Obr. 4-19 Varianta I

Pomerne rozsiahle LED denného svietenia rozdeľujú vnútro na päť segmentov, z ktorých každý obsahuje reflektorovú optiku prekrytú sklom. Tieto segmenty fungujú ako stretávacie resp. diaľkové svetlo, pričom vďaka ich počtu je možné

implementovať najrôznejšie adaptívne funkcie. Segment nachádzajúci sa vo vnútornom rohu funguje ako „hmlovka“. Smerové svetlo zabezpečuje línia ohraničujúca segment umiestnený v krajnom hornom rohu.

4.3.10 Varianta J



Obr. 4-20 Varianta J

Základný tvar opäť definujú dve línie obrysového svetla. Zdroj stretávacieho a diaľkového svetla je lemovaný rámčekom a uložený pod krycím sklom. Vzhľadom k pomerne malému priestoru je vhodné použitie laserovej optiky. Štyri jemné línie zabezpečujúce denné svietenie sú inšpirované žilnatinou na listoch rastlín.

5 TVAROVÉ, KOMPOZIČNÉ, FAREBNÉ A GRAFICKÉ RIEŠENIE

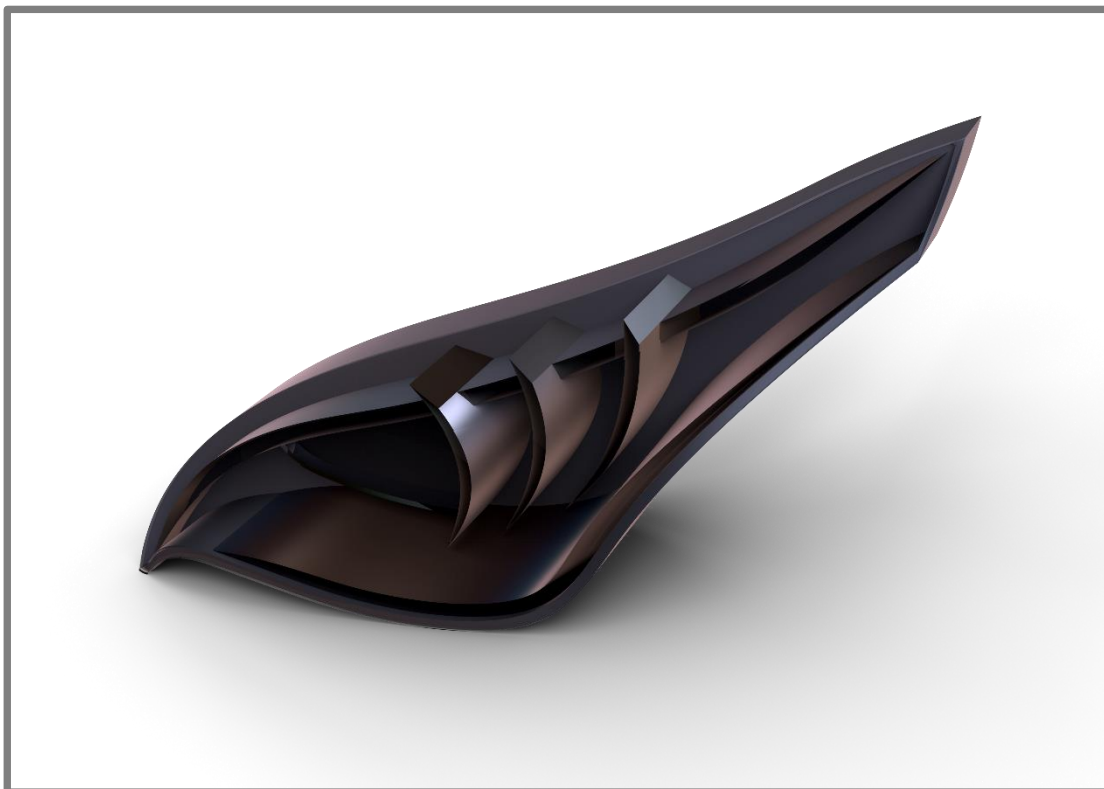
5

5.1 Tvarové a kompozičné riešenie finálneho návrhu

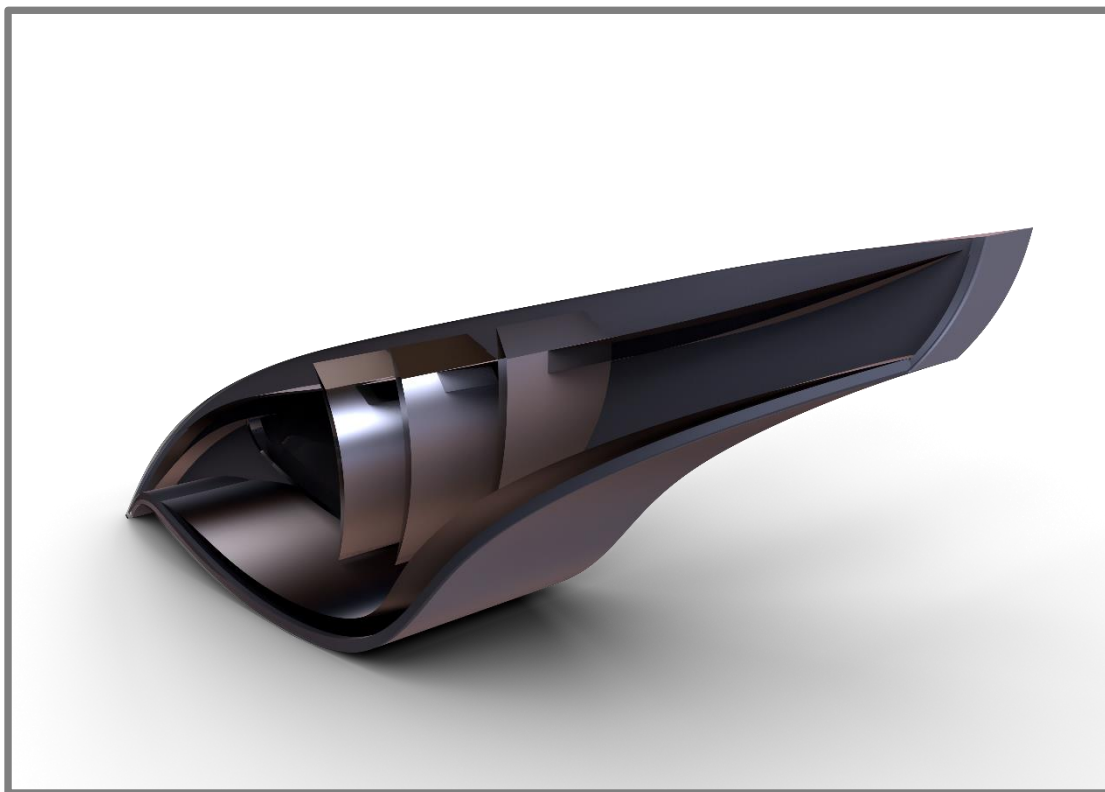
5.1

Od varianty H som sa rozhodol upustiť od samostatnej línie smerového svetla, aby celý dizajn pôsobil ešte čistejšie. Vynechal som taktiež hmlové svetlo, čo mi umožnilo dosiahnuť dynamickejšie pôsobiaci tvar vonkajšieho puzdra. Ako som už spomenul v kap. 2.2.1, predné hmlové svetlá v krajinách EÚ povinné nie sú. Navyše hmlové svetlá umiestnené v prednom svetlomete sú len doplnkom plnohodnotných „hmloviek“ umiestnených na prednom nárazníku.

Dominantnými prvkami celého dizajnu sú línie „horného a dolného viečka“, ktoré vytvárajú charakteristický prižmúrený agresívny pohľad. Vrchnú líniu pretínajú tri „žiabre“, ktoré sa však taktiež dajú interpretovať ako stopa po pazúroch dravej šelmy.



Obr. 5-1 Vizualizácia finálneho návrhu



Obr. 5-2 Vizualizácia finálneho návrhu

5.2 Farebné prevedenie

Svetlomety sa dodávajú len v jednom farebnom prevedení, ktoré musí byť neutrálne, aby sa hodilo k akejkoľvek farbe karosérie. Všeobecne používané sú preto odtiene sivej a čierna. Iné farby môžu byť využité len na jemné akcenty.

Ja som sa rozhodol použiť ako základ tmavosivú farbu, ktorá najlepšie nechá vyniknúť osvetlenie, ktoré svetlomet produkuje. Na zvýraznenie „viečok“ a „žiabier“ som použil farbu matnej platiny. Rámček ohraničujúci reflektorovú optiku má rovnakú farbu v lesklom prevedení. Ak sú všetky svetlá vypnuté, svetlomet zámerné pôsobí pomerne nenápadne.

6 KONŠTRUKČNE TECHNOLOGICKÉ RIEŠENIE A ERGONOMICKÉ RIEŠENIE

6

6.1 Svetelné zdroje

Vzhľadom k vlastnostiam všetkých v súčasnosti používaných svetelných zdrojov (popísaných v kap. 2.2.5) som sa jednoznačne rozhodol pre full-LED technológiu. Halogénové žiarovky a xenónové výbojky začínajú byť zastarané a nie sú perspektívou do budúcnosti. Laserové diódy sú naopak veľmi perspektívne (a znejú priam „nehorázne cool“), no táto technológia je zatiaľ stále „v plienkach“ a momentálne by bolo možné použiť ich len ako zdroj diaľkových svetiel. Taktiež by celý svetlomet poriadne predražili, čo by sa napriek ich výhodám v konečnom dôsledku ťažko obhajovalo. Full-LED prevedenie je teda jasnou voľbou. Zároveň mi však poskytuje značnú dizajnovú slobodu, ktorú som sa snažil pri návrhu naplno využiť.

6.2 Optické systémy

Na vytvorenie stretávacieho a diaľkového svetla je použitá reflektorová optika. Obrysové svetlo je zabezpečované pomocou svetlovodičov, jeho krajná časť obsahuje LED multichip, vďaka čomu môže zmeniť farbu vyžarovaného svetla z bielej na oranžovú a fungovať ako „smerovka“.

6.3 Materiály

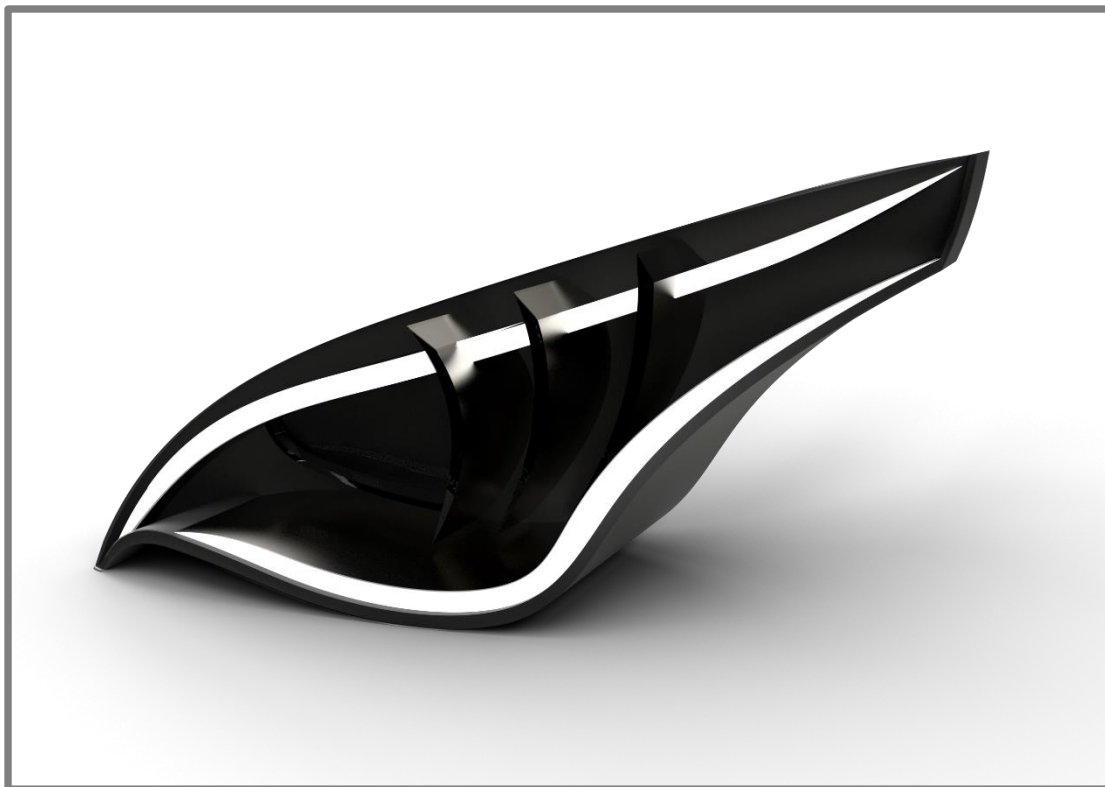
Použité materiály sa nijak špecificky nelíšia od moderných LED svetlometov. Puzdro je z polypropylénu, krycie sklo a rámčeky z polykarbonátu. Horná a dolná plocha kopírujúca línie obrysového svetla sú pokovené, aby pripomínali matnú platinu. Rámček ohraničujúci krycie sklo reflektorovej optiky je pokovený do lesklého prevedenia. Puzdro je nalakované tmavosivou farbou.

6.4 Ergonómia

6.4

Celý svetlomet je riešený výlučne staticky, žiadna z jeho častí nie je pohyblivá. Prepínanie medzi svetelnými funkciami by bolo manuálne. Nejde teda o príliš sofistikované riešenie, výhodou by však bola prijateľná cena a s najväčšou pravdepodobnosťou aj vyššia spoľahlivosť celého systému. Nechcem vyznieť cynicky, ale pravdou je, že čím viac komplikovaných súčastí (najmä elektronických) akákoľvek časť automobilu obsahuje, tým väčšia je šanca, že sa niečo pokazí.

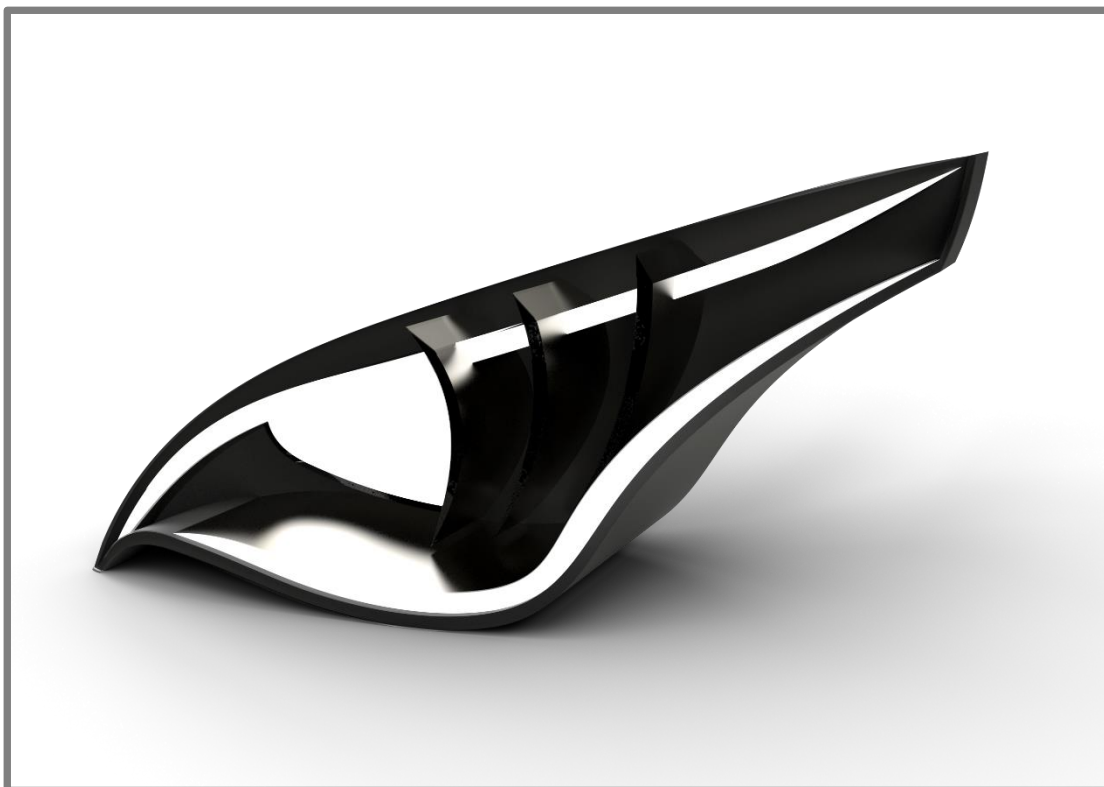
6.5 Svetelné funkcie



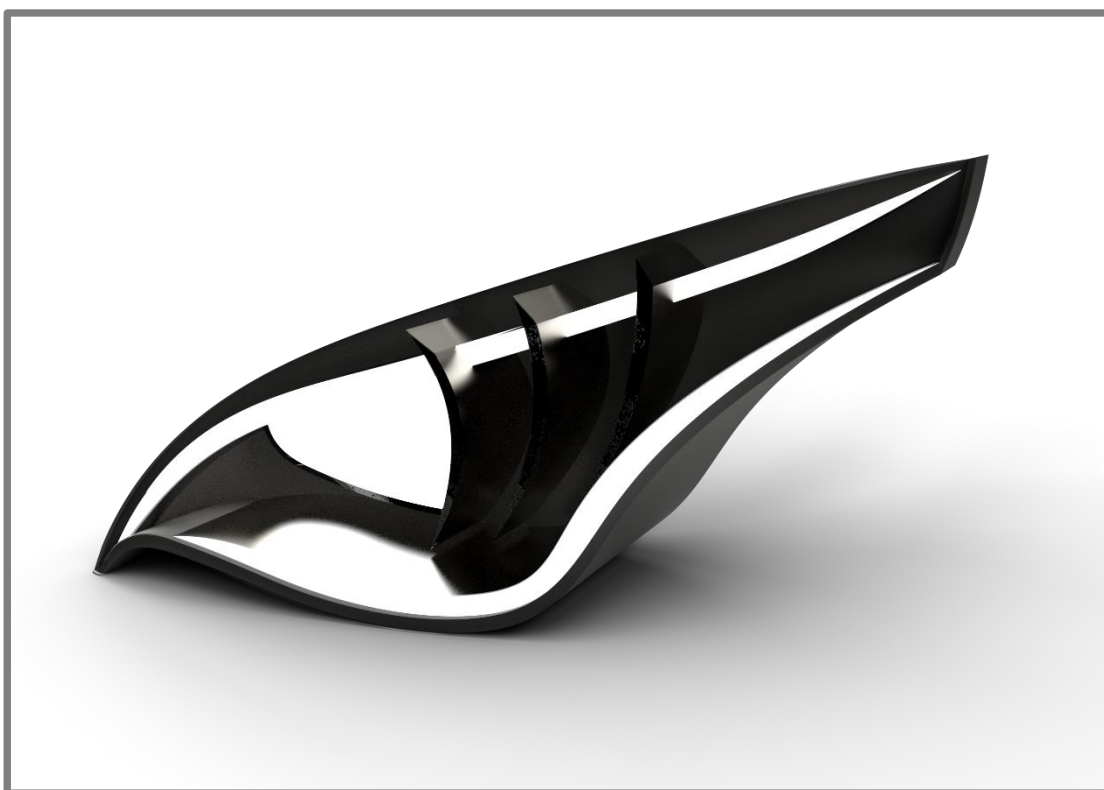
Obr. 6-1 Obrysové svetlo



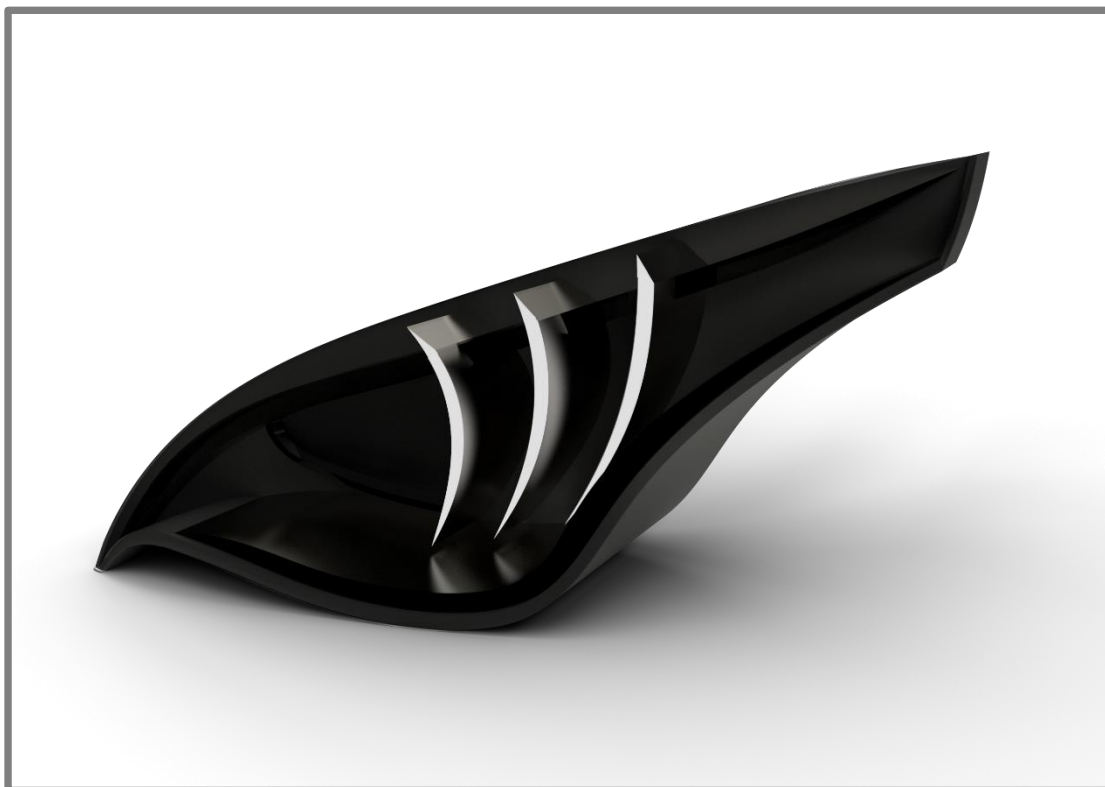
Obr. 6-2 Smerové svetlo v kombinácii s obrysovým svetlom



Obr. 6-3 Stretávacie svetlo



Obr. 6-4 Dial'kové svetlo



Obr. 6-5 Denné prevádzkové svetlo

7 DISKUSIA

7 ---

7.1 Psychologická funkcia

7.1

Už od samého začiatku navrhovania som mal veľmi jasnú predstavu, ako by mal finálny dizajn pôsobiť a aké emócie by mal v ľuďoch vyvolávať. Snažil som sa stvoriť tvar, ktorý bude živelný, až agresívny, čím si získa rešpekt okolia, no zároveň mu nebude možné uprieť zvodnosť a ladné línie. Má provokovať a strhávať na seba pozornosť, nútiť ľudí bližšie ho preskúmať a nahlas vyjadriť svoj názor na jeho estetiku.

7.2 Ekonomická funkcia

7.2

Svetlomet by vzhľadom k jeho predpokladanej cene mohol byť v súčasnosti použitý ako štandardná výbava automobilu segmentu D, čiže strednej triedy (sem patrí napr. Volkswagen Passat, Ford Mondeo, Audi A4). Ako príplatková výbava by sa mohol ponúkať na vozidle spadajúcom do segmentu C, teda nižšej strednej triedy (napr. Volkswagen Golf, Ford Focus, Audi A3). Jeho využitie je vďaka jeho dynamickému tvarovaniu možné aj v kategórii športových automobilov (segment G), kde by mohol veľmi zaujímavo nadväzovať na línie karosérie.

Chcel by som ale zdôrazniť, že toto zaradenie zodpovedá aktuálnemu stavu technológií a nákladov na výrobu. Ako som uviedol v kap. 2.2.5, LED technológie rapídne napredujú, s čím priamo súvisí aj znižovanie výrobných nákladov. V priebehu niekoľkých rokov tak možno očakávať, že sa full-LED svetlomety stanú súčasťou štandardnej výbavy automobilov všetkých segmentov.

7.3 Sociálna funkcia

7.3

Dizajn finálneho návrhu je zacielený na ľudí, ktorí neradi „splývajú s masou“, odmietajú všednosť a nenápadnosť. Je pre tých, ktorí si radi hľadajú vlastný štýl a užívajú si pozornosť okolia.

8 ZÁVER

Dizajn svetlometov sériovo vyrábaných automobilov vzniká vďaka spolupráci veľkého množstva expertov, keďže nie je v možnostiach akéhokoľvek človeka poznať všetky aspekty, ktoré s navrhovaním súvisia.

Ja som sa v tejto bakalárskej práci zamerlal na prácu dizajnérov automobilky, ktorých primárnou úlohou je zaistiť svetlometom čo najvyššiu možnú mieru estetiky. Chcel som stvoriť dizajn, ktorý sa bude výrazne odlišovať od súčasnej produkcie a strhávať na seba pozornosť okolia. V rámci mojich znalostí a možností ako študenta dizajnu som však celý čas držal návrh v medziach súčasných technologických možností sériovej výroby. Finálny rozsah riešenia návrhu v podstate zodpovedá predstave automobilky pred prvým zadáním dodávateľskej firme, čím považujem svoj hlavný cieľ práce za splnený.

Prínos tejto práce vidím taktiež v kapitole Prehľad súčasného poznania, ktorá je vzhľadom k rozsahu bakalárskej práce veľmi stručná, no ucelená a výstižná. Pokiaľ viem, žiadny podobný prehľad sa v akejkol'vek literatúre nevyskytuje.

9 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

Mnoho poznatkov použitých v práci som získal navštevovaním nepovinného predmetu Konštrukcie automobilového osvetlenia.

- [1] MOORE, D.W. *Headlamp history and harmonization*, The University of Michigan, jún 1998, 24 s. UMTRI-98-21
- [2] Headlamp. *Wikipedia* [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Headlamp>
- [3] A look at the new LED headlights on the Lexus LS600h. In: *Motorauthority* [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://www.motorauthority.com/news/1027394_a-look-at-the-new-led-headlights-on-the-lexus-ls600h
- [4] Laserové svetlá v BMW i8 osvetlia cesty už túto jeseň. In: *Auto.sme* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://auto.sme.sk/c/7100166/laserove-svetla-v-bmw-i8-osvetlia-cesty-uz-tuto-jesen.html#ixzz2uk3fCQw2>
- [5] Audi R8 LMX has frickin' lasers for headlights. In: *Autoblog* [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.autoblog.com/2014/05/09/audi-r8-lmx-laser-headlights-official/#continued>
- [6] Audi A8 in a new radiant light. In: *Audi* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: http://www.audi.com/content/com/brand/en/vorsprung_durch_technik/content/2013/10/audi-a8-in-a-new-radiant-light.html
- [7] Leading the way in lighting technology: The new Audi Matrix LED headlights. In: *Audi MediaServices* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: https://www.audi-mediaservices.com/publish/ms/content/en/public/pressemitteilungen/2013/06/28/leading_the_way_in.html
- [8] How Laser-powered Headlights Work. *HowStuffWorks* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://auto.howstuffworks.com/laser-powered-headlight.htm>
- [9] The halogen lamp. *Edison Tech Center* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.edisontechcenter.org/halogen.html>
- [10] Battle of the Headlights: Halogen vs. Xenon vs. LED. In: *Autoevolution* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.autoevolution.com/news/battle-of-the-headlights-halogen-vs-xenon-vs-led-26530.html>
- [11] How Do HID/Xenon Headlamps Work and Why Should You Install Them?. In: *Autoevolution* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.autoevolution.com/news/how-do-hidxenon-headlamps-work-and-why-should-you-install-them-1812.html>
- [12] Hidden headlamps. *Wikipedia* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Hidden_headlamps
- [13] Automotive History: Hidden Headlights (Part 1) – Now You See Them.... *Curbside Classic* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.curbsideclassic.com/automotive-histories/automotive-history-hidden-headlights-part-1-now-you-see-them/>

- [14] Automotive History: Hidden Headlights (Part 2) – ...Now You Don't. *Curbside Classic* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.curbsideclassic.com/automotive-histories/automotive-history-hidden-headlights-part-2-now-you-dont/>
- [15] 2015 S-Class Coupe (C217) Has Swarovski Crystal Headlights. In: *Autoevolution* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.autoevolution.com/news/2015-s-class-coupe-c217-has-swarovski-crystal-headlights-76606.html>
- [16] *NetCarShow* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.netcarshow.com/>
- [17] 2015 BMW i8 laser headlights. In: *AutoCarHire* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: http://www.autocarhire.com/travelblog/wp-content/uploads/2014/03/2015-bmw-i8-laser-headlights_100456976_h.jpg
- [18] 2004 Lotus Esprit Coupe. *Cars-specs* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://cars-specs.com/lotus/2004-esprit-coupe/>
- [19] 1969 Dodge Charger Special Edition. In: *TransAmFlorida* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.transamflorida.com/1969charger1109.htm>
- [20] Gorgeous double winged eyes. In: *Inonit* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.inonit.in/wp-content/uploads/2013/09/Gorgeous-Double-Winged-Eyes.jpg>
- [21] Bald eagle head 2. *Wikimedia* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/Bald_Eagle_Head_2_%286021915997%29.jpg
- [22] Siberischer tiger. *Wikimedia* [online]. [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Siberischer_tiger_de_e_dit02.jpg
- [23] BMW Beats Audi to Production Laser Headlamps. In: *blog.caranddriver* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://blog.caranddriver.com/bmw-beats-audi-to-production-laser-headlamps-world-keeps-turning/>

Zoznam použitých obrázkov

Obr. 0-1	Agresívny zamračený pohľad Lamborghini Huracan LP610-4 [16].....	15
Obr. 2-1	Karbidová lampa Fordu T	16
Obr. 2-2	Celo-LED svetlomet Audi S8 (športová verzia A8) s kontúrovými riešením stretávacieho svetla [16]	18
Obr. 2-3	Laserové svetlomety Audi R8 LMX [16].....	19
Obr. 2-4	McLaren 650S so zapnutými stretávacími svetlami [16]	20
Obr. 2-5	Obrysové svetlá Cadillacu CTS [16].....	21
Obr. 2-6	Schéma fungovania sklenej optiky [2]	22
Obr. 2-7	Schéma fungovania reflektorovej optiky [2]	22
Obr. 2-8	Schéma fungovania projektorových systémov [2]	23
Obr. 2-9	Svetlomet Audi S8 s technológiou Matrix LED [16].....	24
Obr. 2-10	Corona rings vytvorené pomocou svetlovodičov na BMW radu 5 [16] ..	25
Obr. 2-11	Obrysové svetlo Audi A6 Allroad [16]	28
Obr. 2-12	Smerové svetlo Audi A6 Allroad [16]	28
Obr. 2-13	Svetlomety Fordu S-Max Concept s technológiou OLED [16]	29
Obr. 2-14	Lotus Esprit z roku 2004 [18].....	30
Obr. 2-15	Dodge Charger SE ročník 1969 [19]	31
Obr. 2-16	Jaguar F-Type R Coupé [16]	32
Obr. 2-17	Lexus RC [16]	32
Obr. 2-18	Mercedes-Benz S-Class Coupé [16].....	33
Obr. 3-1	Predstava automobilky BMW o dizajne svetlometu modelu Z4, ktorú zaslala k dodávateľovi – firme Hella	34
Obr. 4-1	Nalíčené ženské oko [20]	36
Obr. 4-2	Orliak bielošedý [21]	36
Obr. 4-3	Tiger pásavý ussurijský [22]	37
Obr. 4-4	Vizualizácia varianty A	38
Obr. 4-5	Stretávacie svetlo varianty A.....	39
Obr. 4-6	Diaľkové svetlo varianty A	40
Obr. 4-7	Diaľničné svetlo varianty A	40
Obr. 4-8	Svetlo do zlého počasia varianty A	41
Obr. 4-9	Obrysové svetlo varianty A	41
Obr. 4-10	Smerové svetlo v kombinácii s obrysovým svetlom varianty A	42
Obr. 4-11	Denné prevádzkové svetlo varianty A.....	42
Obr. 4-12	Varianta B.....	43
Obr. 4-13	Varianta C.....	43
Obr. 4-14	Varianta D	44
Obr. 4-15	Varianta E.....	45
Obr. 4-16	Varianta F	45
Obr. 4-17	Varianta G	46
Obr. 4-18	Varianta H	47
Obr. 4-19	Varianta I.....	47
Obr. 4-20	Varianta J.....	48
Obr. 5-1	Vizualizácia finálneho návrhu	49
Obr. 5-2	Vizualizácia finálneho návrhu	50
Obr. 6-1	Obrysové svetlo	52
Obr. 6-2	Smerové svetlo v kombinácii s obrysovým svetlom	52

Obr. 6-3 Stretávacie svetlo	53
Obr. 6-4 Diaľkové svetlo	53
Obr. 6-5 Denné prevádzkové svetlo	54

Zoznam príloh

1. Prezentačný poster (A1)
2. Náhľad prezentačného posteru (A4)
3. Digitálne dáta na CD
4. Fyzický model