

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: 6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu,
logistiky a kvality

**METODY HODNOCENÍ KVALITY
VZHLEDOVĚ VÝZNAMNÝCH POLOŽEK
V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU**

Bakalářská práce

Martin MEŠKO

Vedoucí práce: Ing. et Ing. Martin Folta, Ph.D.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Martin Meško**

Studijní program: Ekonomika a management

Obor: Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality

Název tématu: **Metody hodnocení kvality vzhledově významných položek v automobilovém průmyslu**

Cíl: Cílem bakalářské práce je popsat a shrnout teoretické poznatky pokročilého plánování kvality výrobků v etapě návrhu a vývoje životního cyklu produktu se zaměřením na proces schvalování vzhledově významných položek, popsat metody používané pro hodnocení barvy a lesku, provést měření a analýzu výchozího stavu a navrhnout a vyhodnotit efektivnost realizovaných opatření za účelem uvolnění vzhledu finálního produktu před zahájením sériové výroby.

Rámcový obsah:

1. Management kvality – životní cyklus výrobku, pokročilé plánování kvality produktu, proces uvolnění výrobku
2. Vzhledově významné položky – obecné požadavky dle standardu IATF 16949, specifické požadavky zákazníka, metody hodnocení a způsoby měření barvy a lesku
3. Analýza výchozího stavu v oblasti měření a posuzování kvality vzhledově významných položek
4. Návrh konkrétních opatření s cílem odstranit zjištěné odchylky u vzhledově významných položek
5. Vyhodnocení efektivnosti realizovaných opatření za účelem uvolnění vzhledu finálního produktu

Rozsah práce: 25 – 30 stran

Seznam odborné literatury:

1. NENADÁL, J. *Management kvality pro 21. století*. 1. vyd. Management Press, 2018. 366 s. ISBN 978-80-7261-561-2.
2. STAMATIS, D. *Advanced Product Quality Planning The Road to Success*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2021. 288 s. ISBN 978-1-138-39458-2.
3. KŘEČEK, S. *Zajišťování kvality před sériovou výrobou: uvolnění výrobního procesu a produktu (PPF)*. Praha: Česká společnost pro jakost, z.s., 2020. 87 s. ISBN 978-80-02-02909-0.
4. DOHNAL, M. *Barevné vidění – Kolorimetrie*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2019. 288 s. ISBN 978-80-7560-246-6.

Datum zadání bakalářské práce: prosinec 2020

Termín odevzdání bakalářské práce: prosinec 2021

L. S.

Elektronicky schváleno dne 6. 5. 2021

Martin Meško

Autor práce

Elektronicky schváleno dne 7. 5. 2021

Ing. et Ing. Martin Foltá, Ph.D.

Vedoucí práce

Elektronicky schváleno dne 8. 5. 2021

doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.

Garant studijního oboru

Elektronicky schváleno dne 9. 5. 2021

doc. Ing. Pavel Mertlík, CSc.

Rektor ŠAVŠ

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval(a) samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil(a) vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnici OS.17.10 Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom(a), že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne 7. prosince 2021



Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu této závěrečné bakalářské práce Ing. et Ing. Martinu Foltovi, Ph.D. za odborné vedení práce a za podporu a trpělivost při jejím vytváření.

Obsah

Úvod.....	9
1 Management kvality.....	10
1.1 Pojem kvalita.....	10
1.2 Koncepce managementu kvality	12
1.3 Management kvality v automobilovém průmyslu.....	15
1.4 Životní cyklus výrobku a jeho etapy	16
1.5 Plánování kvality produktu	17
1.6 Pokročilé plánování kvality produktu v automobilovém průmyslu.....	18
1.7 Metody plánování kvality	20
1.8 Proces schvalování výrobku do sériové výroby.....	23
2 Vzhledově významné položky.....	28
2.1 Pojmy barva a lesk.....	28
2.2 Způsoby měření a metody hodnocení barvy a lesku	29
2.3 Standardizace Mezinárodní komise pro osvětlování	32
2.4 Měření spektrofotometrem	37
2.5 Geometrické uspořádání při měření barvy	37
2.6 Geometrické uspořádání při měření lesku.....	39
2.7 Postup měření barvy a lesku a jeho výstup.....	40
2.8 Specifické požadavky zákazníka.....	41
2.9 Požadavky na vzhledově významné položky dle VW 50190.....	42
3 Analýza výchozího stavu	46
3.1 Skladba dveřních výplní	46
3.2 Použité výrobní technologie	48
3.3 Výsledky měření barvy a lesku prvních sériových dílů	49
4 Návrh opatření pro odstranění zjištěných odchylek u vzhledově významných položek.....	53
4.1 Analýza kolorimetrických parametrů vstupního materiálu	53
4.2 První optimalizační smyčka.....	55
4.3 Druhá optimalizační smyčka	56

5	Vyhodnocení efektivnosti realizovaných opatření a uvolnění vzhledu finálního produktu zákazníkem	59
5.1	Vyhodnocení realizovaných opatření	59
5.2	Uvolnění vzhledu produktu ze strany výrobce automobilu	61
	Závěr	63
	Seznam literatury	64
	Seznam obrázků a tabulek.....	67
	Seznam příloh	69

Seznam použitých zkratk a symbolů

AIAG	Automotive Industry Action Group (Akční skupina pro automobilový průmysl)
ANFIA	Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica (Národní asociace automobilového průmyslu)
APQP	Advanced Product Quality Planning (Pokročilé plánování kvality produktu)
BCRA	British Ceramic Research Association (Britská asociace pro výzkum keramiky)
CIE	Commission internationale de l'éclairage (Mezinárodní komise pro osvětlování)
CIELAB	Kolorimetrická soustava CIE L*a*b*
CSR	Customer specific requirements (Specifické požadavky zákazníka)
ČSJ	Česká společnost pro jakost
ČSN	České státní normy
D65	CIE standardní osvětlení, denní světlo
F11	CIE standardní osvětlení, umělé světlo (třípásmová zářivka)
FIEV	Fédération des Industries des Equipements pour Véhicules (Federace průmyslu vybavení vozidel)
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis (Analýza možných způsobů a důsledků závad)
GAT	Grupo Antolin Turnov
GDCAP	Global Decorative Component Approval Process (Globální proces schvalování pohledových dílů)
IATF	International Automotive Task Force (Mezinárodní pracovní skupina pro automobilový průmysl)
IMDS	International Material Data System (Mezinárodní systém pro správu dat o materiálech)

ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
Lux	Fyzikální jednotka intenzity osvětlení
OEM	Original Equipment Manufacturer (Výrobce automobilu)
PPAP	Production Part Approval Process (Proces schvalování dílů do sériové výroby)
PPF	Produktionsprozess- und Produktfreigabe (Uvolnění výrobního procesu a produktu)
QFD	Quality Function Deployment (Dům jakosti)
QM	Quality Management (Management kvality)
QMS	Quality management system (Systém managementu kvality)
SCE	Specular component excluded (metoda vyloučení zrcadlové složky odrazu)
SCI	Specular component included (metoda zahrnutí zrcadlové složky odrazu)
SMMT	Society of Motor Manufacturers and Traders (Sdružení výrobců a prodejců automobilů ve Spojeném království)
SOP	Start of Production (Zahájení sériové výroby)
ÚNMZ	Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
VDA	Verband der Automobilindustrie e. V. (Německé sdružení automobilového průmyslu)
VW	Volkswagen

Úvod

Prvním cílem této bakalářské práce je popsat teoretické poznatky a okolnosti pokročilého plánování kvality výrobků. Z pohledu životního cyklu produktu se bude práce detailněji věnovat etapě návrhu a vývoje v oblasti automobilového průmyslu se zaměřením na proces schvalování vzhledově významných položek. Budou představeny a popsány v praxi používané metody pro subjektivní i objektivní hodnocení barvy a lesku.

Teoretické poznatky jsou čerpány nejen z dostupných literárních zdrojů, které se zabývají managementem kvality a pokročilým plánováním kvality, ale také z normativních dokumentů a z dokumentů vymezující specifické požadavky výrobců automobilů.

V dalších částech bude ve stručnosti představen finální výrobek, který v této práci představují dveřní výplně pro vozidlo Volkswagen ID.4, jenž jsou vyráběny v podniku GRUPO ANTOLIN TURNOV, s.r.o. Bude popsána jejich skladba na úroveň dílčích komponentů, dále pak použité materiály a krátké představení použitých výrobních technologií.

Následuje podrobná analýza, včetně měření výchozího stavu (barvy a lesku) na konkrétním komponentu, který je součástí přední dveřní výplně. V navazujících kapitolách pak budou ke zjištěným odchylkám definována nápravná opatření včetně vyhodnocení jejich efektivnosti. Po ukončení realizace stanovených opatření, a tedy i dosažení vyhovujícího stavu vzhledu, bude sestava dveřních výplní předložena za účelem uvolnění vzhledu a k realizaci procesu schválení výrobku do sériové výroby zákazníkovi, tj. výrobcí automobilu.

1 Management kvality

V této kapitole bude vymezen pojem kvalita, jak se v čase měnil význam a vnímání kvality a také historie popisující vývoj kvality až do dnešní doby. Následuje uvedení do problematiky a představení hlavních koncepcí managementu kvality. Dále bude popsán management kvality z pohledu požadavků automobilového průmyslu a rovněž životní cyklus produktu s popisem jednotlivých etap se zaměřením na fáze realizace pokročilého plánování kvality produktu.

1.1 Pojem kvalita

Na samotném začátku je namístě věnovat několik vět osvětlení samotného pojmu kvalita. Většinou je toto slovo napřímo asociované s kladnou vlastností, tedy kvalitou je obecně míněna dobrá kvalita. Jedná se o jakýsi pomyslný doplněk ke kvantitě, přičemž ta nám odpovídá na otázku „kolik?“, zatímco kvalita na „jak?“, a přes veškerou snahu kvalitu kvantifikovat či zobjektivnit je její základ vždy v subjektivním porovnání alternativ.

Historie kvality sahá velmi daleko do minulosti a je stará jako lidstvo samo. Vnímání kvality se postupem času vyvíjelo, a to nejen za přispění různých průmyslových revolucí. Na počátku 19. století se díky dělbě práce výrobky vyráběly a dodávaly zákazníkům bez systematické kontroly výrobku. Chybovost tak byla velmi vysoká, což za inkrementálního příspěvku neviditelné ruky trhu vedlo k postupnému zavádění kontroly kvality a přidružených činností. K tomu mohli být určeni jak ti nejzkušenější pracovníci v podniku, tak najatí specialisté. To v době, kdy ještě nebyly ustáleny dnes známé a používané principy a metody zaměřené na snižování nákladů a neustálé zlepšování. Postupem času však byly zaváděny stále sofistikovanější způsoby kontroly kvality a byly integrovány do výrobních procesů tak, aby vadné komponenty byly odhaleny co možná nejdříve. Na ty dále navázaly i metody matematické statistiky, značně usnadněné pro běžné použití moderní výpočetní technikou.

Existuje nespočet formulací, jejichž snahou je vystihnout správný význam slova kvalita, přičemž pak za zmínku snad stojí ty nejvíce uznávané (Nenadál, 2018, str. 15):

- „Kvalita je shoda s požadavky.“ (Crosby),
- „Kvalita je způsobilost k užití.“ (Juran),
- „Kvalita je to, co za ni považuje zákazník.“ (Feigenbaum).

Přes značný počet alternativních formulací je možné v nich identifikovat jisté spojitosti a opakující se myšlenky, především se jedná o:

- vnímání kvality ze strany zákazníků,
- kvalita představuje soubor vlastností výrobků nebo služeb,
- kvalita souvisí s optimální spotřebou zdrojů – tj. odstranění plýtvání,
- kvalita je měřitelná, má zjistitelnou úroveň a je možné ji zlepšovat.

„Navíc je už víceméně přijatou skutečností, že co nejvyšší schopnost výrobků a služeb plnit požadavky nelze jednoduše vyrobit nebo *vykontrolovat*, nýbrž je nutné ji do výrobků i služeb zakomponovat, doslova jakoby *vtělit*.“ (Nenadál, 2018, str. 17).

Do procesu eliminace pochybností v interpretaci a sjednocení vnímání kvality se zapojila Mezinárodní organizace pro normalizaci ISO, která poprvé v roce 1987 představila jednotnou definici kvality. Postupem času byla tato definice upravována a její aktuální znění je: „kvalita je stupeň splnění požadavků souborem inherentních charakteristik objektu“ (ÚNMZ, 2016a, str. 30).

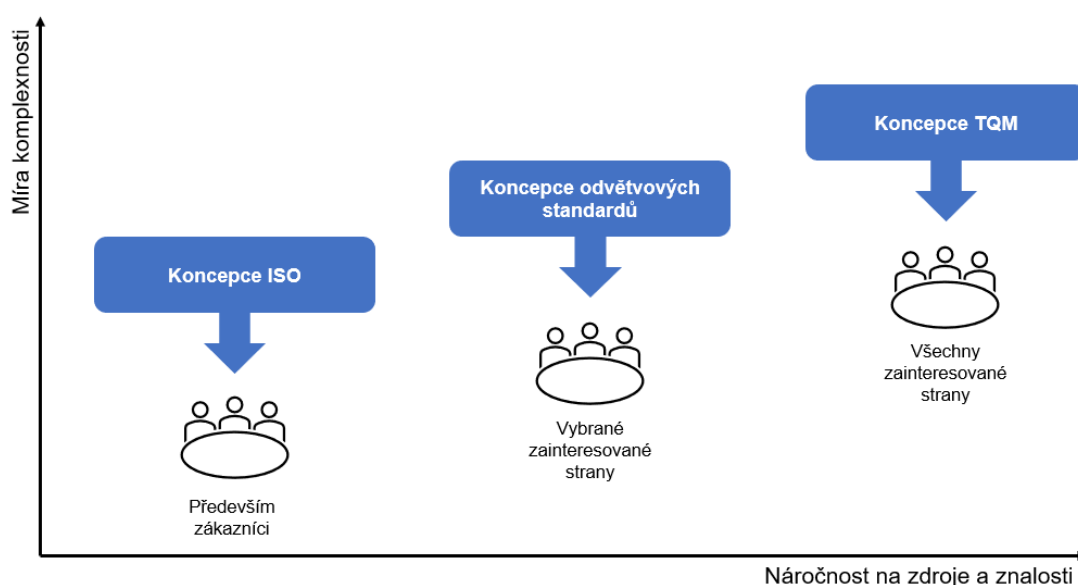
Kvalita v dnešním pojetí je perspektivou i přístupem ke zvyšování spokojenosti zákazníků. Činnosti spojené s kvalitou nekončí dosažením konkrétního milníku. Kvalita je neustálý závod o zlepšování bez cílové čáry. Je také o tom, že je realizována správná věc ve prospěch nejen zákazníků, ale ve prospěch všech zainteresovaných stran. Zainteresovanými stranami kromě zákazníků jsou taktéž zaměstnanci, vlastníci, dodavatelé, obor podnikání a v neposlední řadě třeba také životní prostředí. Jedná se o myšlení a přístup, který by měl být součástí každé organizace, od obchodu a výroby po zdravotnictví, státní správu a neziskové organizace.

1.2 Koncepce managementu kvality

Jelikož je obecně uznáván fakt, že schopnost plnit požadavky není možné zajistit samotnou výrobou, hrají klíčovou roli taktéž procesy, které vlastní výrobě předcházejí. Činnosti v oblasti řízení kvality je možné rozdělit do čtyřech skupin, a to plánování, řízení, prokazování a zlepšování kvality. Tyto činnosti musí být vzájemně propojené a koordinované. Historický vývoj tak přispěl ke vzniku managementu kvality, který začleňuje kvalitu jako nedílnou součást firemního řízení. Norma ČSN EN ISO 9000:2016 k pojmu management kvality uvádí velice stručnou a abstraktní definici: „management týkající se kvality“ (ÚNMZ, 2016a, str. 24). Dodnes snad nepřekonanou definicí managementu kvality uvádí Umeda (1993), který definuje management kvality jako část celopodnikového řízení, která má garantovat maximální spokojenost a loajalitu zákazníků tím nejefektivnějším způsobem.

Existují tři základní koncepce managementu kvality, které se svou komplexitou liší, přesto si však vzájemně neodporují a mnohdy dochází k jejich inkluzi. Konkrétně se jedná o:

- koncepce na bázi norem ISO řady 9000 (dále jen koncepce ISO),
- koncepce odvětvových standardů,
- koncepce TQM.



Zdroj: Upraveno dle (Nenadál, 2018, str. 23)

Obr. 1 Koncepce managementu kvality

Odlišnou míru komplexnosti a zároveň náročnost na zdroje ilustruje Obr. 1. U jednotlivých koncepcí je také na místě poukázat na odlišnost ve smyslu pojetí zainteresovaných stran. Zatímco v případě koncepce ISO je primární zainteresovanou stranou zákazník, v případě koncepce TQM je kladen prakticky stejný důraz na všechny zainteresované strany.

Koncepce ISO by se dala charakterizovat jako nejrozšířenější a nejméně náročná. Relevantní normy vydává Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO). Management kvality se v tomto případě opírá o tyto tři normy:

- ČSN EN ISO 9000:2016 – Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník,
- ČSN EN ISO 9001:2016 – Systémy managementu kvality – Požadavky,
- ČSN EN ISO 9004:2019 – Management kvality – Kvalita organizace – Návod k dosažení udržitelného prospěchu,

Norma ČSN EN ISO 19011:2019 nazývaná jako „Směrnice pro auditování systémů managementu“ sice do norem ISO řady 9000 přímo nespadá (vzhledem ke svému pojmenování, resp. očíslování), nicméně velmi úzce s výše uvedenými standardy souvisí a dává jakýsi návod, jakým způsobem realizovat audity v organizaci. A tedy logicky a zcela oborově správně je tato směrnice s koncepcí ISO spojována.

Výše uvedené základní normativy doplňují normy ISO řady 10000, které představují návody, jak požadavky normy ISO 9001 naplnit. Všechny normy ISO řady 10000 byly naposledy revidovány v roce 2019.

V této koncepci se management kvality opírá o následujících sedm zásad (ÚNMZ, 2016b, str. 10):

- zaměření na zákazníka,
- vedení lidí (leadership),
- angažovanost lidí,
- procesní přístup (vč. systémového přístupu),
- zlepšování,
- rozhodování založené na faktech,
- management vztahů.

Univerzálnost, a tudíž možnost aplikace norem ISO řady 9000 v jakémkoliv odvětví je dáno jejich generičností. To je však vlastnost, která způsobuje jistou míru zaostalosti ve srovnání s aktuálními trendy managementu kvality. To, a také skutečnost, že v některých odvětvích je třeba standardizovat více konkrétně, je důvodem existence odvětvových standardů. Ty mají za účel pokrýt predominující specifika daného sektoru. Existují proto různé standardy pro odvětví telekomunikací, zdravotnických prostředků, jaderné bezpečnosti, automobilového a leteckého průmyslu a dalších.

Odvětvové standardy stanovují požadavky na systémy managementu kvality, které jsou náročnější než požadavky zakotvené v normách ISO řady 9000 a platí pro určené odvětví, přičemž se těmito požadavky musí řídit dodavatelé napříč celým dodavatelským řetězcem. Sice respektují požadavky, a dokonce i strukturu normy ISO 9001, ale dále je detailněji vymezují a případně definují nové. Jejich zavádění, certifikace a udržování je tak v porovnání s koncepcí ISO podstatně náročnější.

Koncepce TQM – Total Quality Management je nejkompexnější a na rozdíl od koncepce ISO a odvětvových standardů nepřipouští možnost vyjmutí některých procesů. To je dáno především tím, že tato koncepce je založena na ideji, že kvalita se musí týkat všeho, co se v organizaci děje a že kvalita je záležitostí všech zainteresovaných stran v organizaci.

Jak uvádí Nenadál (2008), moderní systémy managementu kvality mají schopnost generovat dlouhodobé efekty, přičemž na prvním místě je nabídka vyšší hodnoty zákazníkům. Samotné vnímání přidané hodnoty může být různé, avšak společným jmenovatelem bude vždy naplnění očekávání zákazníka. Zavedení systému managementu kvality však nemá v důsledku pozitivní dopad na přínos výhradně pro zákazníka, ale má různé benefity pro všechny zainteresované strany (viz Tab. 1).

Tab. 1 Přínosy systému managementu kvality pro zainteresované strany

Zainteresaná strana	Přínosy (příklady)
Zákazníci	zlepšená včasnost dodávek, zvýšená důvěra v dodavatele, snížení nákladů na životní cyklus, snížení objemu stížností a reklamací.
Vlastníci	vyšší spokojenost s dosahovanou výkonností organizace, lepší perspektivy na trzích, jasné vymezení pravomocí a odpovědností, vyšší transparentnost systému managementu.
Zaměstnanci	zlepšené pracovní prostředí, vyšší sociální jistoty a rozsáhlejší sociální programy, zlepšená úroveň interní komunikace, zlepšení v procesech řízení lidských zdrojů.
Dodavatelé	zlepšená komunikace o požadavcích odběratelů, dlouhodobější partnerské vztahy s odběrateli, sdílení nejlepších praxe v oblasti managementu kvality.
Společnost	zlepšená výkonnost organizací (tj. vyšší objem odvedených daní), snížování nezaměstnanosti, respektování legislativních požadavků, snazší orientace při výběrových řízeních.

Zdroj: Upraveno dle (Nenadál, 2008, str. 22)

1.3 Management kvality v automobilovém průmyslu

Pro management kvality v automobilovém průmyslu existuje odvětvový standard s označením IATF 16949:2016, který nahradil původní standard ISO/TS 16949. Za vznikem této normy stojí pracovní skupina označovaná jako International Automotive Task Force (IATF), jejímiž členy jsou mezinárodní výrobci automobilů a národní asociace automobilového průmyslu z různých zemí světa – AIAG, ANFIA, FIEV, SMMT a VDA.

V Česku existuje velké množství podniků, které slouží jako přímí nebo nepřímí dodavatelé do automobilového průmyslu, a proto odvětvový standard IATF 16949 je pravděpodobně tím, se kterým je možné se v Česku setkat nejčastěji.

Standard IATF 16949 není samostatně použitelným dokumentem. Na rozdíl od svého předchůdce, standardu ISO/TS 16949, slouží jako doplněk normy ČSN EN ISO 9001:2016. Z toho plyne, že IATF 16949 nemůže být implementováno samo o sobě, ale jako nadstavba normy ISO 9001.

Tento normativ také zavádí některé požadavky nově. Příkladem mohou být požadavky na integraci hodnocení rizik v dodavatelském řetězci do havarijních

plánů, uplatňování protikorupční politiky, požadavky na řízení záruk, šíření etického kodexu v organizaci a další.

ISO 9001 se zaměřuje na spokojenost zákazníka, přičemž IATF 16949 se zaměřuje na specifické požadavky zákazníka, které jsou představeny v další kapitole této práce.

1.4 Životní cyklus výrobku a jeho etapy

Životní cyklus výrobku představuje několik fází, kterými výrobek postupně v průběhu svého života prochází. Na samotném začátku dochází ke shromáždění výsledků průzkumu trhu, čímž dojde k identifikaci, o jaký typ výrobku je na trhu zájem.

Takový výrobek je nutné nejprve navrhnout a vyvinout. Během procesu návrhu a vývoje dochází povětšinou k ověřování a validaci na prototypu s cílem identifikovat slabá místa a odstranit je za výrazně nižší náklady a rizika, než které by mohly vzniknout během sériové výroby. Tyto poznatky z ověřování prototypových výrobků jsou integrovány během vývoje do návrhu jak výrobku, tak konceptu výrobního procesu. Je na místě však podotknout, že realizace ověřování fyzických prototypů je postupně nahrazována virtuálními validacemi v podobě fyzikálních simulací, které díky dnes dostupné moderní výpočetní technice mají porovnatelnou vypovídající hodnotu. Navíc realizace takového testování v digitálním světě s sebou přináší značné úspory na nutnost výroby prototypových strojů, nářadí, přípravků apod.

Dále následuje fáze přípravy sériové výroby, jež je završena malou výrobní ověřovací sérií, kde ještě stále dochází k identifikaci a relativně levnému odstraňování zjištěných chyb, ale v tento moment již spíše koncepčních chyb ve směru k výrobnímu procesu.

Všechny tyto předvýrobní fáze končí získáním výsledků různých testů, ověření či subjektivních hodnocení, přičemž jejich pozitivní výsledek je důležitý pro možnost zahájení samotné sériové výroby.

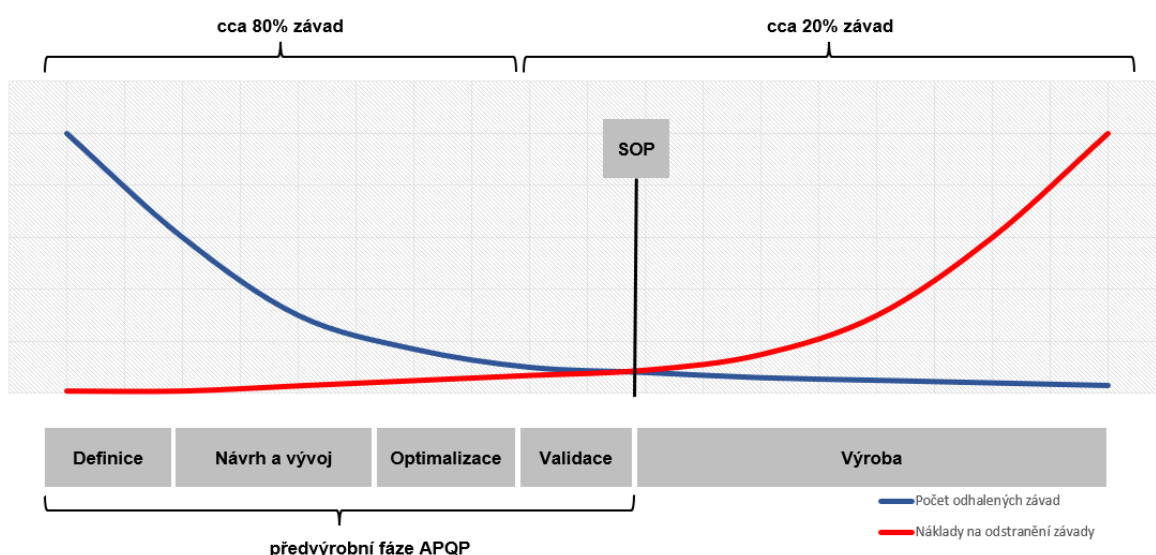
Po vlastní výrobě následuje fáze distribuce a užívání výrobku zákazníkem a na samotném konci se nachází fáze likvidace výrobku.

Samotný proces návrhu a vývoje, na který je z pohledu vzhledově významných položek zaměřena i tato práce, je komplexní sada vzájemně propojených procesů, a proto postupným vývojem došlo ke vzniku postupů, které tento proces popisují do dílčích částí. Této oblasti se věnuje problematika plánování kvality produktu.

1.5 Plánování kvality produktu

Ve fázi vývoje nového výrobku by bylo chybné se domnívat, že se jedná pouze o realizaci vlastní konstrukce výrobku a přípravy výrobního procesu. V této etapě životního cyklu výrobku je třeba provést řadu dalších činností, jež mají za cíl zabezpečit nejen výrobek, ale i výrobní proces tak, aby během sériové výroby byla v co největší míře minimalizována rizika a předešlo se vzniku zákaznické či interní nespokojenosti. Jednou z těchto činností je právě plánování kvality. Realizuje se v etapách, které předcházejí sériové výrobě.

Pokročilé plánování kvality produktu dle Stamatise (2021) podporuje nikdy nekončící snahu o neustálé zlepšování. První tři etapy, ve kterých vzniká cca 80 % závad, se zaměřují na plánování a prevenci. Ve čtvrté a páté etapě dochází k výskytu zbylých 20 %. To zásadní však spočívá v tom, že náklady na odstraňování chyb v předvýrobních etapách jsou zásadně nižší v porovnání s náklady na odstraňování chyb vzniklých při sériové výrobě (viz Obr. 2).



Zdroj: Upraveno dle (ČSJ, 2015, str. 38)

Obr. 2 Počet odhalených závad a náklady na jejich odstranění ve fázi APQP

Existují různé postupy plánování kvality. Z těch nejpoužívanějších je vhodné zmínit:

- plánování kvality výrobku postupem APQP,
- plánování kvality výrobku podle metodiky VDA 4.

Oba výše uvedené postupy vycházejí z obecného postupu, který navrhl J. M. Juran. Ten je založen na posloupnosti činností od prvotního určení zákazníků a jejich potřeb, přes transformaci těchto potřeb do měřitelných parametrů výrobku a procesu až do konečného zajištění způsobilosti procesu a převodu požadavků do výrobních instrukcí.

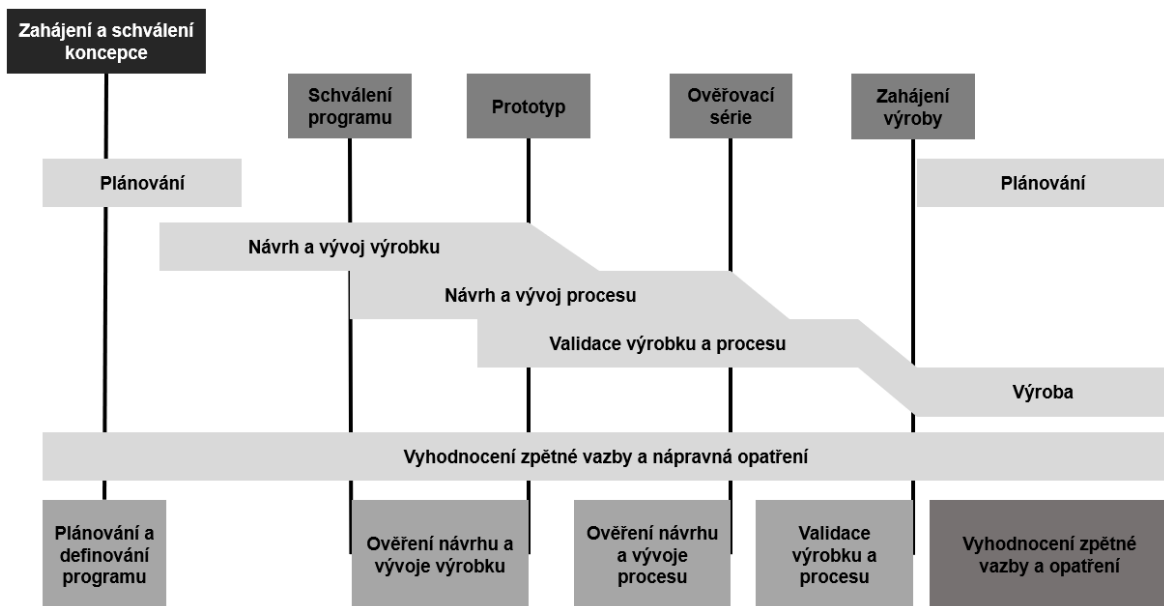
Postup označovaný zkratkou APQP (z angl. Advanced Product Quality Planning and Control Plan, přel. Moderní plánování kvality produktu a plán kontroly a řízení) byl vyvinut na konci 80. let komisí odborníků shromážděných z trojice amerických výrobců automobilů Ford Motor Company, General Motors a Chrysler LLC.

Naopak za metodikou VDA 4 stojí sdružení VDA (z něm. Verband der Automobilindustrie e. V., přel. Německá asociace automobilového průmyslu). Členy této asociace jsou v první řadě němečtí výrobci automobilů, tedy Bayerische Motoren Werke AG, Volkswagen AG, Daimler AG, Adam Opel AG, ale také významní dodavatelé do automobilového průmyslu.

Použití postupu APQP nebo metodiky VDA 4 je už konkrétní aplikací obecného postupu. Ze strany výrobce automobilu (dále jen OEM) není striktně definováno, zda pro plánování kvality je třeba použít postup APQP nebo VDA 4. Proto vzhledem k majoritnímu rozšíření postupu APQP, bude tento postup v následujícím textu detailně představen.

1.6 Pokročilé plánování kvality produktu v automobilovém průmyslu

Činnosti APQP se dělí do pěti fází. První fází je plánování, následují fáze návrhu a vývoje produktu a procesu, navazují fáze validace výrobku a procesu a končí fází, kdy je zahájena sériová výroba. Tyto fáze na sebe nenavazují až v momentě, kdy bezprostředně předchozí fáze je ukončená, ale v duchu simultánního inženýrství se jednotlivé fáze překrývají (viz Obr. 3).



Zdroj: Upraveno dle (ČSJ, 2009, str. 6)

Obr. 3 Plánování kvality produktu podle metodiky APQP

Fáze I. – Plánování

Prvním důležitým krokem je předběžné plánování. Cílem této fáze je určit požadavky a očekávání zákazníka ve vztahu k nově vznikajícímu produktu. V této fázi dochází k získání nezbytných vstupních informací a dat a identifikaci požadavků zákazníka. Cílem a výstupem této fáze je definice cílů ve vztahu k návrhu produktu, spolehlivosti a kvalitě.

Fáze II. – Návrh a vývoj výrobku

V této fázi probíhá návrh produktu a ověření jeho vyrobiteľnosti. Hlavními vstupy do této fáze jsou výstupy z fáze předchozí, ze kterých je možné vybrat například předběžný kusovník, prvotní diagram průběhu procesu či základní seznam zvláštních charakteristik. Naopak výstupy této fáze jsou: CAD data a výkresová dokumentace finálního produktu a dílců, ze kterých se produkt skládá, D-FMEA, plán kontroly a řízení, požadavky na zkušební zařízení a aktualizovaný seznam zvláštních charakteristik, a to jak z pohledu produktu, tak z pohledu výrobního procesu.

Fáze III. – Návrh a vývoj procesu

Tato fáze zahrnuje plánování výrobního procesu a jejím cílem je zohlednit specifikaci produktu, kvality produktu a výrobní náklady. Navržený výrobní proces musí být schopen vyrábět efektivně, produkovat očekávaná množství v očekávané kvalitě s naplněním požadavků a očekávání zákazníka. Výstupem těchto činností jsou mimo jiných P–FMEA, aktualizovaný plán kontroly a řízení (doplňený o kontroly výrobního procesu), balící pokyny, výrobní pokyny a analýza měřících systémů.

Fáze IV. – Validace výrobku a procesu

Cílem této fáze je ověření výrobního procesu a finálního výrobku. Toto se potvrzuje analýzou způsobilosti a spolehlivosti výrobního procesu. Dochází k realizaci zkušebních ověřovacích výrobních dávek z pohledu kapacity, kvality a stability, přičemž odhalené nedostatky je třeba odstranit před zahájením samotné sériové výroby.

Fáze V. – Sériová výroba

V této fázi dochází k postupnému náběhu sériové výroby, zpravidla dle náběhové křivky, až na maximální plánované objemy produkce. Zcela zásadní je sériovou výrobu neustále monitorovat, dostupná data vyhodnocovat a identifikovat prostor pro zlepšování stejně jako predikovat vznik neshod s podporou nástrojů neustálého zlepšování.

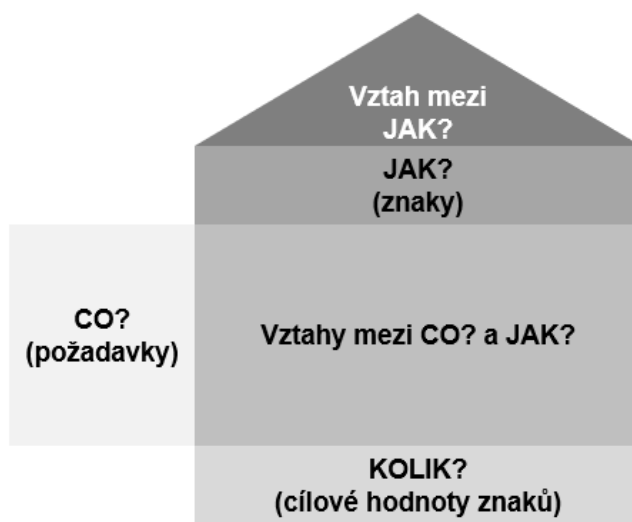
1.7 Metody plánování kvality

V okamžiku, kdy je nutné realizovat proces uvolnění výrobku, který je popsán v navazující podkapitole, musí organizace dodavatele svému zákazníkovi prokázat, že plánování kvality bylo úspěšně realizováno a zahájení sériové výroby nic nebrání. Jedním ze způsobů, jak je toto možné prokázat je předložit výstupy aplikace vybraných metod plánování kvality. Mezi nejzásadnější metody pro etapu návrhu a vývoje nového produktu je možné zařadit: QFD, FMEA a SPC.

Metoda QFD

V počáteční fázi plánování kvality, tj. ve fázi plánování, se často využívá metoda Quality Function Deployment (dále jen QFD). Doslovný překlad se nepoužívá, namísto toho se v češtině ustálil výraz „Dům kvality“. Jedná se o metodu používající

nástroje, kterou se do návrhu produktu zapracovávají požadavky zákazníka. Dochází k transformaci obecných požadavků do technických parametrů produktu. Při sestavování Domu kvality se porovnávají požadavky, parametry a jejich vzájemné vazby (viz Obr. 4). Následuje determinace vzájemné síly těchto vztahů. S těmito výstupy je možné již stanovit hodnoty kvantitativních a kvalitativních znaků nového produktu.



Zdroj: upraveno dle (Filip, 2019, str. 131)

Obr. 4 Příklad vazeb v QFD

Metoda FMEA

Metoda Failure Mode and Effects Analysis (dále jen FMEA) se do češtiny často překládá jako analýza možností vzniku vad a jejich následků. Tato metoda se používá nejčastěji ve druhé a třetí fázi APQP. Jedná se o preventivní metodu s cílem identifikovat, kde a jak může dojít k selhání a posoudit dopad tohoto selhání. V momentě realizace FMEA se multifunkční (mezioborový) tým snaží společně zodpovědět následující otázky:

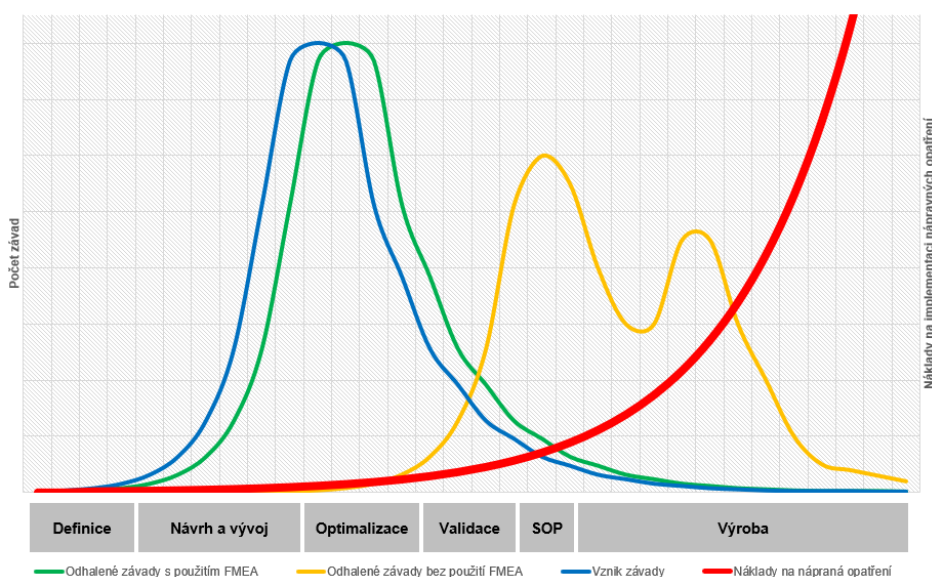
- Co by se mohlo pokazit (režim selhání)?
- Proč by k selhání došlo (příčina selhání)?
- Jaké by byly důsledky každého selhání (účinky selhání)?

Tato metoda není vhodná jen pro fázi návrhu a vývoje nového produktu, resp. procesu, ale také při snaze vyhodnotit dopad navrhované změny na stávající produkt nebo výrobní proces (ČSJ, 2015).

Grafické znázornění (viz Obr. 5) ilustruje, proč se použití metody FMEA považuje za preventivní nástroj. Je nezpochybnitelné, že nejvíce vad vzniká právě ve fázi návrhu a vývoje (reprezentováno modrou křivkou). Tím se jen potvrzuje myšlenka, že náklady na implementaci nápravných opatření ke zjištěným vadám s postupem času směrem k zahájení sériové výroby stoupají (představuje červená křivka). V případě použití metody FMEA, dojde k identifikaci vad dříve (zelená křivka), než v samotné fázi validace nebo ještě později při zahájení výroby. Naopak v případě nepoužití metody FMEA nebo její nesprávná realizace bude mít za důsledek pozdější odhalení vad (oranžová křivka), a tím pádem i mnohem vyšší náklady na jejich odstranění v souvislosti se zaváděním potřebných nápravných opatření (např. konstrukční změny výrobku se musí implementovat do nářadí, úpravy procesu mohou mít dopad na úpravy výrobních zařízení apod.).

Proto lze závěrem shrnout myšlenky popsané v grafu na Obr. 5 do těchto tvrzení:

- Použitím metody FMEA se zkracuje interval mezi vznikem a odhalením závady.
- Náklady na implementaci relevantních nápravných opatření budou nižší.



Zdroj: Upraveno dle (Quality-One, 2021)

Obr. 5 Dopad použití metody FMEA na náklady nápravných opatření

Existují v zásadě tři typy FMEA. První, označovaná jako S-FMEA (systémová FMEA) se používá v koncepční fázi a je zaměřena na interakci systému s jeho dílčími elementy. Pro bližší představu si je systém možné představit jako celé vozidlo a dílčí elementy pak představují například podvozková část nebo karoserie.

Další v pořadí je D-FMEA (designová FMEA), která se zaměřuje na samotnou konstrukci výrobku. Cílem je odhalit vady způsobené nedostatky v konstrukčním návrhu produktu.

Posledním typem je tzv. P-FMEA (procesní FMEA). Ta je naopak zaměřena na výrobní a montážní procesy. Snahou je identifikovat riziko selhání pro každý krok výrobního procesu.

Metoda SPC

Zkratka SPC (z angl. Statistical Process Control, přel. statistická regulace procesu) označuje metodu kvality založenou na principech matematické statistiky. Pokud by nebylo možné měřit a hodnotit, nebylo by dost dobře možné uvažovat či tvrdit, zda je zamýšlený směr dalšího zlepšování správný či nikoliv. Správné použití této metody je silným nástrojem, který na rozdíl od jiných metod kvality dokáže s jistou mírou pravděpodobnosti predikovat vznik problému. Právě proto se jedná o metodu, která je dnes taktéž nedílnou součástí aktivit mimo jiné i v oblasti pokročilého plánování kvality. V praxi využívá zejména regulačních diagramů, které interpretují zjištěnou variabilitu výrobního procesu a taktéž výrobního, popř. měřicího zařízení, či vůbec umožňují odhalit její tendence.

1.8 Proces schvalování výrobku do sériové výroby

Oblasti uvolňování produktů a služeb je v normě ČSN EN ISO 9001:2016 věnována kapitola 8.6. Ta říká, že organizace musí v příslušných etapách zavádět plánovaná opatření, kterými ověří, zda byly splněny požadavky¹ na produkt nebo službu. Problematiku vzhledově významných položek však tato norma nikterak neupravuje. První zmínku o vzhledově významných položkách je možné nalézt v odvětvovém standardu IATF 16949:2016 v kapitole 8.6.3.

¹ Požadavkem je očekávání, které je stanoveno zákazníkem, závaznými předpisy nebo se obvykle předpokládá.

Ta organizaci definuje následující dodatečné požadavky, které je nutné splnit (IATF, 2016, str. 89):

- zajištění adekvátních zdrojů pro účely hodnocení vzhledově významných položek, včetně osvětlení²,
- zajištění referenčních vzorů pro hodnocení barvy, zrnitosti, lesku, kovového lesku, struktury, jasnosti obrazu a haptiky, je-li to vhodné,
- udržování a řízení referenčních vzorů a prostředků pro hodnocení vzhledu,
- ověření, že pracovníci provádějící hodnocení vzhledu jsou pro tuto činnost kompetentní a kvalifikovaní.

Tyto požadavky jsou do jisté míry stále relativně abstraktní, a proto stojí za zmínku znění kapitoly 4.3.2 odvětvového standardu IATF 16949:2016, které organizacím nařizuje zahrnutí specifických požadavků zákazníka (z angl. Customer Specific Requirements, dále jen CSR) do rozsahu systému managementu organizace. Každý OEM upřesňuje své požadavky ve věci vzhledově významných položek v různých typech dokumentů, nicméně převážná většina vychází z příručky PPAP (z angl. Production Part Approval Process, přel. Proces schvalování dílů k sériové výrobě) od AIAG, která obsahuje kapitolu 2.2.13 – Zpráva o schválení vzhledu (viz Příloha 1). Přílohu B příručky PPAP tvoří vzor Zprávy o schválení vzorku, který ve většině případů OEM v této podobě skutečně používají. Se snahou o digitalizaci procesů schvalování je možné se setkat s výrazem eAAR, což je elektronizovaný proces výměny informací mezi dodavatelem a zákazníkem. Dodavatel je povinen vyplněný formulář společně s fyzickými vzorky předložit zákazníkovi k vyhodnocení. Po úspěšném odsouhlasení je zpráva o schválení vzhledu zákazníkem podepsána a zaslána zpět dodavateli. Ta je pak nedílnou přílohou dokumentace v rámci procesu schvalování dílů do sériové výroby (ČSJ, 2006).

Společnost Ford Motor Company se dále odkazuje na příručku Specifické požadavky zákazníka pro použití s příručkou PPAP 4. edice platná od 1. listopadu 2020, která v kapitole 2.2.13 odkazuje na použití dokumentu GDCAP (z angl. Global

² Zajištění požadované intenzity osvětlení pracovního prostoru pro realizaci kontroly barvy, viz ČSN EN 12464-1 – Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory. V případě kontroly kvality, kontroly barvy, výstupní kontroly je požadavek na osvětlení pracoviště min. 1 000 lux.

Decorative Component Approval Process, přel. globální proces schvalování pohledových dílů).

Ne všichni výrobci automobilů používají pro proces uvolňování dílů do sériové výroby metodiku PPAP. Ti výrobci automobilů, kteří jsou členy VDA, jako tomu je právě v případě koncernu Volkswagen, používají metodiku PPF (z něm. Produktionsprozess- und Produktfreigabe, přel. uvolnění výrobního procesu a produktu), kterou definuje příručka VDA 2. Poslední revize této příručky proběhla v roce 2020, jež měla za cíl klást větší důraz na vzájemnou koordinaci činností mezi zákazníkem a dodavatelem, a to zejména ve včasném odsouhlasení rozsahu, obsahu a časového plánu realizace procesu PPF. Tato nová revize odstranila v minulosti pevně stanovené úrovně předložení (do doby před revizí existovaly úrovně označované jako 0, 1, 2 a 3), zahrnula nové aspekty spojené s vývojem software a celkově se tak přibližuje postupu PPAP od AIAG. Nicméně povinnost dodržet postup uvolňování, tj. PPF dle požadavků VDA 2, má směrem k výrobcům automobilů jeho přímý dodavatel, který stojí v dodavatelském řetězci na úrovni Tier-1³. Jak uvádí Křeček (2020), výsledky uvolnění produktu a výrobního procesu níže v dodavatelském řetězci mohou být realizovány i za použití postupů uvolnění jiných sdružení (např. AIAG PPAP). Oproti PPAP metodika PPF nedefinuje žádný konkrétní dokument, který by měl být použit pro hodnocení vzhledově významných položek. Dodavatelé proto prokazují shodu na základě laboratorních protokolů, které jsou k dispozici jako výstup ze specifického software, který se pro měření barvy a lesku používá. To, že není definován formát pro prokázání splnění požadavků, však neznamená absenci požadavků samotných. Koncern Volkswagen specifikuje své požadavky ke vzhledově významným položkám zejména v normě VW 50190. Tato norma je zmíněna v zadávací specifikaci zvané Lastenheft (dále jen LAH). Ten je dodavatelům zpřístupněn přes B2B platformu VW Group Supply již v poptávkovém řízení pro konkrétní projekt.

Jelikož další kapitoly této práce hovoří o problematice schvalování vzhledově významných položek do sériové výroby ve vztahu ke dveřním výplním pro Volkswagen ID.4, stojí proto za zmínku alespoň krátké představení, jak proces uvolnění výrobku v koncernu Volkswagen probíhá. Pro proces uvolnění výrobku se ustálil zkrácený výraz vzorkování nebo vzorování. Vzorkování se předkládá

³ Dodavatel 1. úrovně (tzv. Tier-1) dodává své produkty výrobcům automobilů (OEM)

a hodnocení zákazníkem probíhá elektronickou formou v systému BeOn (zkratka z německého názvu Bemusterung Online, přel. Vzorkování on-line), který je jednou z mnoha aplikací přístupných dodavatelům v rámci rozhraní B2B koncernu Volkswagen.

Splnění zákaznických požadavků je v procesu vzorkování hodnoceno specifickými známkami (Note⁴), přičemž existují tyto tři:

- *Note 1*: všechny požadavky v hodnocené oblasti zcela splněny.
- *Note 3*: některé požadavky v hodnocené oblasti nejsou zcela splněny, ale odchylky nejsou kritické. Jedná se o tzv. podmíněčné uvolnění, kdy je dodavatel povinen ve lhůtě do 3 měsíců představit zlepšený stav s cílem eliminovat zjištěné odchylky od specifikace, nicméně díly je možno použít pro sériovou výrobu.
- *Note 6*: požadavky v hodnocené oblasti nejsou splněny, produkt není možné uvolnit do sériové výroby.

Dodavatelem předložené vzorkování je nejprve ohodnoceno dílčími známkami z oblastí:

- výsledky rozměrových zkoušek,
- výsledky laboratorních zkoušek,
- výsledky funkčních a zástavbových zkoušek za sériových podmínek ve voze.

Celkově je pak vzorkování uzavřeno souhrnnou známkou, která je výsledkem nejhorší dílčí známky udělené při procesu vzorkování. Nicméně nezávisle na udělených dílčích známkách se udělí celkové hodnocení Note 6 pokud:

- nejsou splněny požadavky IMDS⁵,
- nebylo uděleno BMG⁶,
- chybí značení plastových dílů podle normy VW 10500,

⁴ Note je německý výraz pro slovo známka. Použití kombinace slova „Note“ a patřičné číselné hodnoty známky je zažitou praxí v automobilovém průmyslu.

⁵ International Material Data System – on-line databáze obsahující informace o materiálech používaných v automobilovém průmyslu.

⁶ Je-li ve výkresové dokumentaci uvedena povinnost schválení dílů vývojem, je zapotřebí aby oddělení Technického vývoje zákazníka udělilo požadované uvolnění (Baumustergenehmigung) ještě před zahájením procesu vzorkování.

- neproběhlo „dezénování⁷“ plastových dílů.

Hodnocení vzhledově významných položek je zastoupeno v dílčím hodnocení výsledků laboratorních zkoušek, kde zákazník posuzuje shodu výrobku právě s požadavky normy VW 50190, který bude hlouběji přiblížen v následujících kapitolách.

⁷ Dezén je povrchová úprava vytvářející kresbu, texturu či jiný motiv na povrchu dílu, popř. technologický dezén pro umožnění dalšího zpracovatelského kroku.

2 Vzhledově významné položky

V samotném úvodu, vyjma upřesnění, co se skrývá pod pojmem vzhledově významná položka, se bude tato kapitola věnovat objasnění, co je to vlastně barva a lesk. Dále pak jaké jsou platné a aplikovatelné standardy, které vydává CIE (z franc. Commission internationale de l'éclairage, přel. Mezinárodní komise pro osvětlování) a v neposlední řadě dojde k představení specifických požadavků této práci relevantních zákazníků. Navazovat bude pojednání o způsobech měření a hodnocení, včetně používané přístrojové techniky. Nebudou opomenuty ani vybrané normativní dokumenty, bez kterých by výsledky absentovaly patřičnou vypovídající schopností.

Za vzhledově významnou položku je možné považovat takový díl vozu, který je „kosmeticky“ důležitý a po dokončení výroby vozidla jej zákazník vidí. Mezi takové díly je možné zařadit například: přístrojovou desku, stropní panel, potah sedadel, obložení dveří a sloupků, jakékoli chromované a lakované díly, koberce, aj. Někteří OEM identifikují tuto informaci i přímo ve výkresové dokumentaci. V takovém případě je vyžadováno schválení vzhledu (dezén, barva, lesk atd.). Tyto pak představují znaky kvality⁸ výrobku.

2.1 Pojmy barva a lesk

Barvu je možné interpretovat jako fyzikální aspekt objektu, který je způsoben různými kvalitami světla, které je od něj odráženo (reflektováno), nebo je jím vyzařováno (emitováno). Aby bylo toto možné, je tedy zapotřebí světla, tedy lidským okem detekovatelné části spektra elektromagnetického záření, což odpovídá vlnovým délkám v intervalu přibližně 380–780 nm⁹. Na fyzický netransparentní předmět dopadají paprsky o různé vlnové délce, přičemž část je jich s různou intenzitou dle konkrétní frekvence pohlcena, zatímco zbytek je odražen zpět do prostoru. Smyslové buňky lidského oka jsou pak receptorem těchto dopadajících odražených vln. Jak konstatuje Dohnal (2019), z fyzikálního hlediska barva neexistuje. Pojem barva je slovním vyjádřením subjektivního zrakového vjemu vyvolaného dopadem elektromagnetického záření na sítnice. Z fyziologického hlediska, co si tedy člověk pod pojmem barvy představuje, je tedy spíše osobní

⁸ Inherentní znak produktu, týkající se požadavků.

⁹ Různé zdroje se v tomto částečně liší, jelikož je toto zpravidla u každého jedince odlišné.

interpretace rozličných vjemů značně omezená konstrukcí sítnice lidského oka. I v říši zvířat lze najít takové, kteří dokážou vnímat infračervené, ultrafialové či zcela jiné odstíny pomocí značně diverzifikovanějších či citlivějších čípků. Příloha 2 pak podrobně popisuje problematiku vnímání barvy lidským okem.

Jak uvádí Vik (2017), z hlediska zrakového vjemu je chromatická barva trojrozměrnou veličinou, kterou lze charakterizovat třemi hodnotami:

- Barevný tón (odstín) – odlišuje a popisuje jednotlivé rodiny barev, např. červenou od žluté či zelené.
- Sytost (síla) – intenzita konkrétního odstínu či vzdálenost od achromatické¹⁰ škály v barevném prostoru.
- Jas (světlost) – je definován jako množství odraženého světla, tedy to, co obvykle chápeme jako pojmy světlé či tmavé.

Pod pojmem lesk je zpravidla myšlena vlastnost povrchu fyzického předmětu způsobující zrcadlový odraz dopadajících paprsků. V praxi je totiž část odrazu rozptýlena do okolí, a právě poměr mezi těmito dvěma složkami vnímáme jako lesk. Jelikož lidské oko vnímá barvu pouze pomocí této rozptylné složky, z fyziologického hlediska se dá říct, že lesk je doplňkem barvy. Proto se může zdát rozdíl v barvě při rozdílu v lesku na povrchu jednoho předmětu, i když je svým složením zcela homogenní. Toto je důležité pro rozdělení dvou hlavních konstrukčních řešení měřících přístrojů, které detailně popisuje pozdější kapitola.

2.2 Způsoby měření a metody hodnocení barvy a lesku

Hodnotit barvu a lesk vzhledově významných položek lze v zásadě dvěma způsoby, které lze zjednodušeně popsat jakožto subjektivní a objektivní. Prvním ze způsobů je vizuální porovnávání výrobku s referenčním vzorem nebo referenčním dílem. Tento postup je vhodný spíše pro kontrolu vzhledově významných položek v určitém bodě výroby ve fázi sériové výroby, popřípadě pokud geometrie dílu neumožňuje jinak. Nicméně i tato hodnocení podléhají určitým normalizovaným náležitostem, kupř. standardizovaným osvětlením a použitím světlostních kabin (viz Obr. 6) či konkrétních úhlů pohledu na zkoumaný povrch (viz Obr. 7).

¹⁰ Pouze šedá škála, odpovídající vyrovnané úrovni všech vlnových délek.



Zdroj: (BYK Instruments, 2021)

Obr. 6 Světlostní kabina

Vik (2017) zmiňuje existenci mnoha faktorů, a to jak fyzických, tak psychofyzických, které ovlivňují vizuální vnímání optických vlastností pozorovatelem. Za zmínku stojí zejména následující:

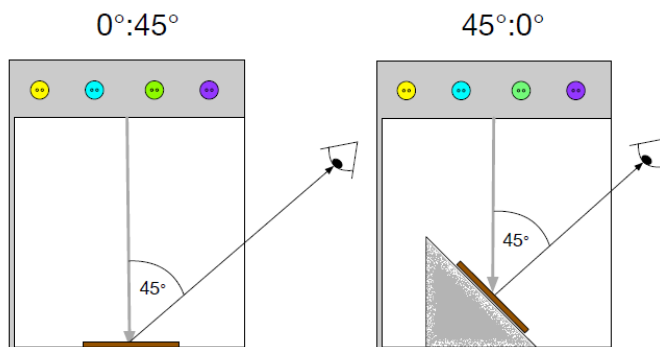
- *Osvětlení:* množství a distribuce energie světla, které osvětluje pozorované vzorky, má přímý vliv na pozorovanou barvu. Přesné podmínky jsou závislé na konkrétní normě, v jejímž souladu hodnocení musí probíhat. Intenzita osvětlení se pak pohybuje především v intervalu od 900 do 1 700 lux a má být použito simulace průměrného denního světla dle CIE D65. Světlostní kabiny disponují většinou několika zdroji světla, které může být simulováno. Vyjma D65 bývají kabiny běžně vybaveny také osvětlením F11 (příp. TL84¹¹) a A¹².
- *Pozorovatel:* je třeba zajistit, aby pozorovatel neměl poruchu vnímání barev, a je třeba přihlédnout k faktu, že v důsledku procesu stárnutí lidského oka dochází ke žloutnutí lidské čočky, což má za následek částečné odfiltrování modrého světla. To způsobuje odlišné vnímání barvy mezi starším a mladším pozorovatelem.
- *Okolí:* vnímání vzhledu některých barev závisí na světlosti a barvě okolního prostoru. Proto je doporučeno, aby pozadí pro vizuální posuzování barev

¹¹ Téměř identické osvětlení F11, ale není standardizováno CIE

¹² Žárovka s wolframovým vláknem

bylo neutrální světle šedé, typicky N7 z Munsellova atlasu barev¹³. Ve světlostní kabině by se měly nacházet výhradně posuzované vzorky, čímž se eliminuje riziko, že se spektrální vlastnosti osvětlení značně změní.

- *Vzdálenost a velikost vzorků*: při prohlížení dvou vzorků téměř stejné barvy je doporučeno vzorky oříznout na přibližně stejnou velikost a umístit je vedle sebe bez mezery mezi nimi. Případné rozdíly ve velikosti nebo rozestupech mezi vzorky mohou nepříznivě ovlivnit vizuální posouzení. V případech, kdy není možné dosáhnout stejné velikosti nebo rozestupu vzorků, se doporučuje použití krycích masek.
- *Pozorovací úhel*: první možnost, kterou ilustruje levá část Obr. 7, představuje položení vzorků ve světelné kabině tak, aby na ně osvětlení dopadalo kolmo. Pozorovatel by měl být přibližně 10 až 30 centimetrů od hrany světelné komory a v takové výšce, aby úhel pozorování byl 45° od normály ke vzorku. Druhou možností, kterou představuje pravá část Obr. 7, je, že díl je umístěn v kabině pod úhlem 45° a pozorovatel na něj nahlíží kolmo, přičemž světlo dopadá na vzorek právě pod úhlem 45° .



Zdroj: (Vik, 2017, str. 23)

Obr. 7 Vizuální hodnocení pomocí světelné komory

- *Doba pozorování*: pokud pozorovatel hledí na barevné vzorky po dobu 30 až 60 sekund, dochází k únavě sítnice, která znečitlivuje schopnost oka vnímat pozorovanou barvu. Je proto doporučeným postupem prohlížet si pár vzorků pouze několik sekund.

¹³ Obsahuje definici prostorového tělesa barev se třemi dimenzemi: tón, světlost a čistota barvy.

Jak bylo uvedeno, je třeba zajistit, aby pozorovatel realizující tento způsob kontroly byl tzv. pozorovatelem s normálním viděním. Pro tento účel se používají specializované testy barvocitu (viz Příloha 3).

Je namístě připustit skutečnost, že vizuální hodnocení se vždy bude od člověka k člověku trochu lišit, a proto není zcela spolehlivé. Proto existuje ještě druhý způsob hodnocení, do kterého vstupuje vědní obor zvaný kolorimetrie¹⁴. Ten umožňuje barvu a lesk výrobku hodnotit exaktně, objektivně a numerickou formou prostřednictvím přístrojové techniky. V závislosti na hodnoceném předmětu a jeho skupenství existují různá zařízení pro měření barvy, nicméně v automobilovém průmyslu se používá nejčastěji spektrofotometr, zatímco pro hodnocení lesku se používá leskoměr. Spektrofotometr měří barvu osvětlením vzorku bílým světlem a v závislosti na své konstrukci analýzou pouze difúzně odraženého světla či včetně zahrnutí zrcadlové složky odrazu. Aby bylo možné měřit barevnost objektů, je zapotřebí třech základních elementů, a to zdroj světla, pozorovaný objekt a pozorovatel.

2.3 Standardizace Mezinárodní komise pro osvětlování

Bez ohledu na fakt, zda je barva hodnocena, resp. měřena vizuálně nebo pomocí přístrojů, je v každém ohledu pro zajištění vypovídající schopnosti, porovnatelnosti a ověřitelnosti výsledků zapotřebí určité standardizace. Této úlohy se zhostila mimo jiných právě CIE. Ta definovala již v roce 1913 hodnoty trichromatických složek X, Y a Z. Následně v roce 1931 zavádí standardní kolorimetrický prostor X, Y, Z a chromatické diagramy. Dále definovala vlastnosti standardních zdrojů světla a standardního kolorimetrického pozorovatele. Později v roce 1976 byl definován standardní kolorimetrický prostor CIE L*a*b*.

Pro účely této práce proto tedy stojí za zmínku následující platné standardy:

- ČSN EN ISO/CIE 11664-1:2020 – Kolorimetrie – Část 1: Normální kolorimetrický pozorovatel CIE
- ČSN EN ISO 11664-2:2011 – Kolorimetrie – Část 2: Normální druhy světla CIE

¹⁴ Část spektrofotometrie zabývající se pouze viditelným spektrem, který pak dále patří pod elektromagnetickou spektroskopii.

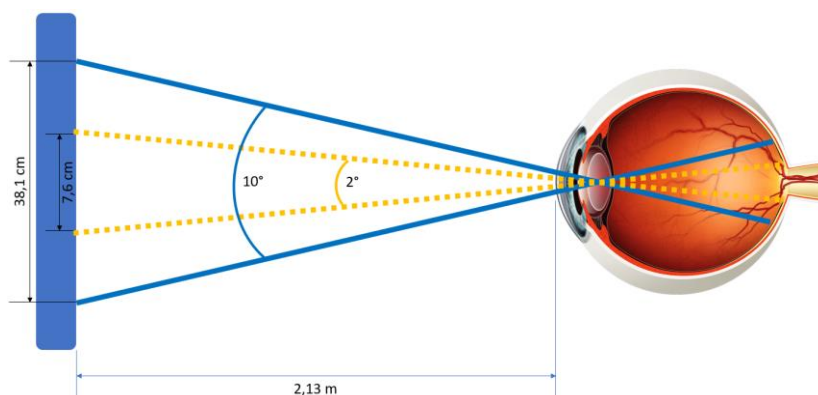
- ČSN EN ISO/CIE 11664-3:2020 – Kolorimetrie – Část 3: CIE trichromatické složky
- ČSN EN ISO/CIE 11664-4:2020 – Kolorimetrie – Část 4: Kolorimetrický prostor CIE 1976 L*a*b*

2.3.1 Normální kolorimetrický pozorovatel

Aby bylo možné realizovat hodnocení barevné shody dle standardizace CIE, zavádí standard ČSN EN ISO/CIE 11664-1 – Kolorimetrie – Část 1: Normální kolorimetrický pozorovatel CIE dvě sady funkcí pro vyrovnání barev (ÚNMZ, 2020a):

- 1) *CIE 1931 standardní kolorimetrický pozorovatel* – pro pozorovatele s normálním barevným viděním a velikostí zorného pole pod zorným úhlem cca 1° až 4°, pro vidění na fotopických úrovních adaptace.
- 2) *CIE 1964 doplňkový kolorimetrický pozorovatel* – pro pozorovatele s normálním barevným viděním a velikostí zorného pole pod zorným úhlem více než 4°, pro vidění na dostatečně vysokých fotopických úrovních a se spektrálním rozložením energie takovým, že nelze očekávat účast tyčinkových receptorů sítnice.

Vnímání barvy je dáno pozorovacím úhlem, resp. velikostí pozorovaného objektu (viz Obr. 8). Proto komise CIE definovala právě dva standardizované pozorovatele: dvoustupňového (2°) a desetistupňového (10°). Desetistupňový pozorovatel se využívá s jistou převahou, načež dvoustupňový pozorovatel je využit jen ve speciálních případech.



Zdroj: Upraveno dle (Vteke, 2021)

Obr. 8 Standardní 2° a doplňkový 10° pozorovatelé

2.3.2 Normální druhy světla CIE

Jak bylo uvedeno o pár odstavců výše, aby bylo možné vidět barvu, je zapotřebí světla. Postupným vývojem došlo ke vzniku standardu ČSN EN ISO 11664-2 – *Kolorimetrie – Část 2: Normální druhy světla CIE* (poslední revize proběhla v říjnu 2011). Tento standard zavádí následující standardní osvětlení (ÚNMZ, 2011):

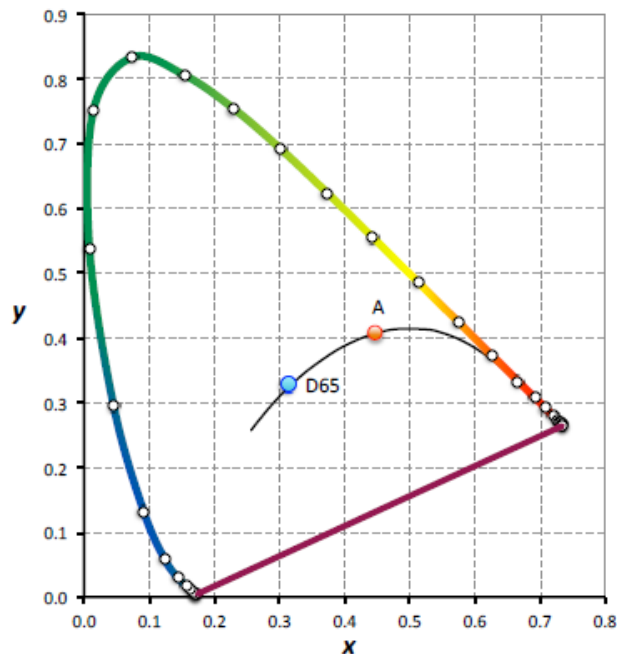
- 1) *CIE standardní osvětlení A* – představuje wolframovou žárovku, teplota barvy je přibližně 2 856° K,
- 2) *CIE standardní osvětlení D65* – představuje průměrné denní světlo, teplota barvy je přibližně 6 500° K.

Dále v dokumentu CIE 15, *Kolorimetrie* z roku 2004 jsou normována další standardní osvětlení. Pro účely hodnocení vzhledově významných položek v automobilového průmyslu je proto důležité *standardní osvětlení F11* (někdy označováno také jako FL11) – představující fluorescenční zářivku s teplotou barvy přibližně 4 000° K.

Zdrojem světla v případě použití spektrofotometru bývají halogenové výbojky, LED světelné zdroje nebo xenonové výbojky. Když bude realizováno měření se zdrojem světla D65, znamená to, že pro výpočet kolorimetrických parametrů dochází právě dosazením tabelovaných hodnot pro zvolený standardizovaný druh osvětlení. Nikoliv, že přístroj bude svítit na pozorovaný objekt zdrojem D65, spektrofotometr bude stále používat jeden vestavěný typ zdroje světla.

2.3.3 Kolorimetrické prostory CIE 1931 XYZ a CIE 1976 L*a*b*

Orientace kolorimetrického prostoru CIE XYZ je určena třemi vzájemně kolmými osami, na které se vynášejí hodnoty trichromatických složek X, Y, Z (viz Příloha 4). Prostorové vyobrazení není moc praktické, a proto se pro geometrické zobrazení používá rovinný řez kolorimetrických prostorem, který představuje kolorimetrický trojúhelník zvaný chromatický diagram xy (viz Obr. 9). V tomto diagramu je chromatičnost určena dvěma souřadnicemi, které postačují k možnosti popsat barevné vlastnosti.



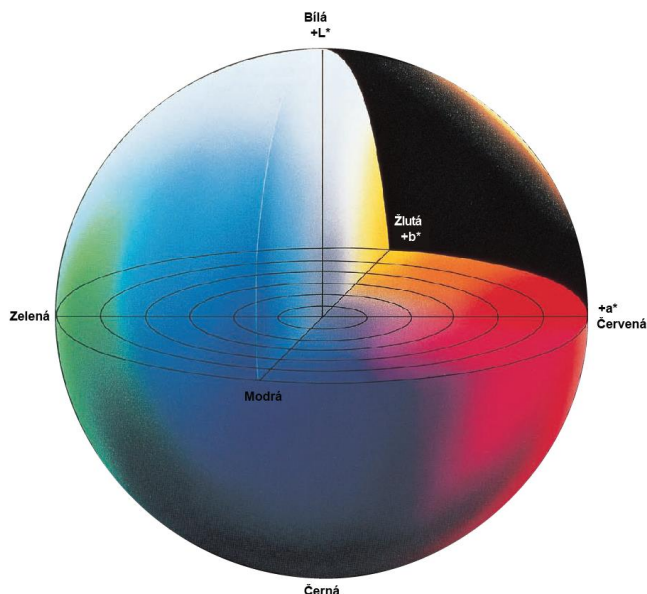
Zdroj: (Vik, 2017, str. 49)

Obr. 9 Diagram chromatičnosti CIE 1931 xy

Kolorimetrický prostor CIE 1976 $L^*a^*b^*$ (někdy označovaný jako CIELAB nebo jen Lab), je trojrozměrný barevný prostor odvozený od CIE XYZ, který pokrývá celý rozsah gamutu¹⁵ lidského oka a na rozdíl od CIE XYZ je koncipován jako nezávislý na použitém zařízení (ÚNMZ, 2020c). Tento kolorimetrický prostor zavedla CIE v roce 1976 s cílem rovnoměrného odstupňování vnímaných barevných odchylek, protože trojrozměrný barevný prostor vytvořený vynesemím hodnot trichromatických složek CIE X, Y, Z v pravoúhlých souřadnicích nezajistí, že stejné euklidovské vzdálenosti v prostoru odpovídají obdobnému rozdílu barevných podnětů. Oba tyto kolorimetrické prostory byly dobře přijaty a jsou značně rozšířené v praxi. Pro prostor CIELAB doporučuje CIE použití standardizovaného světla D65, které se používá v naprosté většině průmyslových odvětví, včetně toho automobilového. Viz Obr. 10, parametr L^* může nabývat hodnot od 0 do 100 a reprezentuje světlost (čím je hodnota bližší nule, je barva tmavší, s postupně se zvyšující hodnotou, světlost barvy stoupá). Hodnoty a^* a b^* jsou bezrozměrné. Přičemž osa a^* představuje přechod z barvy zelené do barvy červené (záporné hodnoty směřují k zelené,

¹⁵ Gamut je rozsah vnímání barev.

kladné hodnoty k červené). Naopak osa b^* představuje přechod z barvy modré do barvy žluté (záporné hodnoty směřují k modré, kladné hodnoty ke žluté).

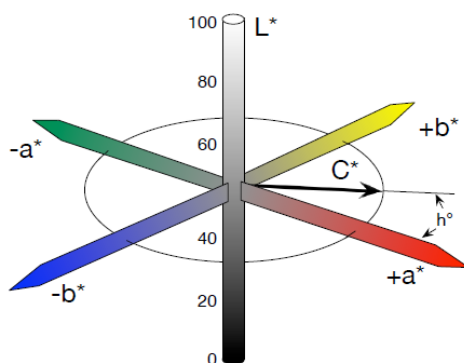


Zdroj: Upraveno dle (Konica Minolta, 2007)

Obr. 10 Kolorimetrický prostor CIE $L^*a^*b^*$

2.3.4 Kolorimetrický prostor CIE 1976 L^*C^*h

Zatímco předchozí kolorimetrický prostor používá pro interpretaci barvy v barevném prostoru kartézské souřadnice, tento používá souřadnice polární (viz Obr. 11). Hodnota L^* naprosto stejně vyjadřuje světlost barvy, hodnota C^* představuje její sytost a hodnota h označuje úhel odstínu barvy. Samotný prostor je však identický s CIELABem a mezi hodnotami a^* , b^* a C^* , h^* lze volně převádět na základě jejich geometrických vztahů.

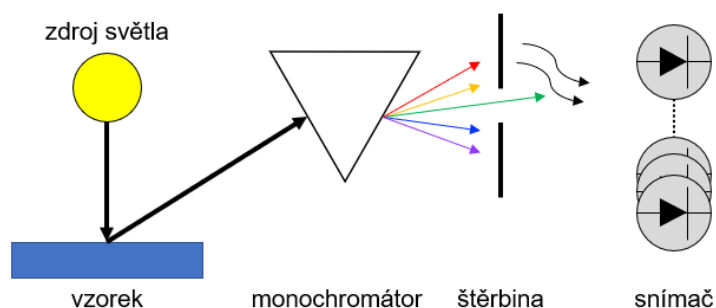


Zdroj: (Vik, 2017, str. 65)

Obr. 11 Geometrie kolorimetrických prostorů CIELab a CIELCh

2.4 Měření spektrofotometrem

Schéma na Obr. 12 popisuje základní princip fungování spektrofotometru, který, jak již bylo zmíněno, je nejpoužívanějším přístrojem pro měření barvy v automobilovém průmyslu. Schéma je značně zjednodušené a dle různých geometrických uspořádání (viz kapitola 2.5) by existovalo mnoho variant, nicméně pro popsání principu měření barvy postačuje. Spektrofotometr měří na principu odrazivosti vzorku, tj. poměr emitovaného a odraženého světla. Mezi hlavní součásti pak patří dle schématu zdroj světla, monochromátor¹⁶, a snímače (fotodetektory). Odražené světlo je předáno monochromátoru pro rozdělení světla na své spektrální složky, které mají být měřeny.



Zdroj: Upraveno dle (Vik, 2017, str. 39)

Obr. 12 Základní schéma spektrofotometru

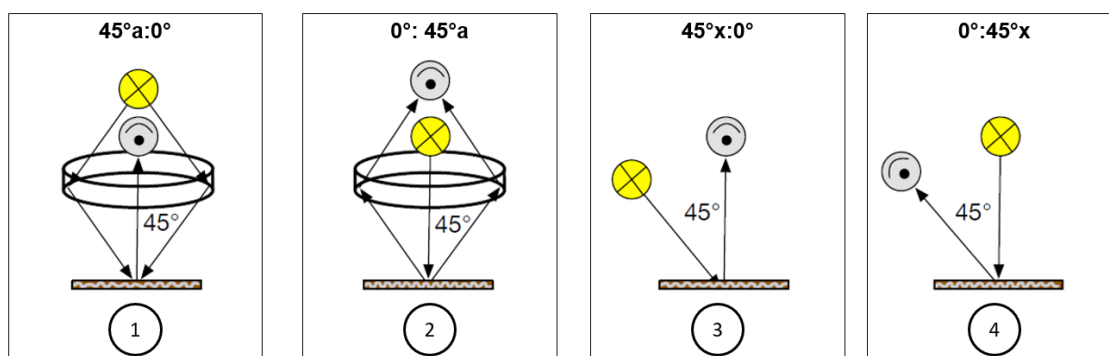
2.5 Geometrické uspořádání při měření barvy

V zásadě existují dvě kategorie geometrických uspořádání, přiblížených níže, které představuje úhel, pod kterým zdroj přístroje emituje světlo a pod kterým dopadá na senzor měřicího přístroje (detektor). Tyto podmínky upravuje v obecné rovině norma ČSN 01 1718:1990 – *Měření barev*.

V případě měření *spektrálního činitele rozptylného odrazu* (dále jen SCE) je úhel mezi zdrojem světla a detektorem $45^\circ \pm 5^\circ$ a pozice detektoru nebo zdroje světla je právě v úhlu $0^\circ \pm 5^\circ$ od normály povrchu. Oba možné způsoby jsou pak ilustrovány na Obr. 13. Obrázek nicméně obsahuje 4 vyobrazení a to proto, že v označení geometrie se vyskytuje ještě písmeno. Písmeno „a“ znamená, že osvětlování probíhá po celém obvodu, naopak písmeno „x“ představuje pouze jednobodové

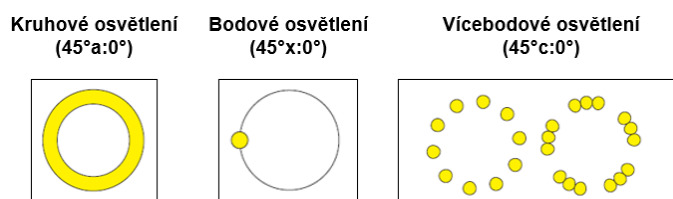
¹⁶ Disperzní prvek (nejčastěji difrakční mřížka)

osvětlení. Dále je možné se setkat taktéž s označením „c“, které představuje vícebodové osvětlení po obvodu. Pro zřetelnost je i tato problematika načrtnuta na Obr. 14.



Zdroj: Upraveno dle (Vik, 2017, str. 37)

Obr. 13 Systém měření spektrálního činitele rozptýlného odrazu



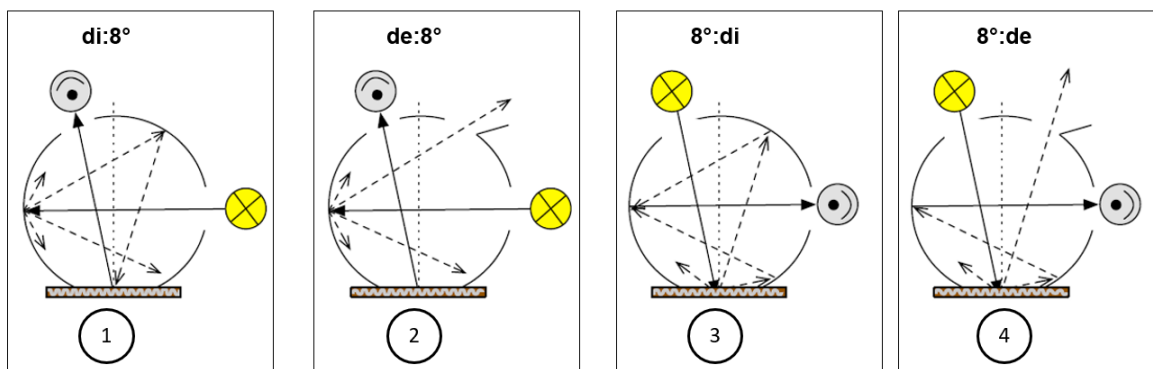
Zdroj: Upraveno dle (Konica Minolta, 2007)

Obr. 14 Rozložení zdroje osvětlení

V případě měření *celkového spektrálního činitele odrazu* (dále jen SCI) se měří spektrální složení záření odraženého od vzorku do všech směrů. V tomto případě se vzorek osvětluje v normále a záření odražené do všech směrů se nejprve sesbírá ideálně kulovým integrátorem¹⁷, přičemž detektor je v rovině se vzorkem (viz Obr. 15). Pro usnadnění srovnávání se doporučuje volit jednotný odklon od normály 8°. Stejně jako v předchozím případě existuje i varianta opačná, která je geometricky shodná, jen se liší s obráceným směrem chodu paprsků. Měření celkového spektrálního činitele rozptýlného odrazu lze realizovat buď se zahrnutím, nebo naopak vyloučením zrcadlové složky odrazu, k čemuž se využívá světelné pasti, pokud je tento v přístroji integrován a související, pokud umožňuje mezi těmito

¹⁷ Vnitřní plocha integrátoru musí být naprosto jasně bílá

režimy alternovat. Proto existují 4 různá označení této geometrie, která jsou v obrázku taktéž uvedena.



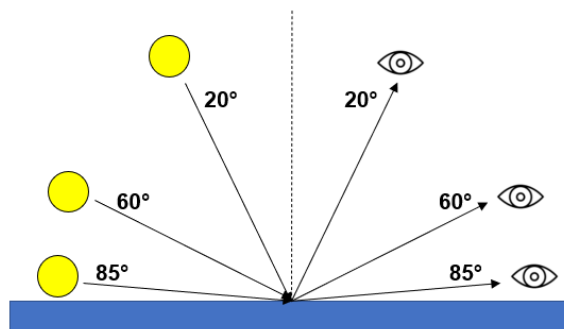
Zdroj: Upraveno dle (Vik, 2017, str. 37)

Obr. 15 Systém měření celkového spektrálního činitele odrazu

2.6 Geometrické uspořádání při měření lesku

Geometrie nehraje důležitou roli jen při měření barvy, ale také při měření lesku. Lesk se určuje promítnutím paprsku světla o pevné intenzitě a úhlu na povrch a měřením odraženého světla pod stejným, ale opačným úhlem. Je k dispozici řada různých geometrií, přičemž každá je vhodná pro určitý typ povrchů. U nekovů, jakou jsou například plasty, se množství odraženého světla zvyšuje se zvyšujícím se úhlem osvětlení, protože část světla proniká povrchovým materiálem a je do něj absorbována nebo se z něj difúzně rozptyluje v závislosti na jeho barvě. Naopak kovy mají mnohem vyšší odrazivost a jsou proto méně úhlově závislé.

Výsledkem měření lesku je hodnota z měřicí stupnice GU (Gloss Units, přel. jednotky lesku). Tato stupnice je založena na vysoce leštěném referenčním černém skleněném standardu s definovaným indexem lomu se zrcadlovou odrazivostí 100 GU při specifikovaném úhlu. Tento standard se používá ke stanovení horní kalibrace 100 s dolním koncovým bodem stanoveným na 0 na dokonale matném povrchu. U vysoce reflexních materiálů však lze dosáhnout hodnot řádově vyšších (např. až 2000 jednotek lesku pro 20°).



Zdroj: (Rhopoint Instruments, 2021)

Obr. 16 Geometrie pro měření lesku

K dispozici je několik mezinárodních norem (např. ČSN EN ISO 2813:2016 – *Nátěrové hmoty – Stanovení čísla lesku při úhlu 20°, 60° a 85°*), které definují způsob použití a specifikace pro různé typy leskoměrů používaných na různé druhy materiálů. Pro automobilový průmysl na trhu existují primárně leskoměry, které měří lesk pod úhlem 20°, 60° anebo 85° (viz Obr. 16), ale pro velmi specifické použití bývají dostupné i pod úhly 45° a 75°. Pouze v obecné rovině je doporučeno pro vysoce lesklé povrchy¹⁸ měřit lesk pod úhlem 20°. Naopak v případě matných povrchů¹⁹ se doporučuje měřit pod úhlem 85°. V ostatních případech je doporučený úhel měření 60°. Nezávisle na tomto doporučení je pro správný výběr leskoměru třeba nahlédnout do specifických požadavků zákazníka.

2.7 Postup měření barvy a lesku a jeho výstup

Realizace měření barvy v automobilové praxi znamená převážně porovnání vzorku materiálu, polotovaru nebo hotového výrobku vůči referenční barvě, kterou specifikoval zákazník. Barevné standardy se zpravidla distribuují v dodavatelském řetězci formou řízených fyzických vzorků, např. plastových destiček (viz Příloha 5), které spravuje laboratoř zákazníka. U koncernu VW a jeho dodavatelů je zažité německé pojmenování „Urmuster“. Nicméně i tento proces byl ovlivněn snahou o zefektivnění svých činností, a tak koncern Volkswagen postupně přechází na vydávání a sdílení elektronických barevných standardů. Elektronickou verzi standardu je možné chápat jako datový soubor určený pro specializovaný software, který je dodáván výrobcí spektrofotometrů. V případě měření typově stejné barvy

¹⁸ Hodnota lesku povrchu při měření pod úhlem 60° >70 GU

¹⁹ Hodnota lesku povrchu při měření pod úhlem 60° <10 GU

na různém povrchu jsou však přístrojové hodnoty odlišné (z důvodu odlišného odrazu světla). Proto je nutné i elektronické standardy specifikovat pro použití s konkrétním typem povrchu.

Výstupem měření barvy je protokol, ve kterém jsou uvedeny absolutní hodnoty parametrů L^* , a^* , b^* (příp. ještě C^* a h^*) pro barevný standard a měřený vzorek. Dále jsou vyčísleny odchylky mezi standardem a zkušebním vzorkem, které jsou označovány jako ΔL^* , Δa^* , Δb^* (příp. ΔC^* a ΔH^*). Někdy je možné se setkat s variantou, kdy symbol Δ je nahrazen písmenem „d“ (např. dL^* , da^* atd.). Tyto informace jsou pak uvedeny pro dvě standardizovaná osvětlení (viz kapitola 2.9). Tedy jak pro průměrné denní osvětlení D65, tak pro umělé osvětlení F11 (ukázka protokolu měření barvy v podniku Grupo Antolin Turnov, dále jen GAT, pak představuje Příloha 6). Report je doplněn ještě o vizualizaci výsledku měření v kolorimetrickém prostoru, ze kterého je pak možné snadno interpretovat závěr (např. díl je žlutější).

Ve většině případů obsahuje report taktéž vyjádření celkové odchylky, označované jako ΔE^*_{ab} , což není nic jiného než skutečná vzdálenost dvou souřadnic v prostoru (euklidovská vzdálenost). Pro výpočet této celkové odchylky je využit matematický vztah (1):

$$\Delta E^*_{a,b} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Prakticky se jedná o výpočet tělesové úhlopříčky pomyslného kvádru vytyčeného hodnotami jednotlivých odchylek na základě Pythagorovy věty. V případě koncernu Volkswagen však není celková odchylka nijak zásadní, neboť maximální povolená hodnota celkové odchylky není nijak specifikována a pro vyhodnocení shody se musí každý parametr hodnotit individuálně.

2.8 Specifické požadavky zákazníka

Vzhledem k zaměření této práce na specifický produkt a konkrétního OEM, bude i tato podkapitola zaměřena na specifické požadavky koncernu Volkswagen. Mezi základní dokumenty, které vymezují specifické požadavky zákazníka Volkswagen, patří směrnice Formel Q, které se poprvé začaly formovat v devadesátých letech jako dohody managementu kvality a směrnice pro hodnocení kvalitativní způsobilosti dodavatelů. Obsahují požadavky a popisují postupy, které je třeba

v rámci zajišťování kvality v dodavatelském řetězci použít nad rámec těch obecných. Aktuálně jsou v platnosti následující směrnice Formel Q:

- Formel Q – konkret,
- Formel Q – nové díly integral,
- Formel Q – způsobilost (s přílohou audit procesu),
- Formel Q – způsobilost software.

Mezi související a zároveň závazné dokumenty v případě obchodního vztahu s koncernem Volkswagen je nutné zohlednit taktéž Lastenheft kvality k řízení dodavatelů a nakupovaných dílů v koncernu Volkswagen, technické dodací předpisy a normy VW platné pro konkrétní produkt, zákonné předpisy a svazky VDA.

Formel Q – konkret je třeba považovat za nejzásadnější dokument pro celý koncern VW, který definuje kvalitativní požadavky. Obsahuje dohody, jež mají za cíl zajistit kvalitu dílů a procesů v dodavatelském řetězci. V případě fáze návrhu a vývoje životního cyklu výrobku je neméně důležité poukázat také na existenci směrnice Formel Q – nové díly Integral. Nicméně ve vztahu ke vzhledově významným položkám je třeba věnovat pozornost primárně koncernové normě VW 50190.

2.9 Požadavky na vzhledově významné položky dle VW 50190

Norma VW 50190 byla naposledy revidována v listopadu 2017 a je v tuto chvíli platným dokumentem upravující postupy hodnocení a měření barvy a lesku stejně jako vizuální hodnocení chromových povrchů. Normu spravuje centrální oddělení kvality (GQL) koncernu Volkswagen ve Wolfsburgu. Hned první zásadní informaci, kterou je možné nalézt v úvodní kapitole, je vymezení rozsahu aplikovatelnosti této normy. Zde je uvedeno, že tento předpis se vztahuje na:

- jednobarevné a neluminiscenční textilie, které:
 - o nejsou citlivé na kartáčování²⁰ povrchu, a to bez nebo se strukturou,
 - o citlivé na kartáčování povrchu, výhradně bez struktury.
- plastové díly:

²⁰ Textilie necitlivé na kartáčování jsou takové, kdy při přejetí rukou nedochází k viditelné změně barevného vnímání.

- s dezénovaným povrchem (imitace kůže, jemná zrnitost atp.),
- s lakovaným povrchem,
- s pěnou na povrchu (pěnová fólie, polyuretanová fólie apod.),
- lakované kovové díly (s výjimkou dílů lakovaných v barvě karoserie),
- kůže (pravá kůže a koženka).

Další zásadní informace se vyskytují ve čtvrté kapitole označenou jako „Požadavky“:

- 1) Dodavatel je povinen sledovat proces pomocí SPC²¹.
- 2) Měření barvy, bez výjimky, je nutné realizovat za použití standardizovaného osvětlení D65 – průměrné denní světlo a F11 – umělé osvětlení.
- 3) V každé zprávě o měření barvy je povinnost indikovat hodnoty naměřeného lesku.
- 4) Rozpětí hodnot z deseti individuálních měření nesmí přesáhnout hodnotu $\pm 0,15$ jednotek CIELAB (s výjimkou ΔL^*).
- 5) Vyhodnocení podléhá vizuální přejímce v zástavbové poloze.

Dále navazují v kapitole 4.2 normy VW 50190 tolerance pro hodnocení výsledku měření barvy, přičemž stejně jako bylo uvedeno v kapitole 1.8, existují 3 rozsahy hodnocení, které odpovídají již představenému známkování. Zjištěné odchylky měření barvy od určeného barevného standardu, které jsou v rozsahu „OK“ budou mít za význam dílčí hodnocení Note 1 v oblasti vzhledu. V případě, že tyto odchylky budou v rozsahu „COK“, bude toto hodnoceno s výsledkem Note 3. Pokud bude výsledek měření mimo tyto dva rozsahy, je třeba položku z pohledu vzhledu hodnotit jako Note 6. Celkový přehled definovaných tolerancí pro měření barvy tvoří přílohu této práce (viz Příloha 7). Pro nadcházející kapitoly je pak třeba věnovat pozornost tolerancím pro barvy v odstínech černé a hnědé (viz Tab. 2).

²¹ Statistical process control – statistická regulace procesu (viz kapitola 1.7)

Tab. 2 Tolerance pro měření barvy dle VW 50190

Barevný odstín	„OK“ rozsah	„COK“ rozsah	„NOK“ rozsah
Černé a hnědé barvy	$ \Delta L^* < 0,35$ $ \Delta a^* < 0,25$ $ \Delta b^* < 0,25$	$0,35 \leq \Delta L^* \leq 0,45$ $0,25 \leq \Delta a^* \leq 0,35$ $0,25 \leq \Delta b^* \leq 0,35$	$ \Delta L^* > 0,45$ $ \Delta a^* > 0,35$ $ \Delta b^* > 0,35$

Zdroj: Upraveno dle (Volkswagen, 2017, str. 6)

Kapitola 4.2.5 této normy specifikuje obecné tolerance pro měření lesku, nicméně stojí za zmínku, že v každém novém projektu je hodnota lesku specifikována explicitně, protože norma uvádí pouze tolerance lesku pro nelakované plastové díly v konkrétním odstínu a dezénu. Jednotlivé značky koncernu téměř s každým novým designovým konceptem vozu vytvoří nový typ dezénu, a proto není ani možné udržovat normu stále aktualizovanou včetně tolerancí lesku pro každý typ. V tomto případě se cílová hodnota lesku včetně tolerancí určuje ve fázi návrhu a vývoje a ta je předána dodavateli většinou ještě před zahájením konstrukce. Občas však jsou tzv. definice FAKOM²² a specifikace lesku k dodavatelům komunikovány později, což má potencionální vliv na zpoždění v projektu nebo na dodatečné vícenáklady spojené s nutností dalších zásahů do výrobních zařízení (například úprava lesku ve vstřikovací formě ze strany dodavatele dezénu).

Naopak velice podstatnou informaci podává kapitola 4.2.5.6, která dodavateli nařizuje pro měření lesku použít geometrii 60° s výjimkou povrchů, jejichž lesk při použití této geometrie vyjde vyšší než 70 GU, pak je zapotřebí provést měření s geometrií 20°.

Kapitola pátá je zásadní z pohledu specifikace přístrojového vybavení, které je pro měření barvy třeba použít. Konkrétně se jedná o tyto požadavky:

- Měření je realizováno dle DIN EN ISO 11664-3, neboli ČSN EN ISO/CIE 11664-3, tj. spektrofotometrem.
- Pro lakované a dezénované plastové výrobky a lakované kovové výrobky je třeba použít geometrii 45°/0 nebo ji inverzní, tj. 0/45° (neplatí pro značku AUDI).

²² FAKOM = kombinace barev (z němčiny FaKom - FarbKombinationen)

- Spektrální rozlišení spektrofotometru nesmí být menší než 5 nm, a ne vyšší než 10 nm.
- Opakovatelnost měření musí být $0,07 \Delta E^*$ CIELAB.
- Spektrální rozsah spektrofotometru musí být alespoň v rozsahu od 400 do 700 nm.
- Je třeba použít standardizovaného 10° pozorovatele.
- Hodnocení probíhá pod standardizovaným osvětlením D65 dle DIN 5033-7 a standardizovaným osvětlením F11 dle DIN 6172²³.

V rámci jednotlivých značek koncernu Volkswagen pak tyto požadavky mohou být dále nad rámec normy VW 50190 zpřesňovány (viz Příloha 8).

²³ Tato norma již dnes není platná a byla v roce 2020 nahrazena normou ISO 18314-4:2020.

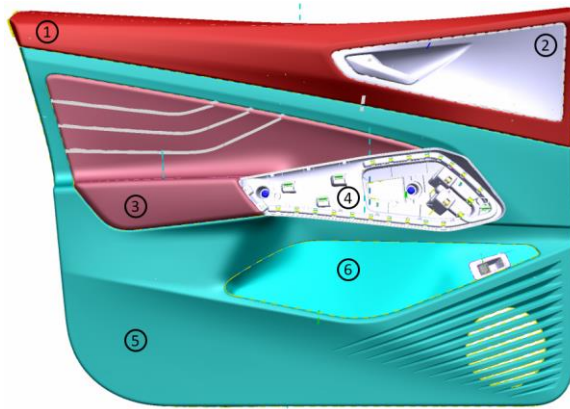
3 Analýza výchozího stavu

Ve svém úvodu tato kapitola krátce představí vyráběný komplexní produkt dveřních výplní. Budou popsány jednotlivé komponenty, ze kterých se sestava dveřních výplní skládá a z jakých materiálů jsou vyráběny. U těch komponentů z celé sestavy, které vyrábí podnik Grupo Antolin Turnov, budou krátce popsány použité výrobní procesy. Naopak jsou vynechány ty součásti, které jsou vyráběny ze strany tzv. stanovených²⁴ dodavatelů, kde je za uvolnění těchto dílů do sériové výroby částečně zodpovědný OEM, který tyto dodavatele na začátku projektu vybral a nominoval. Pro účely této práce byl pro analýzu výchozího stavu zvolen komponent přední dveřní výplně, konkrétně podokenní profil (občas je používáno původní označení z němčiny „brüstung“). Dále proběhne vyhodnocení výsledků měření barvy a lesku prvních sériově vyráběných dílů. Výstupy realizované analýzy představují vstup do procesu návrhu opatření pro odstranění zjištěných odchylek, čemuž se následně věnuje navazující kapitola.

3.1 Skladba dveřních výplní

Dveřní výplň se skládá z několika dílčích komponentů, přičemž každý je vyráběn z materiálu dle své technické specifikace za pomoci určené výrobní technologie. Schéma přední dveřní výplně s očíslovanými dílčími komponenty pak reprezentuje Obr. 17. Označení dílů, které bude následovat je ustáleným pojmenováním těchto dílů v GAT a toto názvosloví bude použito taktéž i v dalším textu této práce. Díl označený číslem 1 se označuje jako podokenní profil. Komponent 2 představuje sestavu dveřní kličky, která se skládá na pohledové straně z krytky a kliky pro otevírání dveří. Loketní opěra je ve schématu označena číslem 3. Na loketní opěru navazuje tělo přitahovače, které je označeno číslem 4. Pátá pozice patří nosiči dveřní výplně a poslední šesté místo reprezentuje kapsa.

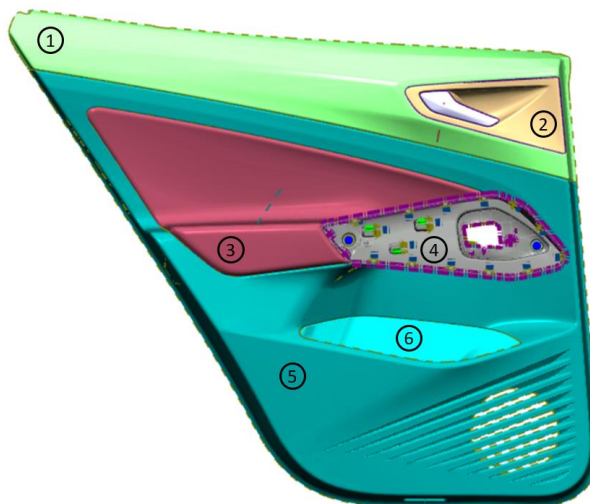
²⁴ Dodavatel 2. úrovně (tzv. Tier-2), nominovaný ze strany OEM pro dodávky komponentů dodavateli 1. úrovně (tzv. Tier-1) s cílem integrovat takové komponenty do nadřazeného výrobku, jehož následným příjemce je OEM.



Zdroj: (Grupo Antolin, 2021)

Obr. 17 Přední dveřní výplň

Zcela analogicky schéma na Obr. 18 představuje skladbu zadní dveřní výplně. Označení komponentů je identické.



Zdroj: (Grupo Antolin, 2021)

Obr. 18 Zadní dveřní výplň

Jak přední, tak i zadní dveřní výplň obsahují ještě další drobné komponenty, které pro další účely této práce nejsou podstatné, a proto nejsou ve schématech označeny. Stojí za zmínku, že schémata na Obr. 17 a Obr. 18 reprezentují podobu finálního výrobku – dveřní výplně, kterou dodává podnik GAT svému zákazníkovi, tedy Volkswagenu.

Přehled použitých materiálů a výrobních technologií pro komponenty, které vyrábí GAT, uvádí Tab. 3. Jedno však mají jednotlivé komponenty společné, a tím je

způsob jejich integrace do finální sestavy dveřní výplně. V tomto případě je finální montáž založena zejména na procesu ultrazvukového svařování²⁵.

Tab. 3 Přehled materiálů a výrobních technologií

Dveřní výplň	Název komponentu	Materiál	Technologie
Přední	Podokenní profil	ABS PVC fólie	vstřikování plastů vakuové kašírování
	Loketní opěra	PP/PE-TD5 umělá kůže	vstřikování plastů tlakové kašírování
	Nosič dveřní výplně	PP/PE-TD5	vstřikování plastů
	Kapsa	PP/PE-TD5	vstřikování plastů
Zadní	Podokenní profil	PP/PE-TD5	vstřikování plastů
	Loketní opěra	PP/PE-TD5 umělá kůže	vstřikování plastů tlakové kašírování
	Nosič dveřní výplně	PP/PE-TD5	vstřikování plastů
	Kapsa	PP/PE-TD5	vstřikování plastů

V některých případech finální povrch komponentu není dán strukturou povrchu samotného plastu (dezénem), ale na plastový výlisek se ještě aplikuje v další fázi výrobního procesu dekorativní materiál (v případě těchto výplní dveří se jedná o PVC fólii nebo umělou kůži).

3.2 Použité výrobní technologie

Pro lepší pochopení dalšího textu této práce je stručné představení použitých výrobních procesů nanejvýš vhodné. To mimo jiné z důvodu zajištění věcné spojitosti mezi zjištěnými odchylkami a definovanými nápravnými opatřeními, kterým se věnuje čtvrtá kapitola.

²⁵ Převedení energie do vysokofrekvenčního mechanického pohybu (vibrace), který v místě kontaktu vytváří teplo a materiál se v bodě spoje začne tavit a vytvoří pevné molekulární spojení.

Pro výrobu jednotlivých komponentů dveřní výplně pro VW ID.4 jsou používány zejména tyto technologické procesy:

- *Vstřikování plastů*: roztavené granulované termoplasty²⁶ jsou vstřikovány do dutiny vstřikovací formy. Tvar výrobku a případná struktura na pohledové straně výlisku (dezén) jsou dány vstřikovací formou.
- *Tlakové kaširování*: na plastový výlisek je lisovacím strojem aplikován dekorativní materiál, který je označován jako formát. Na rubovou stranu formátů, se nejprve nanese tenká vrstva lepidla. Následně se formát upne do spodní části formy lícovou stranou dolů. Do horní části formy je založen plastový výlisek. Působením tepla dojde k aktivaci aplikovaného lepidla. Následuje uzavření formy a tlakové přitlačení formátu proti plastovému výlisku. Cyklus končí fází chlazení a otevřením nástroje, ze kterého je vyjmut nakaširovaný díl.
- *Vakuové kaširování*: Na plastový výlisek se aplikuje fólie (vícevrstvý materiál, kdy na pohledové straně je PVC fólie a na spodní straně je polypropylenová pěna). Do spodní části formy se zakládá plastový výlisek. Fólie, která je dodávána v rolích je nejprve opatřena na rubové straně lepidlem a pak se transferuje do stroje pro kaširování. Následně dojde k jejímu oboustrannému zahřátí, čímž dojde k aktivaci lepidla a změkčení materiálu, čímž vzniká možnost materiálu tvarovat. Proces pak pokračuje tak, že v horní části nástroje dochází k vyfouknutí fólie do tvarové skořepiny. Následně se forma uzavírá a dojde tak ke spojení nahřáté fólie s plastovým výliskem. Aplikací vakua skrze drobné otvory v plastovém nosiči a za pomoci přítomnosti technického dezénu na jeho povrchu je fólie doslova přisáta na výlisek, čímž dojde k okopírování jeho kontury. Proces končí ochlazením dílu a jeho vyjmutím z formy.

3.3 Výsledky měření barvy a lesku prvních sériových dílů

Jako první sériové díly určené k hodnocení barvy a lesku jsou myšleny výrobky vyráběné v sériovém výrobním místě, tedy v GAT, za použití sériových výrobních zařízení, nástrojů a materiálů.

²⁶ Amorfni nebo semikrystalické polymery

Měření barvy těchto dílů bylo provedeno spektrofotometrem od společnosti Konica Minolta, konkrétně modelem s označením CM-2500c CT (viz Obr. 19). Tento spektrofotometr používá pro měření geometrii 45°a:0°. Jeho spektrální rozsah je 360 - 740 nm s rozlišením 10 nm. Jako zdroj osvětlení používá 2 xenonové lampy. Výrobce garantovaná mezipřístrojová shoda je $\Delta E_{a,b}^* \leq 0,15$ (Anamet, 2021).



Zdroj: (Anamet, 2021)

Obr. 19 Spektrofotometr Konica Minolta CM-2500c CT

Tento spektrofotometr nedisponuje možností pro měření lesku, proto byl pro tento účel použit leskoměr Zehntner ZGM 1120 (viz Obr. 20), konkrétně pak varianta umožňující měřit lesk pod úhly 20° a 60°. Měření lesku těchto dílů byla realizována, dle požadavku VW 50190, právě pod úhlem 60°.



Zdroj: (Schnettler Technologies, 2021)

Obr. 20 Leskoměr Zehntner ZGM 1120

Jak již bylo uvedeno, výsledný povrch předního podokenního profilu nevzniká v procesu vstřikování. V tomto technologickém kroku dochází k výrobě plastového nosiče, na který je následně vakuovým kaširováním aplikována PVC fólie. Samotný plastový výlisek má na svém povrchu technický dezén a drobné otvory s průměrem

cca 1 mm. Tyto vlastnosti jsou důležité pro další technické zpracování právě v momentě, kdy se na výlisek aplikuje zmíněná povrchová vrstva.

Po aplikaci PVC fólie v procesu GAT bylo provedeno měření na nakaširovaném komponentu, přičemž výsledky jsou uvedeny v Tab. 4.

Tab. 4 Vyhodnocení podokenního profilu s PVC fólií šarže 3333208

10°; D65 - Označení vzorku				10°; D65 - Označení standardu			
Podokenní profil přední L, šarže: 3333208				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,53	ΔL^*	-0,38	L*	24,91	0,35	-0,35
a*	-0,07	Δa^*	0,21	a*	-0,28	0,25	-0,25
b*	-0,63	Δb^*	0,06	b*	-0,69	0,25	-0,25
GU	1,2	ΔGU	0,2	GU	1,0	0,2	-0,2

10°; F11 - Označení vzorku				10°; F11 - Označení standardu			
Podokenní profil přední L, šarže: 3333208				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,50	ΔL^*	-0,36	L*	24,86	0,35	-0,35
a*	0,02	Δa^*	0,35	a*	-0,33	0,25	-0,25
b*	-0,72	Δb^*	0,11	b*	-0,83	0,25	-0,25

10°; D65 - Označení vzorku				10°; D65 - Označení standardu			
Podokenní profil přední P, šarže: 3333208				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,51	ΔL^*	-0,40	L*	24,91	0,35	-0,35
a*	-0,08	Δa^*	0,20	a*	-0,28	0,25	-0,25
b*	-0,63	Δb^*	0,06	b*	-0,69	0,25	-0,25
GU	1,2	ΔGU	0,2	GU	1,0	0,2	-0,2

10°; F11 - Označení vzorku				10°; F11 - Označení standardu			
Podokenní profil přední P, šarže: 3333208				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,47	ΔL^*	-0,39	L*	24,86	0,35	-0,35
a*	0,01	Δa^*	0,34	a*	-0,33	0,25	-0,25
b*	-0,72	Δb^*	0,11	b*	-0,83	0,25	-0,25

Zjištěné rozdíly mezi levým a pravým dílem jsou natolik zanedbatelné, že dále bude práce vycházet z výsledků měření pouze levého dílu.

Data, získaná provedeným měřením barvy a lesku prvních sériových dílů (nejen předního podokenního profilu), jsou pak souhrnně vyhodnocena v Tab. 5. U jednotlivých komponentů je barevně vyznačeno, zda požadavek na příslušný hodnocený parametr byl zcela splněn (*zeleně*), částečně splněn (*oranžově*), nebo naopak nevyhovuje požadavkům zákazníka (*červeně*). *Šedivá* barva představuje, že se parametr pro daný výrobek nevyhodnocuje.

Tab. 5 Souhrnné vyhodnocení barvy a lesku prvních sériových dílů

Komponent	ΔL	Δa	Δb	ΔC	ΔH	ΔGU	Komentář
Nosič							
Kapsa							
Podokenní profil přední							Nutná optimalizace parametru ΔL
Podokenní profil zadní							Nutná optimalizace parametru ΔL a lesku.
Loketní opěra - Platinum Grey							
Loketní opěra - X-Blue							Nutná optimalizace parametrů Δa a Δb .
Loketní opěra - Florence Brown							Nutná optimalizace parametrů ΔL a ΔC .

Komponenty, které nevyhověly v plném rozsahu stanovené specifikaci, bylo nutné před zahájením sériové výroby optimalizovat. Optimalizace vzhledu předního podokenního profilu je pak předmětem další kapitoly.

4 Návrh opatření pro odstranění zjištěných odchylek u vzhledově významných položek

Tato část navazuje popisem provedené analýzy zjištěných odchylek v případě předního podokenního profilu. Očekávaným výstupem je pak stanovení konkrétních opatření pro odstranění identifikovaných neshod. Vstupními informacemi do této části práce jsou detailní výsledky měření získané během analýzy výchozího stavu. Řešitelský tým, pro vyhodnocení dostupných dat, představovali zástupci oddělení konstrukce, návrhu výrobních procesů a nástrojů a plánování kvality. Aby bylo v zásadě možné identifikovat kořenovou příčinu a pro ni vhodné nápravné opatření, musí dojít k analýze vstupního materiálu a ke srovnání těchto výsledků s hodnotami zjištěnými po jeho zpracování.

4.1 Analýza kolorimetrických parametrů vstupního materiálu

V provedeném prvním zhodnocení jsou zjištěny odchylky v parametru L^* , konkrétně pak, že díly jsou příliš tmavé. V procesu kaširování dochází k nahřívání a natahování PVC fólie, což má za následek natažení a částečnou deformaci dezénu (viz Obr. 21), který je embosovaný v pohledové části PVC. To má mimo jiné za následek, že se kolorimetrické hodnoty tohoto materiálu jeho zpracováním změň. Tuto teorii potvrzují výsledky měření materiálu, konkrétně pak šarže 3333208, před zpracováním (viz Tab. 6) a po jeho zpracování (viz Tab. 4). Závěr tohoto pozorování je, že dochází k zesvětlení, jelikož odchylka $L^* -1,01$ na materiálu jeho zpracováním vyústí v odchylku na podokenním profilu L^* cca $-0,40$. Odchylka lesku pak klesá z $0,4$ GU na $0,2$ GU. Výsledný díl je blíže, ale přesto mimo specifikaci zákazníka.

Tab. 6 Vyhodnocení PVC fólie šarže 3333208

10°; D65 - Označení vzorku				10°; D65 - Označení standardu			
PVC, první šarže 3333208				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	23,90	ΔL^*	-1,01	L*	24,91	0,35	-0,35
a*	-0,04	Δa^*	0,24	a*	-0,28	0,25	-0,25
b*	-0,87	Δb^*	-0,18	b*	-0,69	0,25	-0,25
GU	1,4	ΔGU	0,4	GU	1,0	0,2	-0,2

10°; F11 - Označení vzorku				10°; F11 - Označení standardu			
PVC, první šarže 3333208				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	23,82	ΔL^*	-1,04	L*	24,86	0,35	-0,35
a*	0,02	Δa^*	0,35	a*	-0,33	0,25	-0,25
b*	-0,90	Δb^*	-0,07	b*	-0,83	0,25	-0,25

Změny kolorimetrických parametrů nelze předem s vysokou mírou spolehlivosti, z důvodu absence dat pro stanovení závislosti, odhadnout. Využitím regresní analýzy po ukončení optimalizace ji sice lze stanovit, avšak s praktickou relevancí pouze pro konkrétní materiál a kaširovaný díl (důvodem je specifický dezén konkrétního materiálu a stejně tak geometrický tvar výlisku, na které se PVC aplikuje). Dodavatel materiálu tak nemůže v rámci své výstupní kontroly hodnotit shodu barvy a lesku na základě cílového barevného standardu pro finální výrobek, ale ve fázi návrhu a vývoje se musí takový standard teprve definovat a ověřit. Nicméně, na úplném začátku dodavatel používá barevný standard finálního dílu, aby se co nejvíce přiblížil cílovým hodnotám a následně po zpracování materiálu začíná proces odlaďování barvy (tzv. Color matching).



Obr. 21 Struktura dezénu PVC fólie před a po zpracování

Výsledky měření materiálu před jeho zpracováním a následně z jím nakaširovaných dílů byly prodiskutovány s dodavatelem a nápravným opatřením v tomto případě je úprava receptury pigmentování materiálu u dodavatele (s cílem upravit parametr L^* o +0,40) a představení nového vzorku materiálu (role PVC o délce cca 300 m). Standardní lhůta pro výrobu nového zkušebního materiálu u tohoto konkrétního dodavatele je řádově 6 až 8 týdnů.

4.2 První optimalizační smyčka

Na základě předchozích ujednání došlo ze strany dodavatele k výrobě nového optimalizovaného vzorku materiálu (PVC fólie – šarže materiálu 3333699). Výsledky měření materiálu vstupní kontrolou GAT jsou uvedeny v Tab. 7, ze které je patrné, že v porovnání s první dodávkou dochází ke snížení odchylky L^* o 0,36 (z původních -1,01 na -0,65), tudíž požadavek na zesvětlení materiálu o 0,40 je z velké části splněn. Bohužel, je ve výsledcích patrné zhoršení parametru Δa^* o 0,04 (původně 0,24; nově 0,28). Dalším neopominutelným faktem je, že Δa^* v případě standardizovaného osvětlení F11 je již zcela mimo toleranční pásmo, včetně „COK“ rozsahu. Tato odchylka je znovu vyhodnocena na nakaširovaném podokenním profilu.

Tab. 7 Vyhodnocení PVC fólie šarže 3333699

10°; D65 - Označení vzorku				10°; D65 - Označení standardu			
PVC, šarže 3333699				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L^*	24,26	ΔL^*	-0,65	L^*	24,91	0,35	-0,35
a^*	0,00	Δa^*	0,28	a^*	-0,28	0,25	-0,25
b^*	-0,78	Δb^*	-0,09	b^*	-0,69	0,25	-0,25
GU	1,3	ΔGU	0,3	GU	1,0	0,2	-0,2

10°; F11 - Označení vzorku				10°; F11 - Označení standardu			
PVC, šarže 3333699				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L^*	24,21	ΔL^*	-0,65	L^*	24,86	0,35	-0,35
a^*	0,10	Δa^*	0,43	a^*	-0,33	0,25	-0,25
b^*	-0,90	Δb^*	-0,07	b^*	-0,83	0,25	-0,25

Tuto optimalizační smyčku (viz Tab. 8) je možné vyhodnotit následovně:

- parametr ΔL^* : (D65; F11): -0,51; -0,50 = **NOK ($|\Delta L^*| > 0,45$)**, tmavší,
- parametr Δa^* (D65; F11): 0,31; 0,47 = **NOK ($|\Delta a^*| > 0,45$)**, červenější,
- parametr Δb^* (D65; F11): 0,01; 0,05 = **OK ($|\Delta b^*| < 0,25$)**, v cílové hodnotě,
- lesk: ΔGU : 0,4 = **NOK ($|\Delta GU| > 0,3$)**, výrazně lesklejší.

Tab. 8 Vyhodnocení podokenního profilu s PVC fólií šarže 3333699

10°; D65 - Označení vzorku				10°; D65 - Označení standardu			
Podokenní profil přední L, šarže: 3333699				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchyłka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,40	ΔL^*	-0,51	L*	24,91	0,35	-0,35
a*	0,03	Δa^*	0,31	a*	-0,28	0,25	-0,25
b*	-0,68	Δb^*	0,01	b*	-0,69	0,25	-0,25
GU	1,4	ΔGU	0,4	GU	1,0	0,2	-0,2

10°; F11 - Označení vzorku				10°; F11 - Označení standardu			
Podokenní profil přední L, šarže: 3333699				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchyłka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,36	ΔL^*	-0,50	L*	24,86	0,35	-0,35
a*	0,14	Δa^*	0,47	a*	-0,33	0,25	-0,25
b*	-0,78	Δb^*	0,05	b*	-0,83	0,25	-0,25

Z naměřených hodnot je patrné zhoršení kolorimetrických parametrů oproti výchozímu stavu, proto lze hodnotit tuto optimalizační smyčku jako neúspěšnou. Výsledky byly předány dodavateli s požadavkem na přípravu nového vzorku materiálu.

4.3 Druhá optimalizační smyčka

Na základě neúspěšné předchozí optimalizační smyčky dodavatel zhotovil nový vzorek materiálu (šarže 3336678) k opětovnému zhodnocení. Výsledky měření barvy a lesku této šarže materiálu uvádí Tab. 9.

Ve srovnání s předchozí šarží 3333699 je možné identifikovat posun parametru ΔL o +0,34 (původně -0,65; nově -0,31). Dále byl zlepšen parametr Δa^* . V případě standardizovaného osvětlení D65 o -0,16 (původně 0,28; nově 0,12), v případě F11 o -0,17 (původně 0,43; nově 0,26).

Tab. 9 Vyhodnocení PVC fólie šarže 3336678

10°; D65 - Označení vzorku				10°; D65 - Označení standardu			
PVC, šarže 3336678				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,60	ΔL^*	-0,31	L*	24,91	0,35	-0,35
a*	-0,16	Δa^*	0,12	a*	-0,28	0,25	-0,25
b*	-0,79	Δb^*	-0,10	b*	-0,69	0,25	-0,25
GU	1,3	ΔGU	0,3	GU	1,0	0,2	-0,2

10°; F11 - Označení vzorku				10°; F11 - Označení standardu			
PVC, šarže 3336678				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,55	ΔL^*	-0,31	L*	24,86	0,35	-0,35
a*	-0,07	Δa^*	0,26	a*	-0,33	0,25	-0,25
b*	-0,92	Δb^*	-0,09	b*	-0,83	0,25	-0,25

Výsledky měření (viz Tab. 10) po nakaširování vzorků lze shrnout následovně:

- parametr ΔL^* (D65; F11): -0,09; -0,09 = **OK** ($|\Delta L^*| < 0,35$), lehce tmavší,
- parametr Δa^* (D65; F11): 0,12; 0,26 = **COK** ($0,25 \leq |\Delta a^*| \leq 0,35$), červenější,
- parametr Δb^* (D65; F11): -0,03; -0,01 = **OK** ($|\Delta b^*| < 0,25$), v cílové hodnotě,
- lesk: ΔGU : 0,1 = **OK** ($|\Delta GU| \leq 0,2$), lehce lesklejší.

Tab. 10 Vyhodnocení podokenního profilu s PVC fólií šarže 3336678

10°; D65 - Označení vzorku				10°; D65 - Označení standardu			
Podokenní profil přední L, šarže: 3336678				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,82	ΔL^*	-0,09	L*	24,91	0,35	-0,35
a*	-0,16	Δa^*	0,12	a*	-0,28	0,25	-0,25
b*	-0,72	Δb^*	-0,03	b*	-0,69	0,25	-0,25
GU	1,1	ΔGU	0,1	GU	1,0	0,2	-0,2

10°; F11 - Označení vzorku				10°; F11 - Označení standardu			
Podokenní profil přední L, šarže: 3336678				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,77	ΔL^*	-0,09	L*	24,86	0,35	-0,35
a*	-0,07	Δa^*	0,26	a*	-0,33	0,25	-0,25
b*	-0,84	Δb^*	-0,01	b*	-0,83	0,25	-0,25

Tuto optimalizační smyčku je možné vyhodnotit jako částečně úspěšnou. Dochází ke správné optimalizaci světlosti (L^*) materiálu tak, aby výsledný nakaširovaný díl odpovídal tolerancím stanovených zákazníkem. Je však třeba věnovat pozornost parametru a^* , který je v případě standardizovaného osvětlení F11 již mimo „OK“ toleranční pásmo. Dodavatel byl vyzván k další optimalizaci, s cílem ponížít parametr a^* o 0,20. Vyhodnocení třetí optimalizační smyčky se věnuje pátá kapitola.

5 Vyhodnocení efektivity realizovaných opatření a uvolnění vzhledu finálního produktu zákazníkem

Předchozí kapitola navrhovala ke zjištěným odchylkám konkrétní nápravná opatření, stejně jako již vyhodnocovala dvě realizované optimalizační smyčky. Předmětem této kapitoly je vyhodnotit efektivnost posledního stanoveného, ale dosud nevyhodnoceného, opatření. Na samotném závěru je vyhodnocen celkový stav barvy a lesku celé dveřní výplně po provedených nápravných opatřeních. Následuje předložení zákazníkovi, tj. výrobnímu záводу Volkswagen Zwickau, k vyhodnocení za účelem uvolnění produktu do sériové výroby.

Realizované aktivity ve vztahu k vzhledově významným položkám probíhaly paralelně s procesem industrializace tohoto projektu ve výrobním podniku GAT, kdy současně docházelo mimo jiné k realizacím modifikací produktu pro odstranění geometrických odchylek, zkouškám výrobních zařízení a ověřovací výrobní sérii s cílem potvrdit připravenost dodavatele na zahájení sériové výroby. Vzhledem k tématu této práce je však podstatné zmínit, že podnik GAT nahradil doposud používaný spektrofotometr Konica Minolta CM-2500c CT novou generací od stejného výrobce s označením CM-25cG s integrovaným leskoměrem. Výsledky měření, které prezentuje tato kapitola, jsou získány již s použitím tohoto nového měřicího přístroje.

5.1 Vyhodnocení realizovaných opatření

V rámci třetí optimalizační smyčky byl ze strany dodavatele dodán materiál s číslem šarže 3341901. Výsledky měření tohoto materiálu před zpracováním jsou uvedeny v Tab. 11. Zadaný cíl pro snížení parametru a^* o 0,2 je z tohoto pohledu splněn. Zbývá tedy ověření výsledku na nakaširovaných dílech po zpracování tohoto materiálu.

Tab. 11 Vyhodnocení PVC fólie šarže 3341901

10°; D65 - Označení vzorku				10°; D65 - Označení standardu			
PVC, šarže 3341901				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,60	ΔL^*	-0,31	L*	24,91	0,35	-0,35
a*	-0,34	Δa^*	-0,06	a*	-0,28	0,25	-0,25
b*	-0,79	Δb^*	-0,10	b*	-0,69	0,25	-0,25
GU	1,3	ΔGU	0,3	GU	1,0	0,2	-0,2

10°; F11 - Označení vzorku				10°; F11 - Označení standardu			
PVC, šarže 3341901				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,55	ΔL^*	-0,31	L*	24,86	0,35	-0,35
a*	-0,29	Δa^*	0,04	a*	-0,33	0,25	-0,25
b*	-0,92	Δb^*	-0,09	b*	-0,83	0,25	-0,25

Měření předních podokenních profilů nakaširovaných PVC fólií z šarže materiálu 3341901 je shrnuto níže. Z něho je zřejmé, že zjištěný posun kolorimetrického parametru a^* na materiálu je patrný i po zpracování tohoto vzorku.

Výsledky měření (viz Tab. 12) po nakaširování vzorků lze interpretovat následovně:

- parametr ΔL^* (D65; F11): -0,09; -0,09 = **OK ($|\Delta L^*| < 0,35$)**,
- parametr Δa^* (D65; F11): -0,08; 0,09 = **OK ($|\Delta b^*| < 0,25$)**,
- parametr Δb^* (D65; F11): -0,03; -0,01 = **OK ($|\Delta b^*| < 0,25$)**,
- lesk: ΔGU : 0,1 = **OK ($|\Delta GU| \leq 0,2$)**.

Tab. 12 Vyhodnocení podokenního profilu s PVC fólií šarže 3341901

10°; D65 - Označení vzorku				10°; D65 - Označení standardu			
Podokenní profil přední L, šarže: 3341901				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,82	ΔL^*	-0,09	L*	24,91	0,35	-0,35
a*	-0,36	Δa^*	-0,08	a*	-0,28	0,25	-0,25
b*	-0,72	Δb^*	-0,03	b*	-0,69	0,25	-0,25
GU	1,1	ΔGU	0,1	GU	1,0	0,2	-0,2

10°; F11 - Označení vzorku				10°; F11 - Označení standardu			
Podokenní profil přední L, šarže: 3341901				Soul L-6PS PVC			
Absolutně		Odchylka		Absolutně		Tolerance	
						MAX	MIN
L*	24,77	ΔL^*	-0,09	L*	24,86	0,35	-0,35
a*	-0,24	Δa^*	0,09	a*	-0,33	0,25	-0,25
b*	-0,84	Δb^*	-0,01	b*	-0,83	0,25	-0,25

Z tohoto důvodu lze třetí optimalizační smyčku považovat za úspěšnou. Odchytky zjištěné ve výchozí analýze jsou v případě předních podokenních profilů účinně odstraněny.

5.2 Uvolnění vzhledu produktu ze strany výrobce automobilu

Sestavy dveřních výplní byly v rámci procesu uvolnění produktu představeny zákazníkovi dle požadavků VDA 2. Související dokumentace zpracována a odeslána skrze k tomu dostupnou aplikaci BeOn v rámci B2B platformy koncernu Volkswagen. Paralelně došlo k odeslání vzorků fyzických dílů výrobnímu záводу Volkswagen Zwickau, aby mohl zákazník provést ověření naplnění kvalitativních požadavků těchto dílů a rozhodnout o jejich uvolnění do sériové výroby.

Výsledky měření barvy a lesku ze strany OEM jsou uvedeny níže v Tab. 13. Z této tabulky je patrné, že všechny díly vyhověly s výjimkou zadních podokenních profilů, kde je hodnota lesku přibližně 2,3 GU, přičemž její horní tolerance je 2,0 GU.

Tab. 13 Souhrnné vyhodnocení barvy a lesku po realizaci nápravných opatření

Komponent	ΔL	Δa	Δb	ΔC	ΔH	ΔGU
Nosič						
Kapsa						
Podokenní profil přední						
Podokenní profil zadní						
Loketní opěrka - Platinum Grey						
Loketní opěrka - X-Blue						
Loketní opěrka - Florence Brown						

Na straně zákazníka byla provedena zástavba předložených vzorků do kompletního vozu a vizuálně posouzeno, zda jsou naměřené odchylky lesku zadních podokenních profilů opticky detekovatelné či nikoliv. Závěrem tohoto vizuálního hodnocení je, že lehce zvýšené hodnoty lesku nejsou ze strany běžného uživatele zjištělné, a navíc vizuální dojem působí harmonicky ve vztahu k navazujícím dílům. OEM proto tuto odchylku akceptoval a mezi zákazníkem, tj. Volkswagen Zwickau, a GAT byl sepsán protokol o uvolnění hraničních vzorků, který je společně s výsledky kolorimetrických měření a fyzickými vzorky po jednom vyhotovení deponován u zákazníka a v GAT.

Realizací všech, nejen v této práci detailně popsanych, nápravných opatření jsou jednotlivé komponenty dveřní výplně ve vztahu k jejich vzhledu optimalizovány do stavu, který je pro zákazníka v rámci uvolňování nového produktu akceptovatelný.

Závěr

V úvodní části shrnula tato závěrečná práce teoretické poznatky z oblasti managementu kvality. Byly představeny jednotlivé fáze pokročilého plánování kvality, které je jednou z klíčových činností v etapě návrhu a vývoje životního cyklu produktu. V dalších kapitolách byla pozornost věnována specifické problematice hodnocení kvality vzhledově významných položek v automobilovém průmyslu.

V dalších kapitolách byly vysvětleny pojmy barva a lesk a představeny v zásadě dva možné způsoby hodnocení vzhledově významných položek. Následně jsou vymezeny pojmy normální kolorimetrický pozorovatel, normální druhy světla a kolorimetrické prostory, které zavedla CIE s cílem standardizovat způsoby měření barvy. Bez tohoto by objektivní hodnocení vzhledu nebylo prakticky možné. Před samotnou analýzou byl pak v další části popsán princip měření barvy a lesku, stejně jako zmíněny různé varianty běžně používané přístrojové techniky, konkrétně pak spektrofotometru a leskoměru a jejich různých geometrických uspořádání.

V praktické části byl představen komplexní produkt dveřní výplně pro vozidlo Volkswagen ID.4, včetně jeho skladby a použitých výrobních procesů. U zvoleného komponentu předního podokenního profilu pak byla provedena výchozí analýza vzhledu prvních dílů vyrobených za sériových podmínek ve výrobním závodě Grupo Antolin Turnov. Zjištěné odchylky, které byly výstupem přístrojového měření barvy a lesku byly okomentovány a doplněny o navržená nápravná opatření. Ta spočívala zejména v úpravě kolorimetrických parametrů vstupního materiálu PVC fólie s následným vyhodnocením barvy a lesku na zhotoveném podokenním profilu. Nápravná opatření byla realizována v několika smyčkách, přesto je samotný postup popsán v této práci s ohledem na její rozsah poněkud zjednodušený.

Bez eliminace zjištěných neshod by v zásadě nebylo možné získat uvolnění vzhledu finálního produktu ze strany výrobce automobilu, které je nezbytným předpokladem pro úspěšné uzavření procesu uvolnění produktu a zahájení sériových dodávek dílů. Poslední optimalizační smyčka předního podokenního profilu byla zhodnocena pozitivně a GAT představil celkově optimalizované dveřní výplně svému zákazníkovi, který předložený stav akceptoval a uvolnil do sériové výroby s hodnocením Note 1, tedy uvolněno bez výhrad. Získané poznatky budou dále sloužit jako Lessons Learned pro budoucí projekty.

Seznam literatury

ANAMET. *Přenosný spektrofotometr CM-2500c /CT* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://www.anamet.cz/prenosny-spektrofotometr-cm-2500c-ct>.

BYK INSTRUMENTS. *Light booth for color critical appraisals* [online]. [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <https://www.byk-instruments.com/en/Color-Control/byko-spectra-LightBooth/Light-booth-for-color-critical-appraisals/c/p-32848>.

ČSJ. *Proces schvalování dílů do sériové výroby (PPAP)*. 4. vyd. Přeložila Ivana PETRAŠOVÁ. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. ISBN 80-02-01833-8.

ČSJ. *Moderní plánování kvality produktů (APQP) a plán kontroly a řízení*. 2. vydání, Praha: Česká společnost pro jakost, 2009. ISBN 978-80-02-02142-1.

ČSJ. *FMEA podle VDA, zvláštní charakteristiky*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2015.

ČSN 01 1718. *Měření barev*. Vydavatelství norem, Praha 10 – Hostivař, 1990.

ČSN EN ISO 9000:2016. *Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník*. Praha: ÚNMZ, 2016a.

ČSN EN ISO 9001:2016. *Systémy managementu kvality – Požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2016b.

ČSN EN ISO/CIE 11664-1. *Kolorimetrie – Část 1: Normální kolorimetrický pozorovatel CIE*. Praha: ÚNMZ, 2020a.

ČSN EN ISO/CIE 11664-2. *Kolorimetrie – Část 2: Normální druhy světla CIE*. Praha: ÚNMZ, 2011.

ČSN EN ISO/CIE 11664-3. *Kolorimetrie – Část 3: CIE trichromatické složky*. Praha: ÚNMZ, 2020b.

ČSN EN ISO/CIE 11664-4. *Kolorimetrie – Část 4: Kolorimetrický prostor CIE 1976 $L^*a^*b^*$* . Praha: ÚNMZ, 2020c.

DOHNAL, M. *Barevné vidění: kolorimetrie*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2019. ISBN 978-80-7560-246-6.

FILIP, L. *Efektivní řízení kvality*. Praha: Pointa, 2019. ISBN 978-80-907-5305-1.

IATF 16949. *Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations*. IATF, 2016.

KONICA MINOLTA. *Precise color communication: color control from perception to instrumentation* [online]. Japonsko: Konica Minolta, 2007 [cit. 2021-10-07]. Dostupné z: <https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/>.

KŘEČEK, S. *Zajišťování kvality před sériovou výrobou: uvolnění výrobního procesu a produktu (PPF)*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2020. ISBN 978-80-02-02909-0.

MEDITORIAL. *Anatomie oka – obrázkový průvodce* [online]. 2021 [cit. 2021-11-17]. Dostupné z: <https://www.zeleny-zakal.cz/jak-vidime>.

NENADÁL, J. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.

NENADÁL, J. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press, 2018. ISBN 978-80-7261-561-2.

QUALITY-ONE. *FMEA – Failure Mode and Effects Analysis* [online]. 2021 [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://quality-one.com/fmea/>.

REICHL, J. *Encyklopedie fyziky – Stavba oka* [online]. 2006 [cit. 2021-11-17]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/index.php/main.article/view/486-stavba-oka>.

RHOPOINT INSTRUMENTS. *Glossmeters* [online]. 2017 [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://www.rhopointinstruments.com/faqs/why-buy-an-iq-not-a-glossmeter/>.

SCHNETTLER TECHNOLOGIES. *Zehntner ZGM 1120* [online]. [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: <https://schnettler-technologies.de/en/produkt/zehntner-zgm-1120/>.

STAMATIS, D. *Advanced Product Quality Planning The Road to Success*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2021. ISBN 978-1-138-39458-2.

UMEDA, M. *Seven Key Factors for Success on TQM*. Tokio: Japanese Standards Association, 1993. ISBN 4-542-50416-6.

VIK, M. *Colorimetry in textile industry*. Liberec: VÚTS, 2017. ISBN 978-80-87184-65-3.

VOLKSWAGEN. *VW 50190: Vehicle Interior Equipment Components – Measurement-Based Evaluation of Color and Gloss Level, Visual Evaluation of Chrome Surfaces*. Wolfsburg: Volkswagen, 2017.

VTEKE. *CIE Standard Observers and CIE X, Y, Z color values* [online]. [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://vteke.com/cie-standard-observers-cie-x-y-z-color-values/>.

X-RITE. *Farnsworth-Munsell 100 Hue and Color Test* [online]. [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <https://www.xrite.com/categories/visual-assessment-tools/fm-100-hue-test>.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1	Koncepce managementu kvality.....	12
Obr. 2	Počet odhalených závad a náklady na jejich odstranění ve fázi APQP	17
Obr. 3	Plánování kvality produktu podle metodiky APQP	19
Obr. 4	Příklad vazeb v QFD	21
Obr. 5	Dopad použití metody FMEA na náklady nápravných opatření.....	22
Obr. 6	Světlostní kabina	30
Obr. 7	Vizuální hodnocení pomocí světelné komory	31
Obr. 8	Standardní 2° a doplňkový 10° pozorovatelé	33
Obr. 9	Diagram chromatičnosti CIE 1931 xy	35
Obr. 10	Kolorimetrický prostor CIE L*a*b*	36
Obr. 11	Geometrie kolorimetrických prostorů CIELab a CIELCh.....	36
Obr. 12	Základní schéma spektrofotometru	37
Obr. 13	Systém měření spektrálního činitele rozptýlného odrazu	38
Obr. 14	Rozložení zdroje osvětlení	38
Obr. 15	Systém měření celkového spektrálního činitele odrazu.....	39
Obr. 16	Geometrie pro měření lesku	40
Obr. 17	Přední dveřní výplň.....	47
Obr. 18	Zadní dveřní výplň.....	47
Obr. 19	Spektrofotometr Konica Minolta CM-2500c CT	50
Obr. 20	Leskoměr Zehntner ZGM 1120	50
Obr. 21	Struktura dezénu PVC fólie před a po zpracování.....	54

Seznam tabulek

Tab. 1 Přínosy systému managementu kvality pro zainteresované strany	15
Tab. 2 Tolerance pro měření barvy dle VW 50190	44
Tab. 3 Přehled materiálů a výrobních technologií	48
Tab. 4 Vyhodnocení podokenního profilu s PVC fólií šarže 3333208.....	51
Tab. 5 Souhrnné vyhodnocení barvy a lesku prvních sériových dílů.....	52
Tab. 6 Vyhodnocení PVC fólie šarže 3333208.....	54
Tab. 7 Vyhodnocení PVC fólie šarže 3333699.....	55
Tab. 8 Vyhodnocení podokenního profilu s PVC fólií šarže 3333699.....	56
Tab. 9 Vyhodnocení PVC fólie šarže 3336678.....	57
Tab. 10 Vyhodnocení podokenního profilu s PVC fólií šarže 3336678.....	57
Tab. 11 Vyhodnocení PVC fólie šarže 3341901	60
Tab. 12 Vyhodnocení podokenního profilu s PVC fólií šarže 3341901.....	61
Tab. 13 Souhrnné vyhodnocení barvy a lesku po realizaci nápravných opatření .	62

Seznam příloh

Příloha 1 Zpráva o schválení vzhledu	70
Příloha 2 Vnímání barvy	71
Příloha 3 Test barvocitu	73
Příloha 4 CIE trichromatické složky	74
Příloha 5 Barevný standard ve formě plastové destičky	76
Příloha 6 Příklad protokolu o měření barvy	77
Příloha 7 Tolerance barvy dle VW 50190	78
Příloha 8 Jiné specifické požadavky koncernu Volkswagen.....	79

Příloha 1 Zpráva o schválení vzhledu



Appearance Approval Perceived Material Quality

Part Identity: (filled in by supplier)

Part number:	31479199/31479201
Reference/Batch no:	R&R
Date:	10.01.2018

General Information: (filled in by Design Engineer/Supplier)

Document version 2017-01-17

Part name:	A-Pillar Lower LH-RH		
Project:	V432	Supplier:	Grupo Antolin Turnov
Master number:	31435446	Colour:	Charcoal Solid
Engineer/KU:		Phone number:	

Process Parameters: (filled in by supplier, only injection moulded parts)

Material (trade name, grade): ABS Novodur GP-22 Q459 (Terluran) Charcoal solid / Blond	Temperature		Injection		Packing	
	Tool:	Melt:	Pressure:	Time:	Pressure:	Time:
	40°C	270°C	180 bar	5,6 s	50 bar	8 s

Appearance Measurements: (filled in by supplier)

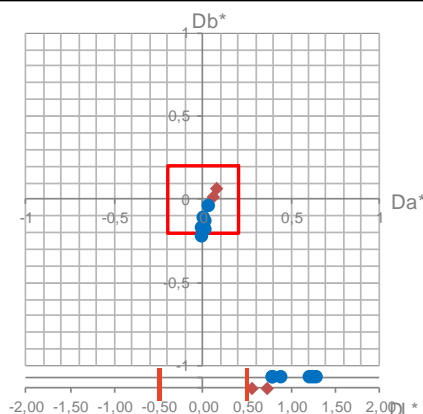
Colour measurements:	DL*	Da*	Db*	DC	DH
1	0,56	0,08	0,07	-0,10	0,04
2	0,73	0,06	0,02	-0,04	0,02
3					
Gloss value:	RH = 2,0 ÷ 2,1; LH = 1,9 ÷ 2,2				
Equipment used:	Konica Minolta CM-2500c				

Visual Assessment: (filled in by supplier)

Colour:	darker
Gloss:	OK
Grain:	OK
Touch & feel:	OK
Comments/ improvements:	GAT part

Appearance Measurements: (filled in by VCC, 91350)

Colour equipment:	Datacolor Microflash				
Colour measurements:	DL*	Da*	Db*	DC	DH
LH	0,79	0,03	-0,03		
LH	0,88	0,01	-0,12		
LH	0,78	0,00	-0,10		
RH	1,25	-0,01	-0,16		
RH	1,21	0,01	-0,17		
RH	1,29	-0,01	-0,21		
Gloss equipment:	Zehntner				
Gloss value:	LH) 1,9 2,2 1,9 2,1 RH) 1,9 2,1 2,1 2,2				
Master gloss value:	2,5				
Gloss tolerance:	Choose grain	Value:		Colour tolerance:	Interior; Charcoal/Charcoal Solid



Visual Assessment: (filled in by VCC, 91350)

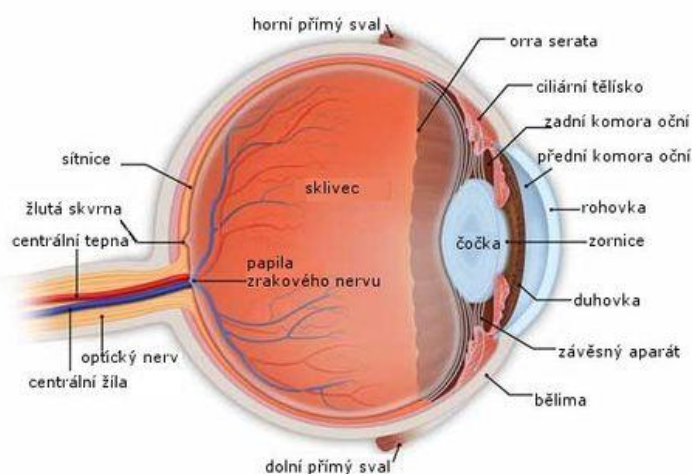
Colour:	D65	A	CWF /F02
Gloss:	OK		
Grain:	Slightly low, but OK.		
Touch & feel:	OK	N/A	
Comments:	Matt spot at intake, Must not be worse.		
Assessment:	Approved <input checked="" type="checkbox"/>	Not Approved <input type="checkbox"/>	Assessment performed by: _____ Date: 26.01.2018

Zdroj: (Grupo Antolin Turnov, 2020)

Příloha 2 Vnímání barvy

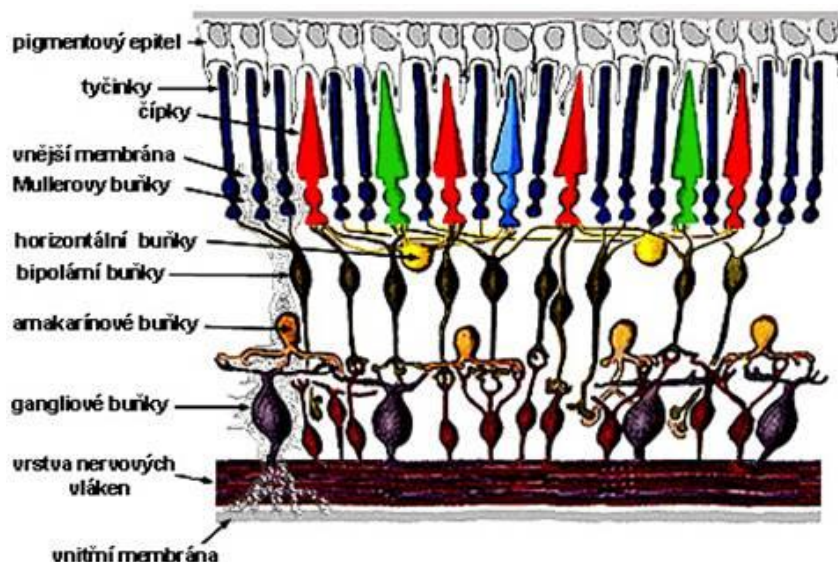
Lidské oko vidí pouze ty barvy, které se odrážejí. Barva fyzikálních předmětů je proto určena pohltivostí elektromagnetických vln na různé frekvenci. V souhrnu, z fyzikálního hlediska je barva určena délkou elektromagnetických vln, jimiž se šíří světlo. Z fyziologického hlediska dochází k míšení barev na sítnici oka (viz Obr. P1).

Vjem barvy vzniká až analýzou jistých podnětů v lidském mozku. Jedná se o signály z fotoreceptorů, které jsou stimulovány světlem na ně dopadajícím. Fotoreceptory, kterým se říká tyčinky, vnímají jas při nízkých intenzitách osvětlení a de facto vidí černobíle. Dalšími fotoreceptory jsou čípky, které jsou ve třech druzích. První je citlivý na červenou, druhý na zelenou a třetí na modrou oblast viditelného záření (viz Obr. P2). Rozložení fotoreceptorů na sítnici oka je taková, že největší koncentrace se nachází v centrální části sítnice zvané fovea. Tato oblast neobsahuje žádné tyčinky a je odpovědná za nejlepší vjem barev a detailů. S postupně se zvětšující vzdáleností od této centrální části prudce klesá počet čípků a postupně vzrůstá zastoupení tyčinek.



Zdroj: (MeDitorial, 2021)

Obr. P1 Horizontální řez okem



Zdroj: (Reichl, 2006)

Obr. P2 Struktura sítnice lidského oka

Sluneční paprsky za jasného dne jsou zastoupeny všemi frekvencemi viditelného spektra, zjednodušeně tedy obsahují všechny barvy duhy smíchané dohromady. Tato směs je známá jako bílé světlo. Když bílé světlo dopadá na bílou pastelku, jeví se nám jako bílé, protože fyzicky neabsorbuje žádnou barvu a odráží všechny barvy stejně. Černá pastelka pohltí naopak všechny barvy nediskriminovaně a žádnou neodráží, takže nám připadá černá, přičemž částečné pohlcení na všech úrovních vlnových délek vnímáme jako šedou. Zatímco umělci považují černou za barvu, vědci nikoliv, protože černá je pouze absencí všech barev, což je základem rozdílu mezi aditivním a subtraktivním míšením barev. Avšak toto by byl zdroj záření značně idealizovaný, skutečné jsou vždy jistým způsobem nevyvážené. Pokud by na bílou pastelku bylo svíceno červeným světlem, bude se nám zdát jako červená, jelikož frekvence, které na předmět nedopadají se samozřejmě ani nemohou odrazit.

Příloha 3 Test barvocitu

Jedním ze způsobů, jak tohoto dosáhnout je prokázat testem barvocitu, že je pracovník schopen přesně rozeznávat a rozlišovat barvy. Nejčastěji používaným kvantitativním testem je Farnsworth-Munsell 100 Hue Test (viz Obr. P3). Ten umí odhalit a popsat případné poruchy barvocitu. Test sestává ze čtyř jedinečných krabiček obsahujících terče různých odstínů, přičemž každá krabička má na svém jednom konci jeden pevný referenční terč. Ostatní terče ze stejného boxu je třeba manuálně seřadit tak, aby na sebe měnící se odstíny postupně a správně navazovaly. Pro dosažení co nejpřesnějších výsledků se doporučuje, aby byl test prováděn v prostředí s co nejideálnější simulací průměrného denního světla. Vyhodnocení testu je možné díky faktu, že barevné terče jsou na spodní straně očíslovány, čímž je možné výsledky porovnat s klíčem, případně je možné použít pro vyhodnocení software. Čím více odpovídá pořadí seřazených terčů správnému pořadí, tím přesnější je barevné vnímání testovaného jedince. Pracovníci identifikováni ke kontrole vzhledově významných položek by měli v testu získat skóre ≤ 40 a měli by být testováni opakovaně, ideálně v ročních intervalech.



Zdroj: (X-Rite Color, 2021)

Obr. P3 Farnsworth Munsell 100 Hue Test

Příloha 4 CIE trichromatické složky

K vyjádření chromatičnosti a kolority jako číselné charakteristiky barvy světla a předmětů se používá trichromatické soustavy (Vydavatelství norem, 1990). V kolorimetrické trichromatické soustavě lze v podstatě adičním mísením tří vhodně zvolených měrných barevných podnětů („základních světel“) soustavy vzbudit vjem kterékoliv barvy. Kolorimetrická množství těchto měrných podnětů jsou přitom měřítkem, jímž lze charakterizovat danou barvu. Ta se vystihuje buď množstvím tří barevných podnětů – trichromatickými složkami, nebo jejich poměrem – trichromatickými souřadnicemi. Norma ČSN EN ISO/CIE 11664-3:2020 proto v kapitole 5.2 uvádí, že stanovení trichromatických složek je definováno jako funkce pro vlnové délky v rozmezí od 360 do 830 nm s rozlišením 1 nm. Dle ÚNMZ (2020b), pro zohlednění záření o různých vlnových délkách se trichromatické složky počítají integrací napříč celým spektrem (viz v1, v2 a v3).

$$X = k \int_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \quad (v1)$$

$$Y = k \int_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad (v2)$$

$$Z = k \int_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \quad (v3)$$

Přičemž $\varphi_{\lambda}(\lambda)$ je funkce uvažovaného barevného podnětu. $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ jsou funkce pro vyrovnání barev. k je normalizační konstanta.

Nicméně jak bylo uvedeno výše, integrujeme hodnoty v definovaném intervalu vlnových délek, a proto je možné výše uvedené funkce převést formou sumace, jako je uvedeno ve vzorcích v4, v5 a v6.

$$X = k \sum_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda \quad (v4)$$

$$Y = k \sum_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda \quad (v5)$$

$$Z = k \sum_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda \quad (\text{v6})$$

Protože k plnému vystižení vjemu barvy jsou třeba tři čísla, je k adekvátnímu zobrazení třeba použít trojrozměrné prostorové zobrazení – kolorimetrického prostoru XYZ. Orientace kolorimetrického prostoru je určena třemi vzájemně kolmými osami, na které se vynášejí hodnoty trichromatických složek X,Y,Z. Prostorové vyobrazení není moc praktické, a proto se pro geometrické zobrazení používá rovinný řez kolorimetrickým prostorem, který představuje kolorimetrický trojúhelník zvaný chromatický diagram xy (viz Obr. 9). V tomto diagramu je chromatičnost určena dvěma souřadnicemi, které postačují k možnosti popsat barevné vlastnosti. Pro možnost vykreslení je zapotřebí plošných trichromatických souřadnic, ty je možné získat z jednotlivých trichromatických složek za použití vztahů (viz v7, v8 a v9).

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (\text{v7})$$

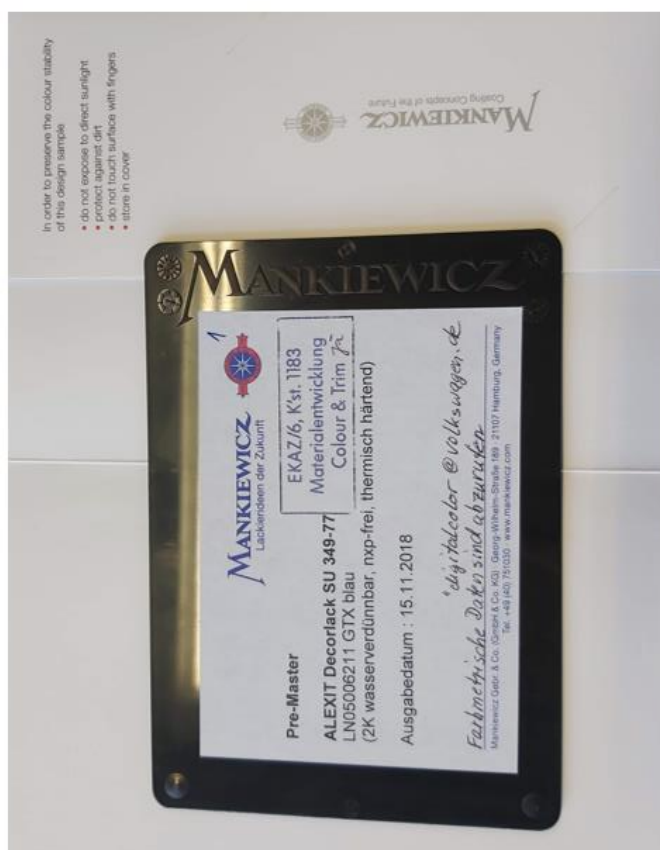
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (\text{v8})$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad (\text{v9})$$

Nicméně souřadnici z není třeba počítat, protože její hodnotu lze odvodit ze vztahu (viz v10).

$$x + y + z = 1 \quad (\text{v10})$$

Příloha 5 Barevný standard ve formě plastové destičky



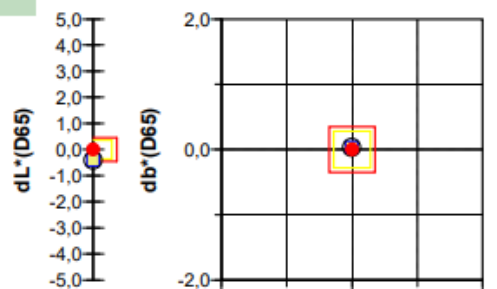
Zdroj: (Grupo Antolin Turnov, 2020)

Příloha 6 Příklad protokolu o měření barvy

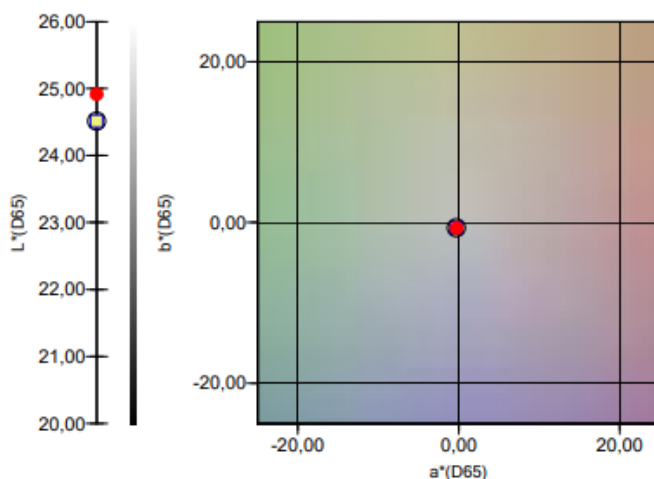
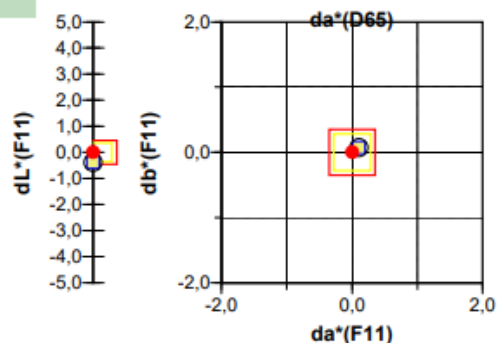
Grupo Antolin Turnov s.r.o.

Project: VW316 **Material:** PVC Soul
Part name: Bruestung / Bruestung **Batch:** PVC 9981
Part version: VoLi / LP **Production date:** 26.08.2020
Component TGS: N/A **Assembly TGS:** N/A

Sample name (D65)		Target name	
9981 VoLi 1		L-6PS Soul genarbt	
L* = 24,51	dL* = -0,40	L* = 24,91	
a* = -0,28	da* = -0,01	a* = -0,28	
b* = -0,66	db* = 0,03	b* = -0,69	
dE*ab (D65) = 0,41		COND	



Sample name (f11)		Target name	
9981 VoLi 1		L-6PS Soul genarbt	
L* = 24,47	dL* = -0,38	L* = 24,86	
a* = -0,22	da* = 0,10	a* = -0,33	
b* = -0,76	db* = 0,07	b* = -0,83	
dE*ab (F11) = 0,40		COND	



Comment:

Measurement has been carried out according standard VW 50190, rev. 2017.
 FAIL = Note 6, COND = Note 3, PASS = Note 1

Zdroj: (Grupo Antolin Turnov, 2020)

Příloha 7 Tolerance barvy dle VW 50190

Barevný odstín	„OK“ rozsah	„COK“ rozsah	„NOK“ rozsah
	textilie necitlivé na kartáčování		
nerozlišuje se	$ \Delta L^* \leq 0,7$ $ \Delta a^* \leq 0,3$ $ \Delta b^* \leq 0,3$	$0,8 \leq \Delta L^* \leq 0,9$ $0,4 \leq \Delta a^* \leq 0,5$ $0,4 \leq \Delta b^* \leq 0,5$	$ \Delta L^* \geq 1,0$ $ \Delta a^* \geq 0,6$ $ \Delta b^* \geq 0,6$
	textilie citlivé na kartáčování bez struktury		
nerozlišuje se	$ \Delta L^* \leq 0,9$ $ \Delta a^* \leq 0,3$ $ \Delta b^* \leq 0,3$	$1,0 \leq \Delta a^* \leq 1,2$ $0,4 \leq \Delta a^* \leq 0,5$ $0,4 \leq \Delta b^* \leq 0,5$	$ \Delta L^* \geq 1,3$ $ \Delta a^* \geq 0,6$ $ \Delta b^* \geq 0,6$
	výrobky netextilní, nebo bez textilních povrchů		
Černé a hnědé barvy	$ \Delta L^* < 0,35$ $ \Delta a^* < 0,25$ $ \Delta b^* < 0,25$	$0,35 \leq \Delta L^* \leq 0,45$ $0,25 \leq \Delta a^* \leq 0,35$ $0,25 \leq \Delta b^* \leq 0,35$	$ \Delta L^* > 0,45$ $ \Delta a^* > 0,35$ $ \Delta b^* > 0,35$
Šedé barvy	$ \Delta L^* < 0,45$ $ \Delta a^* < 0,25$ $ \Delta b^* < 0,25$	$0,45 \leq \Delta L^* \leq 0,55$ $0,25 \leq \Delta a^* \leq 0,35$ $0,25 \leq \Delta b^* \leq 0,35$	$ \Delta L^* > 0,55$ $ \Delta a^* > 0,35$ $ \Delta b^* > 0,35$
Béžové a modré barvy	$ \Delta L^* < 0,45$ $ \Delta a^* < 0,25$ $ \Delta b^* < 0,35$	$0,45 \leq \Delta L^* \leq 0,55$ $0,25 \leq \Delta a^* \leq 0,35$ $0,35 \leq \Delta b^* \leq 0,45$	$ \Delta L^* > 0,55$ $ \Delta a^* > 0,35$ $ \Delta b^* > 0,45$
Zelené barvy	$ \Delta L^* < 0,45$ $ \Delta a^* < 0,35$ $ \Delta b^* < 0,25$	$0,45 \leq \Delta L^* \leq 0,55$ $0,35 \leq \Delta a^* \leq 0,45$ $0,25 \leq \Delta b^* \leq 0,35$	$ \Delta L^* > 0,55$ $ \Delta a^* > 0,45$ $ \Delta b^* > 0,35$
Červené barvy	$ \Delta L^* < 0,35$ $ \Delta C^* < 0,40$ $ \Delta H^* < 0,25$	$0,35 \leq \Delta L^* \leq 0,50$ $0,40 \leq \Delta C^* \leq 0,55$ $0,25 \leq \Delta H^* \leq 0,35$	$ \Delta L^* > 0,50$ $ \Delta C^* > 0,55$ $ \Delta H^* > 0,35$

Zdroj: (Volkswagen, 2017)

Tolerance pro textilie jsou na rozdíl od tolerancí pro netextilní výrobky uvedené s jedním desetinným místem. V tomto případě norma stanoví, že výsledek měření textilních vzorků je třeba zaokrouhlovat právě na jedno desetinné místo a to tak, že pokud je hodnota na druhém desetinném místě <5 , zaokrouhluje se dolů, naopak pokud je druhé desetinné místo ≥ 5 , zaokrouhluje se nahoru.

Příloha 8 Jiné specifické požadavky koncernu Volkswagen

Specifické požadavky jednotlivých značek koncernu Volkswagen jsou publikovány prostřednictvím B2B Extranetu VW Group Supply. Aktuálně z pohledu měření barvy pro značku Volkswagen neexistují žádné specifické požadavky vyjma již uvedených. V případě specifických požadavků značky ŠKODA AUTO a.s. je namíste upozornit na existenci dokumentu „Rámcové podmínky pro laboratoř ve ŠKODA AUTO a.s.“. Ten byl vydán 26. května 2021 a hned na samotném úvodu je řečeno, že pro měření barevného odstínu a lesku interiérových dílů je požadováno použití konkrétního měřicího zařízení. V tomto případě je požadováno použití spektrofotometru od společnosti Konica Minolta, modelu CM-25cG společně se softwarem Colibri. Tento spektrofotometr obsahuje navíc v porovnání s předchozí generací (Konica Minolta CM2500c-CT) integrovaný leskoměr s úhlem měření 60°. Jedním z podstatných rozdílů mezi těmito dvěma přístroji je i změna geometrie zdroje osvětlení (viz Obr. 14). Původní používal geometrii kruhového osvětlení. Oproti tomu nový model již používá vícebodové osvětlení. Jakožto poslední, s příchodem nové generace začal výrobce používat novou generaci BCRA dlaždic²⁷. Ostatní značky koncernu v době psaní této práce žádné konkrétní doplňující požadavky nemají a maximálně se jedná o doporučení, aby pro měření barvy byl použit spektrofotometr od společnosti Konica Minolta. Je zcela namíste doporučení s každým novým projektem prověřit, zda není nějaký specifický požadavek například uveden v technické specifikaci (LAH), protože případná investice do nového vybavení není zanedbatelná.

²⁷ BCRA = British Ceramic Research Association (dlaždice určené k ověřování přesnosti měření spektrofotometru)

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Martin Meško		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	6208R186 Podniková ekonomika a řízení provozu, logistiky a kvality		
NÁZEV PRÁCE	METODY HODNOCENÍ KVALITY VZHLEDOVĚ VÝZNAMNÝCH POLOŽEK V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. et Ing. Martin Folta, Ph.D.		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2021
POČET STRAN	81		
POČET OBRÁZKŮ	21		
POČET TABULEK	13		
POČET PŘÍLOH	8		
STRUČNÝ POPIS	<p>Bakalářská práce se zabývá problematikou vzhledově významných položek v automobilovém průmyslu. Na samotném začátku stručně shrne teoretické poznatky z oblasti managementu kvality, plánování kvality nového produktu a způsoby uvolňování produktu do sériové výroby včetně postupů pro schvalování vzhledu. V další části je vysvětlen pojem vzhledově významná položka. Jsou shrnuty obecné požadavky dle standardu IATF 16949 a pak jsou uvedeny specifické požadavky zákazníka (koncernu Volkswagen). Práce pokračuje představením dostupných metod pro hodnocení vzhledu (konkrétně pak měření barvy a lesku). Následně je v této práci popsána realizovaná analýza výchozího stavu a posouzení shody ve vztahu k požadavkům zákazníka. Zjištěné odchylky jsou analyzovány a jsou představena konkrétní nápravná opatření. Po jejich realizaci bylo provedeno vyhodnocení jejich efektivnosti.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	<p>Kolorimetrie, Proces životního cyklu výrobku, Uvolnění do sériové výroby, Měření barvy a lesku, Rozdíl barev, Barva, Lesk, Kvalita, Pokročilé plánování kvality produktu</p>		

ANNOTATION

AUTHOR	Martin Meško		
FIELD	6208R186 Business Administration and Operations, Logistics and Quality Management		
THESIS TITLE	Methods of quality assessment of appearance items in the automotive industry		
SUPERVISOR	Ing. et Ing. Martin Folta, Ph.D.		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2021
NUMBER OF PAGES	81		
NUMBER OF PICTURES	21		
NUMBER OF TABLES	13		
NUMBER OF APPENDICES	8		
SUMMARY	<p>This bachelor thesis deals with the matter of appearance items in the automotive industry. At the very beginning, it briefly summarizes theoretical knowledge in quality management, quality planning for new product and methods used for validation of such product into serial production, including procedures for appearance approval. The next section explains the meaning of appearance item. General requirements according to the IATF 16949 standard are summarized and then customer specific requirements (Volkswagen Group) are explained. The thesis continues with the introduction of available methods for appearance evaluation (especially colour and gloss measurements). Subsequently, this thesis describes initial analysis outcomes and assess conformity of results against customer requirements. Detected deviations are analysed and specific counter measures are defined. After their implementation, an evaluation of their effectiveness was made.</p>		
KEY WORDS	<p>Colorimetry, Product life cycle process, Approval into series production, Quality, Colour difference, Colour and gloss evaluation, Gloss, Colour, Advanced Product Quality Planning</p>		