

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta

**Vnímání retroreflexe svislého dopravního
značení za tmy řidičem**
diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. David Marčev, PhD.

Diplomant: Petr Blažek

PRAHA 2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Petr Blažek

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Vnímání retroreflexe svislého dopravního značení za tmy řidičem

Název anglicky

Perception of retroreflection of vertical traffic signage in the dark by the driver

Cíle práce

Diplomová práce je tématicky zaměřena na vnímání retroreflexe svislého dopravního značení za tmy řidičem.

Hlavním cílem diplomové práce je provést měření retroreflexe folií používaných na svislé dopravní značení a jejího vnímání za tmy řidičem.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce – návrh postupů získávání dat
4. Přehled řešené problematiky
5. Vlastní zpracování – měření retroreflexe folií
6. Výsledky a diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

retroreflexe, svislé dopravní značení, bezpečnost

Doporučené zdroje informací

KOČÁRKOVÁ D., KOCOUREK J., JACURA M.: Základy dopravního inženýrství. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04233-5, 142 s.

RUNE E., et al.: The handbook of road safety measures. 2nd ed. Bingley, UK: Emerald, 2009. ISBN 9781848552500.

RŮŽIČKA M.: průběžně aktualizované přednášky Dopravní inženýrství, Moodle TF ČZU v Praze, <http://moodle.tf.czu.cz> (22. 1. 2018)

SLABÝ P., UHLÍK M., HAVLÍČEK T.: Dopravní inženýrství I. 2., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 9788001048566.

SLINN M., GUEST P., MATTHEWS P.: Traffic Engineering Design, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005, Oxford, 2. ed., ISBN 0-7506-5865-7, 232 p.

Technické podmínky a další materiály viz <http://www.pjpk.cz> (22. 1. 2018)

Zákon č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích v platném znění

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. David Marčev, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 26. 1. 2018

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 26. 02. 2019

Abstrakt: Cílem této diplomové práce bylo určit rychlost degradace retroreflexe u svislého dopravního značení. V kapitole „Přehled řešené problematiky“ je tento pojem podrobně vysvětlen a spolu s ním je zde také charakterizováno svislé dopravní značení a jeho rozdělení. Dále v kapitole „Vlastní zpracování – měření retroreflexe fólií“ jsou uvedeny výsledky měření a jejich jednotlivá porovnání. Postup samotného měření vycházel z kapitoly „Metodika práce“ a jednotlivé kroky tak odpovídají této kapitole. V závěru práce jsou shrnuty nejdůležitější výsledky experimentu a také jsou zde uvedena doporučení pro tuto problematiku do budoucna.

Klíčová slova

Retroreflexe, svislé dopravní značení, bezpečnost

Perception of retroreflection of vertical traffic signage in the dark by the driver

Summary: The aim of this thesis was to determine the rate of retroreflection degradation in vertical traffic signs. In the chapter "Overview of solved issues" this term is explained in detail and along with it there is also characterized vertical traffic signs and its distribution. Further, in the chapter "Self-Processing - Retroreflective Foil Measurement", the measurement results and their individual comparisons are presented. The procedure of the measurement itself was based on the chapter "Work Methodology" and the individual steps correspond to this chapter. In the end of the thesis, the most important results of the experiment are summarized as well as the recommendations for this issue are presented.

Key words: Retroreflection, vertical traffic signage, safety

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma vnímání retroreflexe svislého dopravního značení za tmy řidičem vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 31.3.2019

.....
Petr Blažek

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Ing. Davidu Marčevovi, PhD. za odborné vedení práce, věcné připomínky, cenné rady a ochotu při konzultování práce.

Obsah

Úvod	1
2 Cíl práce.....	2
3 Metodika práce - návrh postupů získání dat.....	3
3.1 Měření součinitele retroreflexe vybraných vzorků	3
3.2 Vyhodnocení naměřených hodnot	4
3.3 Vizuální porovnání vzorků s naměřenými hodnotami.....	4
4 Přehled řešené problematiky	6
4.1 Pojem retroreflexe.....	6
4.2 Druhy používaných fólií	8
4.2.1. Balotinové	8
4.2.2. Mikroprizmatické	9
4.3 Možnosti výroby fólií	10
4.4. Rozdělení fólií dle součinitele retroreflexe R_A	10
4.4.1 Třída RA 1	12
4.4.2 Třída RA 2.....	12
4.4.3 Třída RA 3.....	13
4.5 Umisťování značení z hlediska retroreflexe	14
4.6 Měření retroreflexe	14
4.7 Budoucnost měření retroreflexe	15
4.8 Definice svislého dopravního značení	17
4.8.1. Dělení dle provedení	17
4.8.2. Dělení dle významu.....	18
4.8.2.1. Kategorie A - výstražné.....	18
4.8.2.2. Kategorie P - upravující přednost.....	19
4.8.2.3 Kategorie B - zákazové.....	20
4.8.2.4 Kategorie C - příkazové.....	20
4.8.2.5 Informativní	21
4.8.3. Vlastnosti a náležitosti SDZ.....	22
4.8.3.1. Rozměry značek	22
4.8.3.2. Zvýraznění značení.....	23
4.8.3.3 Konstrukce SDZ	24
4.8.3.4 Nosné konstrukce	25
4.8.4 Pravidla umisťování SDZ.....	27
4.8.4.1 Požadavky na boční umístění.....	27
4.8.4.2 Požadavky na výškové umístění.....	28

4.8.4.3 Požadavky na směrové umístění	30
4.8.4.4. Vzdálenost mezi značeními	30
4.8.4.5 Uspořádání SDZ	31
4.8.4.6 Platnost	31
4.8.4.7 Údržba	32
4.9 Vnímání barev.....	32
4.10 Psychologie.....	34
5 Vlastní zpracování - měření retroreflexe fólií	35
5.1 Výsledky měření bílých fólií	35
5.2 Výsledky měření červených fólií.....	38
5.3 Výsledky měření modrých fólií	40
5.4 Výsledky měření zelených fólií	42
5.5 Porovnání výsledků všech barev dle jednotlivých tříd	43
5.5.1 Třída RA 1.....	43
5.5.2 Třída RA 2.....	44
5.5.3 Třída RA 3.....	45
5.6 Vizuální porovnání vzorků s naměřenými hodnotami.....	46
5.7 Vyhodnocení vnímání retroreflexe za tmy	47
5.7.1 Sada OR 5710 modrá	48
5.7.2 Sada OR 5710 červená.....	49
5.7.4 Sada 3M EGP modrá.....	50
5.7.5 Vzorek 3M EGP červený	51
6 Výsledky a diskuze.....	52
7 Závěr.....	53
8 Seznam použitých zdrojů	55
Seznam souborů na CD	58
Seznam obrázků.....	59
Seznam tabulek.....	60
Seznam grafů	60
9 Přílohy	61
Příloha 1	61
Příloha 2.....	62
Příloha 3	63
Příloha 4.....	64
Příloha 5.....	65
Příloha 6.....	66

Úvod

S rostoucí intenzitou automobilové dopravy souvisí také zvýšené nároky na kvalitu dopravní infrastruktury a jejího příslušenství. Příkladem tohoto příslušenství, které je pro efektivní a plynulý provoz nezbytné, je svislé dopravní značení – zkráceně též SDZ. Toto již zmíněné značení se podél komunikací vyskytuje ve stále větší hustotě, což dokládá zejména jeho významnost, ale také nároky na jeho správné umístění a především také funkci. Umístěním se rozumí hlavně výška, vzdálenost od vozovky a správné ukotvení z hlediska směru. Správnou funkcí je myšleno připevnění, dostatečná činná plocha, srozumitelnost a dobrá viditelnost značení jak ve dne tak především za tmy. Zmíněnou viditelnost zaručuje schopnost povrchu značení odrazit světlo a nazýváme ji retroreflexe. Právě za tmy lze funkční stav svislého dopravního značení posoudit nejlépe. Řidič má na zpozorování dopravní značky a na její přečtení podstatně méně času než ve dne. V případě, že je značka správně umístěná a je v dobrém stavu, nebývá zpravidla problém s jejím pochopením. Pokud má ale značka již snížené retroreflexní vlastnosti a současně není dobře viditelná, přináší to nemalé riziko pro všechny účastníky provozu na pozemních komunikacích.

Předmětem této práce je vyhodnocení rychlosti degradace materiálů, které jsou na značení používány a následně zhodnotit, jak velký vliv může tato snížená schopnost odrazu světla mít na řidiče.

2 Cíl práce

Hlavním cílem této diplomové práce je vyhodnocení rychlosti degradace retroreflexe u svislého dopravního značení a následně tento rozdíl posoudit za snížené viditelnosti. Dílčími cíli, které budou sloužit k dosažení hlavního cíle, jsou:

- Měření součinitele retroreflexe vybraných vzorků
- Vyhodnocení naměřených hodnot
- Vizuální porovnání vzorků s naměřenými hodnotami

3 Metodika práce - návrh postupů získání dat

V této kapitole je podrobněji uvedeno jakým způsobem probíhalo měření hodnot a jakým způsobem byly vyhodnocovány. Tato část práce je rozdělena do tří podkapitol, které korespondují s dílčími cíli.

3.1 Měření součinitele retroreflexe vybraných vzorků

Měření vzorků probíhalo v areálu České zemědělské univerzity v Praze v laboratořích Katedry vozidel a pozemní dopravy. Realizováno bylo certifikovaným přístrojem Zehntner ZRS 6060.EN. Fólie třídy RA1 a RA 2 je možné měřit v pozorovacím úhlu $\alpha = 0,2^\circ, 0,33^\circ, 2^\circ$ a v osvětlovacím $\beta = 5^\circ, 30^\circ, 40^\circ$. Naproti tomu fólie RA3 je předepsáno měřit v pozorovacím úhlu $0,33^\circ, 1^\circ, 1,5^\circ$ a v osvětlovacím $5^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ a 40° [4]. Z důvodu jednotných podmínek měření byl pro všechny druhy fólií stanoven pozorovací úhel $\alpha = 0,33^\circ$ resp. $20'$ a osvětlovací úhel $\beta_1 = 5^\circ$. Měřeno bylo celkem 37 párů vzorků na plechovém podkladě o velikosti 210 x 297 mm v barvě modré, zelené, bílé a červené od výrobců 3M, Avery Dennison a Oralite, resp. od výrobců kteří tyto fólie v případě potřeby dodatečně upravují a vytváří tak finální výrobek. Těmito výrobci byly Značky Praha, Araplast a Bizzet-Kavalír.

Každá sada byla před samotnou expozicí změřena a to horizontálně i vertikálně, abychom mohli vyloučit efekt rotační symetrie, resp. zkreslení naměřených hodnot. Zároveň byla tímto měřením ověřena přibližně stejná počáteční hodnota u každé sady.

Následně byly všechny vzorky rozděleny na šest stejných částí o rozměru přibližně 100 x 100 mm a jeden z každé sady umístěn k expozici na střechu technické fakulty a druhý uschován do skladu. V rámci jiného probíhajícího výzkumu bylo pět z těchto šesti polí zakryto magnetickou páskou a v určitých časových intervalech odkrýváno. Jako poslední bylo odkryto pole umístěné do uhlopříčky k poli nezakrytému. Umístění na střeše bylo v souladu s ČSN EN 12899-1, kap. 4.1.1.5.2 dle tzv. "Zrychlené zkoušky odolnosti proti povětrnostním vlivům". Norma udává vystavení povětrnostním vlivům ve směru na jih, pod úhlem 45° , po dobu tří let a po této době nesmí naměřená hodnota obou typů fólií klesnout pod 80% hodnoty udávané zmíněnou normou, viz příloha 3 - 5, kde jsou tyto hodnoty zvýrazněny zeleně [4] [5].

Seznam vzorků												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	3M 3200	AD 1500	OR 5710	3M EGP	3M 3930	AD 6500	OR 5910	3M 4090	3M 4090 (D)	AD 7500	AD 7500 (D)	OR 6910
BÍLÁ												
ČERVENÁ												
MODRÁ												
ZELENÁ												

Obrázek 1: Seznam zkoumaných vzorků [6]

Zmíněné vzorky byly vystaveny po dobu přibližně 16 měsíců a za tuto dobu byla také vyhodnocována jejich degradace, tedy snížení součinitele retroreflexe, a tím i zhoršení viditelnosti za tmy. Měření proběhlo v srpnu 2017, prosinci 2017 a prosinci 2018.

3.2 Vyhodnocení naměřených hodnot

V první fázi byly naměřené hodnoty porovnány s hodnotami udávanými výrobcem (byl-li tento údaj k dispozici) a v druhé potom s hodnotami, které udává norma jako minimální. Již po tomto úvodním měření a následném porovnání bylo například zjištěno, že u modré fólie typu 3M 3200 byla naměřena hodnota $1,2 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$ což je jednoznačně v rozporu s výše uvedenou normou [4].

Před posledním krokem z hlediska vyhodnocení bylo porovnání hodnot totožného vystaveného vzorku v čase, tj. vyjádření úbytku součinitele retroreflexe na základě měření, jenž proběhla ve výše zmíněných obdobích. Vzorky, které vykazovaly za toto období úbytek součinitele retroreflexe větší než 15%, byly následně vyfoceny za tmy za podmínek uvedených v kapitole 3.3.

V první části bylo vyhodnocování jako takové uskutečněno nejprve pro každou barvu zvlášť a poté v rámci jednotlivých tříd retroreflexe. Pro lepší přehlednost byly vybrané hodnoty znázorněny v grafech.

3.3 Vizuální porovnání vzorků s naměřenými hodnotami

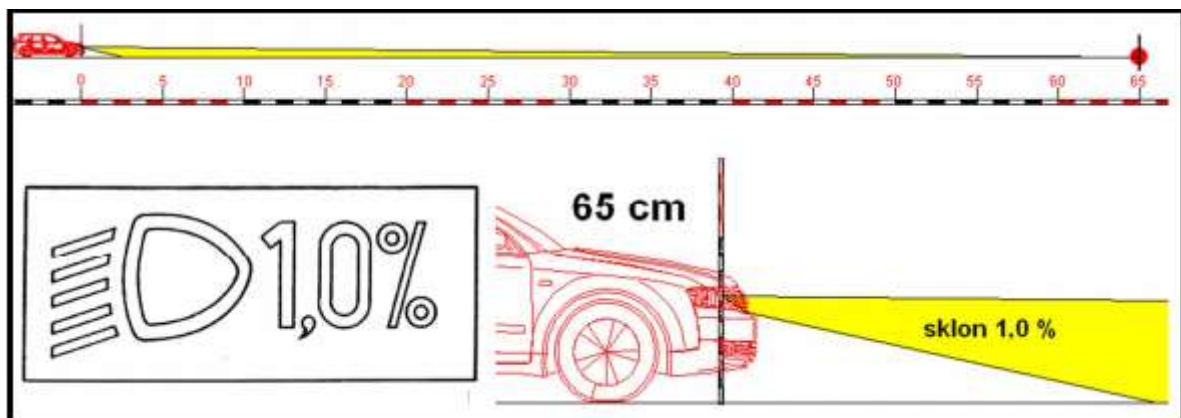
Nejprve byla každá sada vzorků umístěna vedle sebe vertikálně, osvětlena a vyfocena fotoaparátem s funkcí blesku z bezprostřední blízkosti za tmy. Vzniklé fotografie byly poté porovnávány s naměřenými hodnotami. U jednotlivých fólií bylo vyhodnocováno, jaký má daný pokles součinitele retroreflexe vliv na odrazivost.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.2 vzorky, resp. sady vzorků, s úbytkem vyšším než 15% byly ještě jednou dodatečně foceny.

Tato hodnota byla zvolena s ohledem na hodnoty požadované normou, resp. aby ta vybraná byla o něco vyšší a zahrnula i vzorky, které by svými hodnotami byly na hranici. Vzhledem ke skutečnosti, že se jednalo o vzorky vyhodnocené jako ty s největší mírou degradace, předpokládalo se, že budou mít také nejvíce viditelný rozdíl odrazivosti světla.

Focení tedy probíhalo ze vzdálenosti 50 m při osvětlení potkávacími neboli tlumenými světly a také ze vzdálenosti 100 m, kde byly vzorky osvětleny dálkovými světly. Tyto vzdálenosti jsou převzaty z požadavků na směrové umístění značení uvedené v kapitole 4.5.3. Stejně tak byly vzorky umístěny v souladu s požadavky na výškové a boční umístění popsané v téže kapitole [1].

Pro osvětlení bylo použito osobní vozidlo s halogenovými žárovkami, u něhož byly před tímto focením důkladně očištěny světlomety, čelní sklo a ověřeny parametry osvětlení dle níže uvedeného obrázku.



Obrázek 2: Parametry osvětlení [7]

Při sklonu tlumených světél 1,0 % a výšce světél od vozovky 65 cm je účinný dosvit 65 m. U dálkových světél je tato hodnota při stejném sklonu přibližně v rozmezí 150 - 160 m. Fotografie těchto vzorků byly následně posuzovány z pohledu řidiče [7].

4 Přehled řešené problematiky

4.1 Pojem retroreflexe

Retroreflexe nebo též odrazivost je schopnost dané plochy odrazit na ni dopadající záření zpět ke zdroji v co největší míře. Tohoto mechanismu využíváme také v dopravě, konkrétně u značení. Použitím retroreflexních povrchů je tak zvyšována především bezpečnost provozu na pozemních komunikacích, neboť dopravní značení musí být pro všechny účastníky provozu snadno čitelné nejen ve dne, ale také za tmy či v noci s ohledem na jeho možnou variabilitu umístění. Retroreflexní povrchy neboli fólie se konstrukčně dělí na balotinové (GB) a mikroprizmatické (M) [5] [8].



Obrázek 3: Odrazivost za snížené viditelnosti [8]

Na výše uvedeném obrázku je zobrazeno totožné značení s různými povrchy a jeho následná odrazivost za snížené viditelnosti. Nejméně viditelné je značení zcela vlevo, které žádné reflexní prvky ve svém povrchu neobsahuje. Jedná se o jedno z nejstarších provedení, kdy je povrch pouze barevně nalakován dle typu značení a následně nalakován bezbarvým lakem. Výskyt tohoto značení v dnešním provozu lze považovat za ojedinělý. Další značení mají směrem zleva doprava postupně se zlepšující reflexní vlastnosti. Výše hodnoty již zmíněné odrazivosti se volí dle konkrétního umístění. Zjednodušeně lze říci, že značení s nižší mírou retroreflexe se používá u komunikací nižších tříd menší významnosti a naopak [8].

V rámci Evropské unie jsou legislativní požadavky na retroreflexi obsaženy v níže uvedených normách.

- **ČSN EN 12899-1** - Stálé svislé dopravní značení
- **ČSN EN 01 8020** - Dopravní značky na pozemních komunikacích

První z uvedených norem mj. stanovuje i zkušební podmínky pro měření retroreflexe, např. že teplota musí být $23 \pm 3^\circ\text{C}$, relativní vlhkost pak $50 \pm 5\%$ [4].

V České republice jsou navíc Ministerstvem dopravy a ŘSD dodatečně vydány tzv. technické podmínky, které již zmíněné požadavky podrobněji definují [9].

- **TP 65** - Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích
- **TP 100** - Zásady pro orientační dopravní značení na pozemních komunikacích
- **TP 143** - Systém hodnocení přenosných svislých dopravních značek
- **TP 169** - Zásady pro označování dopravních situací na pozemních komunikacích

Optické vlastnosti značení vyjadřujeme především součinitelem retroreflexe označovaného jako $R_A[\text{cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}]$ a také druhým parametrem, který rovněž vypovídá o stavu a tedy i funkčnosti značení, tzv. barevnosti. Ta je dána činitelem jasu a chromatičností, přičemž tyto vlastnosti zajišťují viditelnost značení i ve dne [4].

β - činitel jasu - jedná se o poměr jasu daného vzorku k jasu matné plochy, která je ideálně bílá

x, y - chromatičnost - neboli barevná jakost světla definovaná trichromatickými souřadnicemi x, y v kolorimetrickém trojúhelníku CIE

V příloze 1 a 2 jsou uvedeny hodnoty, které uvádí norma ČSN EN 12899-1 pro třídu chromatičnosti CR1 a CR2.

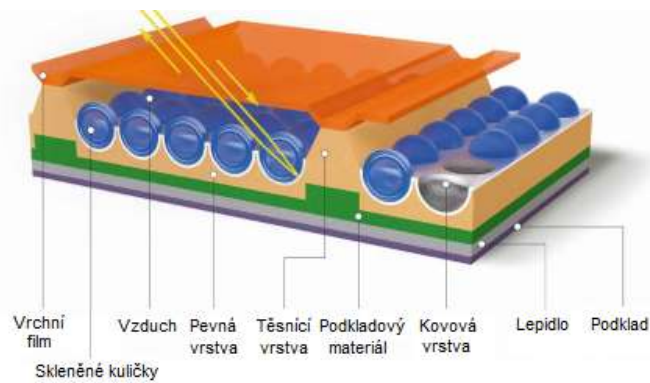
Hodnoty uvedené v tabulce x platí pro balotinové i mikroprizmatické fólie v novém stavu. Naproti tomu tabulka y uvádí minimální hodnoty, které oba druhy fólií musí mít po uplynutí doby působení povětrnostních vlivů dle normy EN ISO 4892-2 tj. po 2000 hodinách [4].

4.2 Druhy používaných fólií

4.2.1. Balotinové

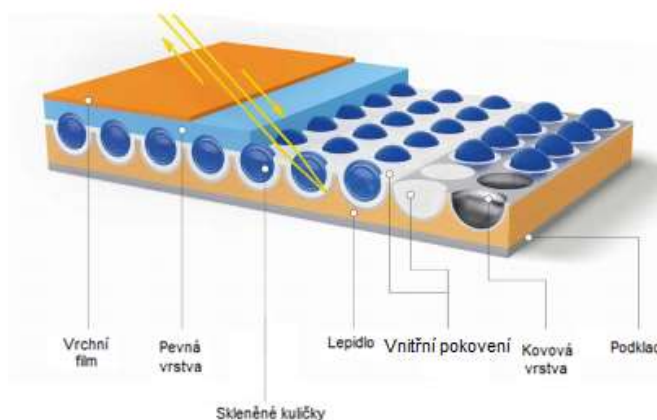
Jedná se o starší provedení fólie, která je tvořena skleněnými kuličkami o velikosti několika desítek mikronů spolu se skleněným krycím filtrem. Již několika studiemi bylo v minulosti zjištěno, že u tohoto druhu fólie již nelze zvyšovat její výkonnost. Toto je také hlavní důvod, proč jsou fólie této konstrukce v současné době vyráběny pouze v nižších třídách. Z hlediska konstrukce je tento typ vyráběn ve dvou provedeních uvedených níže [10].

- Konstrukce se zapouzdřenými skleněnými kuličkami



Obrázek 4: Konstrukce se zapouzdřenými kuličkami [10]

- Konstrukce s integrovanými skleněnými kuličkami



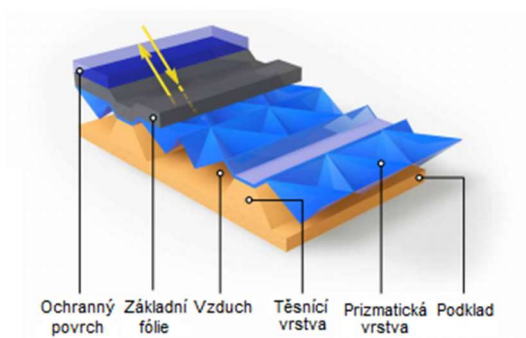
Obrázek 5: Konstrukce s integrovanými skleněnými kuličkami [10]

Nejvýkonnější balotinové fólie dosahují reflexních hodnot v rozmezí 200 - 264 cd lx⁻¹m⁻², což lze v dnešní době považovat za horší průměr. Zkoušení je prováděno dle pokynů normy ČSN EN 12899-1 [4].

4.2.2. Mikroprizmatické

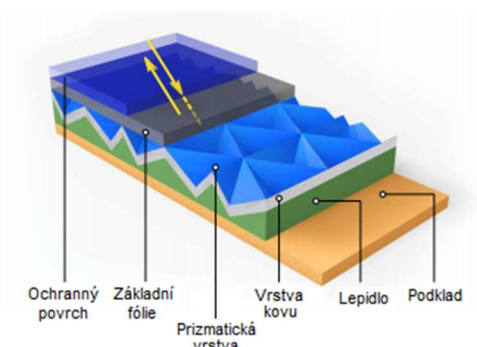
Vývoj tohoto druhu fólie byl započat přibližně v polovině 50. let minulého století a významně pak rozšiřován od 70. let. Hlavními důvody, které hovořily pro vznik nové výkonnější fólie, byly především poměrně nízká odrazivost v té době již známé balotinové fólie a také zvyšující se kvalita osvětlení dopravních prostředků. U již zmíněné balotinové fólie se později povedlo její odrazivost zvýšit, ovšem i tak byla dosaženými hodnotami retroreflexe daleko za konstrukcí mikroprizmatickou. Na rozdíl od balotinové fólie se povrch tohoto druhu skládá z tzv. hranolových odražečů, z nichž některé jsou měřeny na efekt rotační symetrie. Tímto měřením se zjišťuje, do jaké míry má vliv natočení značení na jeho schopnost retroreflexe. Konstrukce tohoto druhu fólie jsou zobrazeny níže [3][10].

- Prizmatická volně ložená konstrukce



Obrázek 6: Prizmatická volně ložená konstrukce [10]

- Prizmatická konstrukce s použitím kovu



Obrázek 7: Prizmatická konstrukce s použitím kovu [10]

V praxi se častěji používá druhá z uvedených konstrukcí, a to zejména z důvodu její jednodušší výroby. Hodnoty retroreflexe obou zmíněných konstrukcí se výrazně neliší. Její zkoušení se provádí dle evropského technického schválení ETA [4].

4.3 Možnosti výroby fólií

Z pohledu samotné výroby jsou v podstatě možné pouze dvě metody. Buď výrobce již od počátku fólii vyrábí pro konkrétní druh značení, to znamená s konkrétní barvou a tu již přímo při výrobě aplikuje. Možné využití hotového výrobku je tak pevně dané a nelze ho již později měnit. Touto metodou je například sítotisk, který pomocí předem vyrobené šablony protlačí přes prostupná místa požadovanou barvu. Množství šablon je tak úměrné její složitosti a počtu použitých barev. V podstatě stejný princip využívá technologie digitálního tisku, a to pouze s tím rozdílem, že dané značení lze vytisknout najednou [32].

Druhou možností, kterou používá také mnoho výrobců je použití pouze bílé fólie, která je následně potištěna dle aktuální potřeby.

V závislosti na konkrétním druhu značky je také možné danou kombinaci vytvořit soulepem fólií. Tento postup se používá spíše u značení větších rozměrů, jejichž výroba klasickým způsobem by byla značně nákladná [11] [12].

4.4. Rozdělení fólií dle součinitele retroreflexe R_A

Dříve byly jednotlivé struktury balotinových fólií označovány pouze jako typ I až III a společně s nimi byly také definovány požadované retroreflexní hodnoty. S příchodem mikroprizmatických fólií se změnila struktura a bylo tak nutno pro lepší přehled označení pozměnit. V současné době bývá zvlášť označována výkonnostní kategorie a zvlášť konstrukční provedení [3][4].








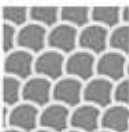






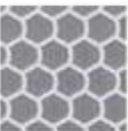



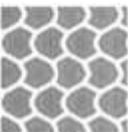

Rozlišení podle specifické retroreflexní hodnoty			a		Rozlišení ke konstrukční struktuře	
RA 1	hodnota	$60 \text{ cd lx}^{-1} \text{ m}^{-2}$		Struktura A	integrované skleněné perle	
RA 2	hodnota	$180 \text{ cd lx}^{-1} \text{ m}^{-2}$		Struktura B	zapouzdřené mikroskleněné perle	
RA 3	hodnota	$300 \text{ cd lx}^{-1} \text{ m}^{-2}$		Konstrukce C	mikroprizmy	

Obrázek 8: Rozdělení fólií [3]

Namísto pojmu typ se tak nyní používá pojem struktura, přičemž A a B je používána pro obě balotinové konstrukce a struktura C pak pro mikroprizmatické. Je-li fólie označena například RA 2 C, jedná se o produkt s předepsanou minimální retroreflexí 180 cd lx-1m-2 a strukturou z mikroprizmy [3].

V podstatě všichni renomovaní výrobci zejména u třídy RA3 nyní používají fólie, jejichž struktura je založena na mikroprizmatických materiálech. Příkladem mohou být fólie od výrobce 3M jako SCOTCHLITE HI, SCOTCHLITE DG a STIMSONITTE, které používají zmíněné fólie a garantují tak minimální životnost deset let. Jako základní fólie můžeme potom označit NIKKALITE-EG a 3M-SCOTCHLITE s garantovanou životností sedm let. Stejnou dobu životnosti pro všechny výkonnostní kategorie udává také norma [3][4].

Kromě jakosti fólií se rozlišují také jejich vzory, jenž se musí opakovat minimálně dvakrát na ploše 400 x 400 mm. Vzory od nejznámějších výrobců jsou znázorněny na obrázku níže.

	3M	Avery	KCI	NCI	Orafol
RA 1 / A vložené mikroskleněné perle	 3290I	 T-1500	 2000	 9100	 5710
RA 1 / C mikroprizmy	 3430	---	---	---	---
RA 2 / B zapouzdřené mikrokapsle	 3970	 T-5500	 22000	 900	 5910
RA 2 / C mikroprizmy	 3930	 T-6500	 55000 *	---	 5910
RA 3 / C mikroprizmy	 4090	 T-7500B	 59000	 92000	 6910 *

Obrázek 9: Vzory fólií [3]

Jednotliví výrobci používají pro danou kombinaci výkonnostní kategorie a konstrukčního provedení unikátní číselné kódy.

4.4.1 Třída RA 1

Jedná se o nejnižší třídu používanou zejména na méně významných komunikacích III. třídy a případně na účelových. Odrazivost světla zde nemusí oproti ostatním dvěma třídám nikterak vysoká, norma udává hodnotu minimálně $60 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$. Pro výrobu tohoto typu se většinou používají skleněné mikrokorálky, tj. struktura A, výjimečně potom mikroprizmy, které značíme jako strukturu C [3].

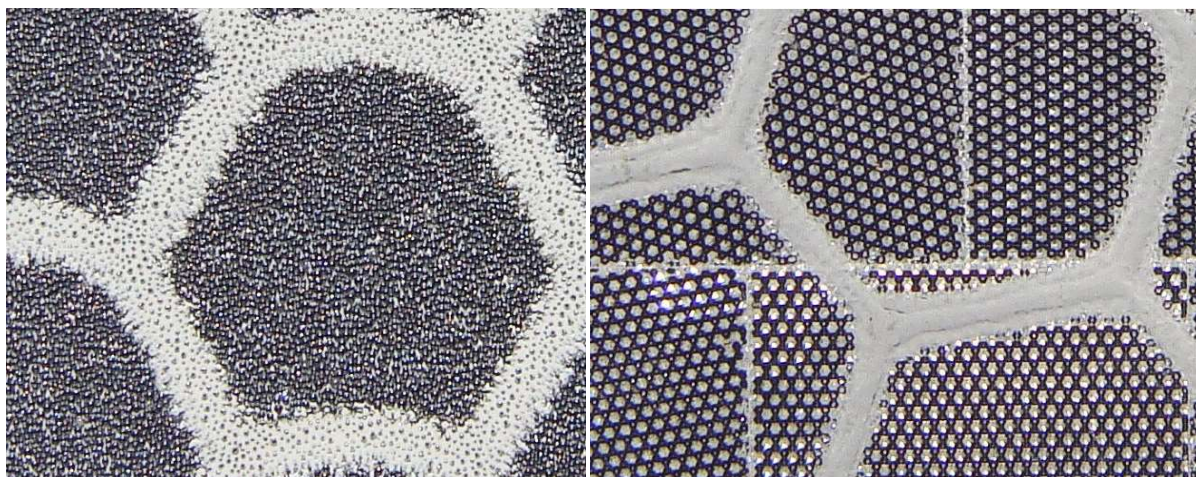


Obrázek 10: Vzor třídy RA 1 [3]

Na obrázku zobrazeném výše je makro snímek fólie RA1 se strukturou A, výrobce Nikkalite 8100 s vloženými mikroskleněnými korálky. Součinitelé retroreflexe pro mikroprizmatické materiály jsou uvedeny v příloze 3.

4.4.2 Třída RA 2

Tato třída se používá pro silnice I. a II. třídy, případně pro významné místní komunikace. V tomto případě je požadavek na minimální odrazivost $180 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$. Značení této třídy je vyráběno buď za pomoci zapouzdřených mikroskopických perliček struktura B, nebo pomocí již zmíněné mikroprizmy struktury C [3].

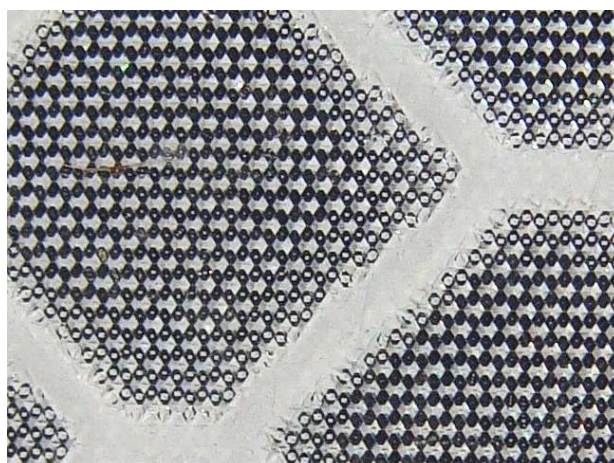


Obrázek 11: Vzor třídy RA 2 [3]

Obrázky obou těchto zmíněných struktur jsou zobrazeny výše, přičemž struktura B od výrobce Oralite 5810 je znázorněna vlevo a struktura C výrobce Avery T6500 se nachází vpravo. Součinitelé retroreflexe pro mikroprizmatické materiály jsou uvedeny v příloze 4 [3] [10].

4.4.3 Třída RA 3

Poslední a nejvýkonnější třída je umístována především na dálnice a silnice pro motorová vozidla, případně na značení, které je umístěno nad vozovkou. Minimální odrazivost je zde stanovena na $300 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$. V této třídě jsou značky vyráběny až na výjimky ve struktuře C [3].

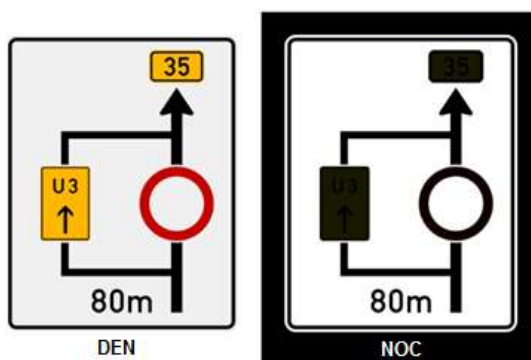


Obrázek 12: Vzor třídy RA 3 [3]

Obrázek znázorňuje strukturu C výrobce 3M 4090 tedy použití s mikroprizmou. Součinitelé retroreflexe pro mikroprizmatické materiály jsou uvedeny v příloze 5.

4.5 Umíst'ování značení z hlediska retroreflexe

Dobře a kvalitně vyrobené značení ještě nemusí znamenat správnou funkci, a tím i patřičný přínos pro účastníky silničního provozu. Jak norma udává, není povoleno na povrchu značení používat fólie různých výkonnostních tříd a stejně tak tyto třídy kombinovat na jednom sloupku. Pokud by tato situace nastala, mohla by řidiči při rozpoznávání velmi zkomplikovat situaci. Při běžné obměně značení k takovýmto událostem dochází jen velmi zřídka. Zřejmě největší procento těchto neshod bývá způsobeno při umíst'ování dočasného SDZ, například při opravách komunikací. Je běžnou praxí, že stavební společnost na okraj vozovky umístí značení použité na předchozí stavbě a pouze ho upraví do stavu, jenž odpovídá aktuální situaci. V případě, že jsou k jeho výrobě použity reflexní materiály, jedná se o ten lepší případ. Často jsme ale svědky opaku, tedy že značení není vyrobeno z reflexního materiálu a jeho použití byt' dočasně tak postrádá smysl [3][8].



Obrázek 13: Značení ve dne a v noci [3]

Ve dne za normální viditelnosti je takového značení dostačující a v podstatě plní svoji funkci. Problém nastává ve chvíli, kdy se viditelnost sníží vlivem nepříznivého počasí nebo denní doby. Právě zejména za tmy je v podstatě nemožné jednotlivé symboly a především barvy na značení rozeznat. Pokud je takovéto značení použito při omezení například na dálnici nebo rychlostní silnici, stává se tak poměrně velkým a především zbytečným rizikem pro všechny účastníky silničního provozu [3].

4.6 Měření retroreflexe

Měření součinitele retroreflexe svislého dopravního značení (dále jen SDZ) R_A [cd lx-1m-2] lze realizovat pomocí speciálního přístroje tzv. retroreflektometru. V závislosti na typu přístroje je možné měřit v různém pozorovacím úhlu, nejčastěji pak $\alpha = 0,33^\circ$ a také různém

osvětlovacím úhlu přičemž standardní je $\beta = 5^\circ$. Samotné měření je velice jednoduché, přístroj se přiloží přímo na plochu, kterou potřebujeme změřit a po cca 2-3 vteřinách jsou příslušné hodnoty změřeny a zobrazeny včetně automatického rozeznání barvy [13][31].

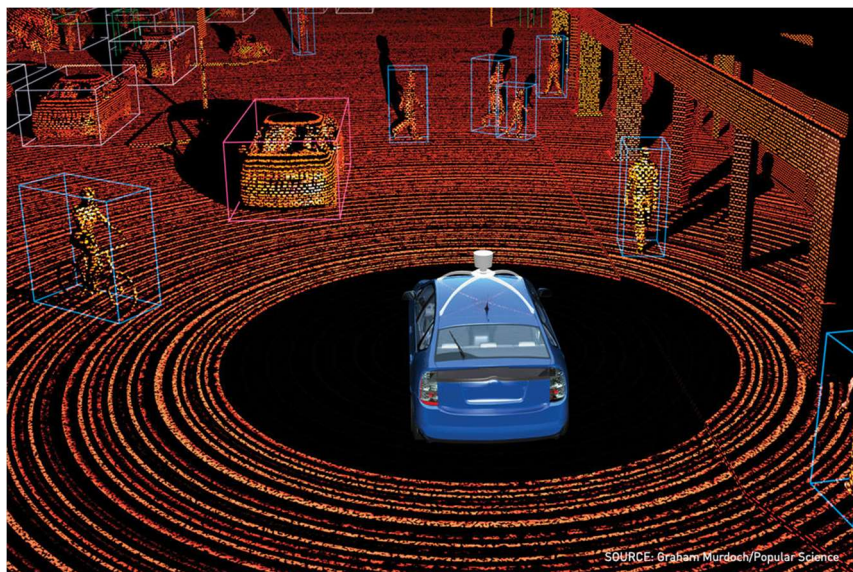


Obrázek 14: Měřicí přístroj Zehntner [13]

Na obrázku výše je znázorněn přístroj od společnosti Zehntner typ ZRS 6060.CZ, který umožňuje měření retroreflexe dle podmínek stanovených normou ČSN EN 12899-1. Výše zmíněná metoda měření v současné době představuje zřejmě tu nejlepší po stránce ekonomické i kvalitativní [4][13].

4.7 Budoucnost měření retroreflexe

Spolu s vývojem retroreflexních materiálů, které se vyrábí již od 30. let minulého století, je také zejména v poslední době vyvíjena nemalá snaha o nalezení metody měření, jež by uměla již zmíněnou odrazivost změřit nikoliv bodově, ale na celé funkční ploše dopravního značení. Pravděpodobně nejbližší této metodě je v současné době pro více oborů uplatnitelné zařízení LIDAR. Toto zařízení původně vyvinuté pro autonomní vozidla vysílá světelný laserový paprsek a následně dle rozdílu dob mezi jeho odesláním, odrazem a zachycením dokáže vyhodnotit, jak jsou dané objekty daleko a dokonce i jaký mají tvar. Výsledkem je digitální obraz okolního prostoru ve 3D [8][14].



Obrázek 15: Obraz okolního prostoru ve 3D [15]

Hlavními problémy, které brání použití této technologie je především její vysoká pořizovací cena a poměrně nízká přesnost měření.

Další technologií, jež je využívána v automobilovém průmyslu, je systém rozpoznávání dopravního značení. Systém funguje díky kameře umístěné většinou v držáku zpětného zrcátka, která značení nasnímá a následně vyhodnotí pomocí vhodného algoritmu. V Evropě je v současné době nejvíce využíván algoritmus nazývaný HSFM, jež zachycené snímky vyhodnocuje metodou založenou na lokální orientaci hran v obraze [15][16].



Obrázek 16: Systém rozpoznávání dopravního značení [17]

Na obrázku výše je zobrazena ukázka tohoto systému v provozu. Kamera po vyhodnocení daného značení vydá pokyn a následně se toto značení zobrazí řidiči na přístrojovém panelu jako upozornění.

To je zároveň doprovázeno akusticky a u propracovanějších systémů s vyšším rozdílem mezi aktuální rychlostí a rychlostí uvedenou na značení zvyšuje hlasitost i četnost tohoto upozornění [17].

Oba výše uvedené systémy mají nepochybně dobré předpoklady pro to, aby mohly být v budoucnu pro měření retroreflexe použity. Reálnému použití v tuto chvíli brání fakt, že není známa kvalitní a spolehlivá technologie, která by uměla odrazivost změřit bez kontaktu s měřenou plochou. Z hlediska vývoje zde tak zbývá ještě velký kus cesty, nežli toto měření bude možno s přijatelnou odchylkou provádět například za jízdy. Mimo to, je třeba zmínit i další předpoklady nutné ke správné funkci výše zmíněných systému. Jsou jimi především čistota a nepoškozenost značení, správná poloha vzhledem ke komunikaci, tj. vzdálenost a výška umístění. Poslední zmíněné je však do jisté míry diskutabilní, neboť na jednom stojanu může být značení umístěno více a stejně tak by dobře navržený systém měl rozeznat i dočasné SDZ, které je oproti standardnímu podstatně níže [17].

4.8 Definice svislého dopravního značení

Svislé dopravní značení (dále jen SDZ) je definováno vyhláškou č.30/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů a dále také dokumentem vydaným Ministerstvem dopravy Technické podmínky 65 - zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích. Je zde mj. uvedeno na jakém podkladě může být umístěno (tabule, panel atd.), dále jsou zde přesně uvedeny jejich možné tvary a symboly, které jsou schváleny pro použití na pozemních komunikacích. Za výjimku lze považovat značení, které obsahuje symboly, jenž lze otočit, aniž by se změnil význam nebo například značení, v němž je uvedeno číslo. Tyto druhy značení se díky této možné proměnlivosti uvádí pouze jako vzory. Značení v širším slova smyslu má za úkol všechny účastníky silničního provozu včas a jednoduše pochopitelnou formou informovat o omezeních, zákazech a před možným hrozcím nebezpečím. Umístěno může být vedle či nad komunikací. Všechny druhy musí také odpovídat normě ČSN EN 12899-1, kde jsou uvedeny požadavky na její konstrukci a zkoušení [4][18].

4.8.1. Dělení dle provedení

Dle provedení dělíme SDZ na:

- **Stálé dopravní značky** - umístěny na sloupcích či konstrukcích, které jsou pevně zabudované do terénu a jsou situovány vedle vozovky nebo nad ní.

- **Proměnné dopravní značky** - zobrazeny na panelech většinou v systému tzv. operativního řízení, kdy je možno zvolit vhodnou dopravní značku v závislosti na aktuální dopravní situaci a povětrnostních podmínkách. Dle použité technologie zobrazení lze značky dále dělit na [1][19][30]:
 - Spojité - provedení značky je barvou i symboly stejné jako stálá značka. Plocha je rozdělena mezerami mezi prvky panelu, které se otáčí.
 - Nespojité - je sestavena z jednotlivých částí, které svítí a z dané vzdálenosti vypadají jako plochy či čáry.
- **Přenosné dopravní značky** - jsou zpravidla umístěny na červenobíle pruhovaných sloupcích či stojanech a tyto nejsou na rozdíl od stálých napevno zabudované v terénu. Pruhy mají předepsanou šířku v rozmezí 100 - 200 mm a musí splňovat alespoň retroreflexní třídu RA 1 a vyšší. Tyto značky mohou být ve zvláštních případech umístěny přímo na vozovce a jsou svoji platností nadřazeny ostatním značkám[1][30].

4.8.2. Dělení dle významu

SDZ je rozděleno do kategorií označovaných velkými písmeny abecedy dle vyhlášky č. 30/2001 Sb.

- a) Výstražné (kategorie A)
- b) Upravující přednost (kategorie P)
- c) Zákazové (kategorie B)
- d) Příkazové (kategorie C)
- e) Informativní
 - provozní (IP)
 - směrové (IS)
 - jiné (IJ)
- f) Dodatkové tabulky (kategorie E)

4.8.2.1. Kategorie A - výstražné

Jak je již z názvu patrné tento druh SDZ upozorňuje účastníky provozu na pozemních

komunikacích především na úseky, kde je nutné dbát zvýšené opatrnosti.

V případě, že to situace a konkrétní místo použití značky vyžaduje, jsou dodatečné informace doplněny na dodatkové tabulce. Většinou se jedná o značky ve tvaru trojúhelníku, který je zvýrazněn červenou barvou po svém obvodu. Příkladem tohoto druhu značky může být například značka s označením č. A 2a - Dvojitá zatáčka, první vpravo zobrazená níže [1].



Obrázek 17: Příklad výstražné značky [1]

Dle definice tato značka upozorňuje na dva směrové oblouky, přičemž první je vpravo. Její použití je možné pouze za předpokladu, že rovný úsek mezi zmíněnými oblouky není delší než 250 m. V opačném případě se každý z oblouků označí odděleně. Dodatková tabulka u této značky mívá nejčastěji podobu uvedení vzdálenosti či opakovatelnosti [1].

4.8.2.2. Kategorie P - upravující přednost

Tento druh značení má za úkol účastníkům silničního provozu jednoznačně sdělit, zdali se nacházejí na hlavní nebo vedlejší komunikaci. V případě, že není přednost jasně specifikována, platí pravidlo, že přednost má účastník přijíždějící zprava. U této kategorie nelze pro jejich různorodost specifikovat jejich tvary či nejčastější barevné kombinace [1].



Obrázek 18: Příklad značky upravující přednost [1]

Výše uvedená značka s označením č. P 7 se nazývá přednost protijedoucích vozidel. Použití bývá zejména v úsecích, kde většinou pro nedostatečnou šíři obou pruhů není možný bezpečný a plynulý provoz vozidel a je tak nutné obousměrně stanovit, která vozidla mají přednost v jízdě. Pravidla pro její použití udávají, že šíře vozovky v místě zúžení musí být menší než 5,5 m a zmíněný úsek musí být pro oba směry přehledný. V případě, že by tomu tak nebylo, je tento úsek zpravidla dodatečně řízen světelnými signály [1].

4.8.2.3 Kategorie B - zákazové

Zákazové značení podává informace o zákazech či omezeních. Ve většině případů mají kulatý tvar s červeným lemem po svém obvodu. Případné omezení definuje dodatková tabulka.



Obrázek 19: Příklad zákazové značky [1]

Značka č. B 1 zákaz vjezdu všech vozidel v obou směrech je vždy umísťována na jeho začátek. Na tento typ zákazu musí být upozorněno v dostatečném předstihu.

Pokud například tento zákaz začíná hned za křižovatkou, je nutné, aby na tuto skutečnost byl řidič upozorněn již u hranice křižovatky [1].

4.8.2.4 Kategorie C - příkazové

Úkolem příkazových značek je ukládat účastníkům silničního provozu příkazy tak, aby byly v maximální možné míře eliminovány chyby realizované v důsledku lidského faktoru. Tvar tohoto značení je kulatý, podklad je modré barvy a bílý symbol uvnitř udává, o jaký příkaz se v daném případě jedná.



Obrázek 20: Příklad příkazové značky [1]

Značka č. C 6a vlevo s názvem nejnižší dovolená rychlost je používána v těch úsecích, kde je nutné zachovat plynulost provozu. Samozřejmostí je, že užití této značky je podmíněno i vhodnými podmínkami a komunikaci lze za normálních podmínek bezpečně užívat při právě takové nejnižší rychlosti, která je uvedena.

Vpravo je uvedena ukázka značky č. C 6b ukončující platnost tohoto příkazu [1].

4.8.2.5 Informativní

Slouží k poskytnutí důležitých informací a to zejména o směru jízdy a vzdálenosti k dosažení určitého místa. Pro lepší výstižnost jsou často doplňovány dodatkovými tabulkami nebo může být přímo v nich vložena další ze značek z kategorií uvedených výše, nejčastěji zákazové a výstražné [1].





Obrázek 21: Příklady informativních značek [1]

Vlevo značka č. IP 21 omezení v jízdním pruhu popisuje možné nebezpečí či omezení pro daný jízdní pruh a řadí se mezi značky informativní provozní. Je nezbytné, aby provedení značky odpovídalo realitě tj. počtu a uspořádání zobrazených jízdních pruhů. Zpravidla se tento typ značení umísťuje na počátek tohoto omezení, pokud to situace vyžaduje, tj. je třeba předčasné upozornění, je umístěna předběžně [1].

Uprostřed je znázorněna směrová tabule patřící do kategorie informativních směrových s označením č. 3a se dvěma cíli, přičemž vzdálenější cíl se uvádí vždy nad tím bližším. Značka také uvádí číslo silnice v přímém směru v rámečku vlevo. Pokud je značka umístěna mimo obec, uvádí se vzdálenost v celých číslech v kilometrech. V případě umístění v obci se vzdálenost zpravidla neuvádí. Tento druh značky se používá nejčastěji před křižovatkou společně se směrovými ukazateli pro odbočení. Přímý směr je umístěn vždy nejvýše.

Vpravo je zobrazeno značení spadající do kategorie informativních jiných č. IJ 7, které podává řidiči informaci o blízkosti čerpací stanice. Většinou je u tohoto typu značek buď na dodatkové tabulce, nebo přímo ve spodní části značky doplněno v jaké vzdálenosti se daný objekt nachází. V tomto konkrétním případě také ještě informace o prodeji LPG a CNG. Poslední předběžná značka je umístěna ve vzdálenosti 500 m [1].

4.8.3. Vlastnosti a náležitosti SDZ

4.8.3.1. Rozměry značek

Veškeré značky mají předepsány vnější rozměry, které následně udávají základní velikost (podle VL 6.1 vel. 2), tj. rozměry činné plochy. Pro některé již vybrané tvary se od této základní velikosti určuje i velikost zmenšená, tj. velikost 1 používaná obecně na méně významných silnicích III. třídy a také na místních a účelových komunikacích. Dále pak velikost 2 neboli základní využívaná výjimečně na silnicích I. třídy, II. třídy a významnějších komunikacích III. třídy. Poslední používanou je velikost 3, tj. zvětšená, která je používána

především na dálnicích, silnicích pro motorová vozidla a dopraveně významných pozemních komunikacích. Konkrétní rozměry jsou znázorněny v tabulce níže [1].

Velikost	Trojúhelník	Kruh	Čtverec	Obdélník	Osmiúhelník
zmenšená - 1	700	500	-	-	-
základní - 2	900	700	500	500 x 700	700
zvětšená - 3	1250	900	750	dle V.L.6.1	900

Obrázek 22: Rozměry značek [1]

Pozn. V.L.6.1 - Vzorový list vybavení pozemních komunikací, svislé dopravní značení.

4.8.3.2. Zvýraznění značení

V případě, že je nutné řidiče varovat pomocí dopravní značky (například z důvodu omezení na komunikaci), používá se ke zdůraznění jejího významu přerušované žluté světlo (obr. 23), které je umístěné přímo nad ní. Pokud je cílem zlepšení viditelnosti umístíme značku na žlutozelený retroreflexní podklad třídy RA3 (viz. dále). V případě potřeby zdůraznění významu a současně i zlepšení viditelnosti použijeme kombinaci obou zmíněných možností [1][5].



Obrázek 23: Příklady zvýraznění značení [1]

Obecně lze říci, že zvýraznění značení se používá spíše u nahodilých událostí, např. oprav komunikací v kombinaci s nepříliš přehledným terénem.

Je zde proto zapotřebí více než u kterýchkoliv jiných dbát také na umístění předběžného značení vhodným viditelným způsobem a v dostatečné vzdálenosti [1].

4.8.3.3 Konstrukce SDZ

Konstrukcí značení, jehož požadavky jsou specifikovány v dokumentu Technické podmínky 65 - zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích je myšlen především štít značení. Ten je vyroben ze zinkovaného plechu a následně z důvodu dosažení vyšší pevnosti je po okraji lisováním vytvořen lem, případně je aplikován lem z hliníkového profilu. Na lící stranu se umísťuje činná plocha značení, jenž musí být nepoškozená a bez otvorů. Na rubovou stranu pak prvky sloužící k uchycení na nosnou konstrukci, jejichž kombinace nemůže způsobit elektrochemickou korozi. Uchycení je nejčastěji realizováno pomocí hliníkové objímky, která má ve své vnitřní ploše jemné drážkování bránící po připevnění pootočení značení např. vlivem větru. Častým typem uchycení je také páska typu Bandimex, jenž má tu výhodu, že ji lze aplikovat na libovolně velký průměr nosné konstrukce a také libovolný profil [20][29].



Obrázek 24: Uchycení páskou Bandimex [6]

Oba výše zmíněné druhy uchycení pro připevnění k samotnému značení využívají C profil, který je v dnešní době již zavedeným standardem [21].

Pro přenosné dopravní značení se používá poněkud odlišné připevnění, a to zejména kvůli časové náročnosti. Ve většině případů se zde jedná o uchycení za lem [21].



Obrázek 25: Uchycení za lem [22]

Pro montáž není třeba žádné nářadí, všechny tyto úchyty jsou navrženy tak, aby je bylo možno aplikovat co nejjednodušeji.

4.8.3.4 Nosné konstrukce

Za nosnou konstrukci je považován například nejčastěji používaný podpěrný sloupek, stojka, konzola či jiná konstrukce a patka pomocí níž je konstrukce v terénu připevněna. Značení může být též umístěno na vhodných stávajících konstrukcích, jako jsou například sloupy veřejného osvětlení či trolejového vedení. Dále je také možnost značení připevnit na přilehlý objekt [1].

Nejvíce používanou konstrukcí je sloupek, jehož požadovaný průměr je 60 nebo 70 mm, síla stěny může být 2 - 3 mm a tloušťka zinkové vrstvy minimálně 45 μm . Pro jeho usazení do terénu se používá již zmíněné patky. Ta je v tomto případě tvořena hliníkovým odlitkem, jenž je připevněn k podložce čtyřmi šrouby M14 zapuštěnými do země. Sloupek lze do odlitku jednoduše vložit a pomocí dvou šroubů M10 ve vodorovné poloze na horní straně odlitku připevnit dotažením [1].



Obrázek 26: Uchycení patkou [6]

Poněkud snadnějším způsobem připevnění je zabetonování sloupku přímo do země.

Pro potřeby přechodného SDZ je používán zpravidla sloupek čtvercového profilu. Připevnění do terénu se zde neprovádí, stabilitu značení zajišťuje podstavec o hmotnosti cca 28 kg [1].



Obrázek 27: Uchycení podstavcem [6]

V případě, že je značení na jednom sloupku umístěno více, je nutné dát více těchto podstavců na sebe pro zajištění větší stability. Všechny sloupky jsou z důvodu ochrany proti korozi na horní straně opatřeny plastovou krytkou [1].

Pro potřeby dálnic a rychlostních silnic, kde je nutné informace řidičům podávat na dostatečně velké ploše, jsou používány příhradové nosníky, které jsou vždy uzpůsobeny konkrétní potřebě a požadavkům. Zpravidla jsou umístovány při okraji vozovky či nad vozovku [1][2].



Obrázek 28: Příhradové nosníky [6]

Tyto konstrukce mají na koncích sloupků připravena uchycení v podobě otvorů pro spojovací materiál. Před umístěním na požadované místo jsou vyrobeny betonové patky, v nichž jsou zapuštěny závitové tyče. Na takto připravenou patku lze poté nosník jednoduše připevnit [1].

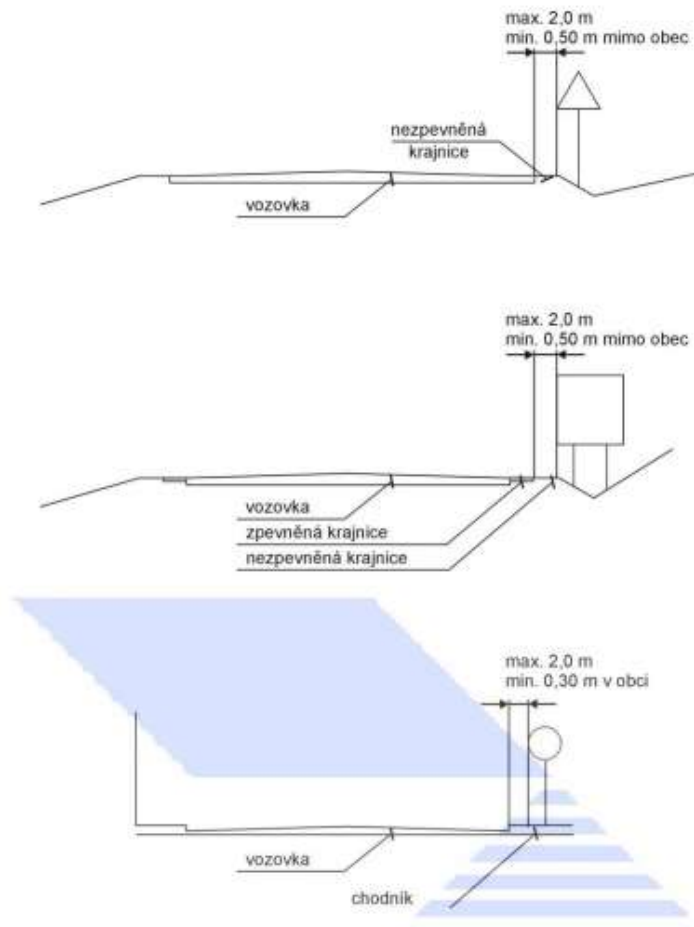
4.8.4 Pravidla umístování SDZ

Obvyklé umístění SDZ je realizováno na při pravém okraji vozovky případně nad ní. Pokud to situace vyžaduje z hlediska bezpečnosti a je třeba zdůraznit její význam, je možné totéž značení umístit i na levou stranu vozovky a to ve stejné úrovni [1].

4.8.4.1 Požadavky na boční umístění

Stálé dopravní značení včetně jejich nosných konstrukcí nesmí zasahovat do oblasti dopravního prostoru určené jako volná šířka pozemní komunikace a to včetně prostoru, který je vyhrazen cyklistům. Tyto oblasti jsou stanoveny normami ČSN 73 6101, ČSN 73 6110 a ČSN 73 6201. Již zmíněné nosné konstrukce značení může zasahovat pouze do průchozího prostoru pro chodce za předpokladu, že zde bude zachována volná šířka 1,5 m, v mimořádných a odůvodnitelných případech 0,9 m. V místech, kde není dostatek prostoru a není tak možné značení připevnit klasickým způsobem, je doporučeno nosné konstrukce, ať už v celku nebo jen částečně, připevňovat k přilehlým stavbám či objektům. V tomto případě je limitujícím faktorem pouze dodržení kontrastu těchto konstrukcí vzhledem k okolí, jak stanovuje vyhláška č. 398/2009 Sb. ve znění pozdějších předpisů [1][19].

Velmi důležité při umístování značení je dodržení předepsaných vzdáleností. Nejmenší vodorovná vzdálenost bližšího okraje SDZ, bráno v potaz včetně nosné konstrukce od vnějšího okraje zpevněné části krajnice, resp. vozovky je stanovena na 0,5 m a největší pak na 2 m. Ve výjimečném a odůvodnitelném případě je povoleno v obci na pozemní komunikaci bez krajnice tuto nejmenší vzdálenost snížit až na 0,3 m. Všechny zmíněné případy jsou včetně uvedených rozměrů znázorněny na obrázku níže [1].



Obrázek 29: Boční umístění [1]

Uvedené požadavky nejsou závazné pro značení, která upozorňují na překážky v provozu, úseky vymezené pro práci na silnici a ostatní dopravní omezení [1].

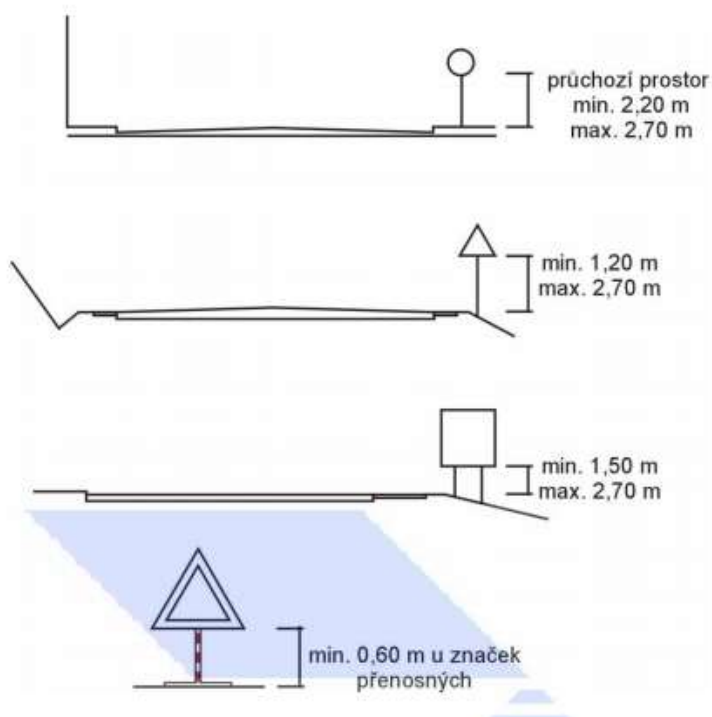
4.8.4.2 Požadavky na výškové umístění

U výškového umístění je třeba rozlišit případy, kdy je značení umístěno vedle vozovky a nad vozovkou.

a) Umístění vedle vozovky

Při tomto umístění je povolený nejmenší rozměr 1,2 m nad úrovní vozovky, měřeno od spodního okraje značení včetně dodatkové tabulky. Jedná-li se o značení s větší plochou, je zde povoleno 1,5 m. Pokud to situace vyžaduje a je značení umístěno do průchozího prostoru pro pěší, musí zde být zachována výška alespoň 2,2 m. V případě umístění do průjezdního prostoru pro cyklisty je požadavek na tento rozměr zvýšen na 2,5 m, a to nad úrovní stezky pro cyklisty či stezky pro cyklisty a chodce. Již zmíněný spodní okraj značení pak může být v maximální výšce 2,7 m nad úrovní vozovky, stezky případně terénu [1].

Zmíněné případy jsou opět znázorněny na následujícím obrázku.



Obrázek 30: Umístění vedle vozovky [1]

Odlišnosti od výše uvedených zásad umístění platí pro tyto značení.

- Návěsní desky a výstražný kříž upozorňující na železniční přejezd
- Příkázaný směr jízdy vlevo a vpravo
- Kilometrovník

Zároveň se tyto zásady nevztahují na přenosné dopravní značení, kde je doporučeno umístění spodního okraje minimálně 0,6 m nad úrovní vozovky [1].

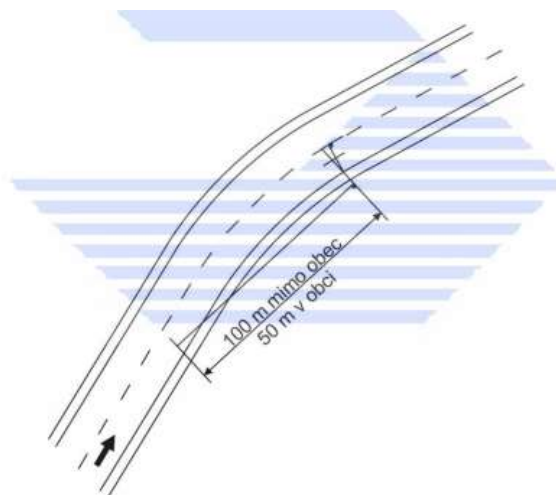
b) Umístění nad vozovkou

V tomto případě tvoří spodní okraj značení včetně dodatkové tabulky spolu s úrovní vozovky prostor pro projíždějící vozidla. U dálnic a silnic I. třídy je tento rozměr stanoven na 5,2 m a na ostatních pozemních komunikacích na 5 m. Jedná-li se o značení prosvětlené nebo osvětlené vnějším světelným zdrojem je tento rozměr zvýšen na 5,35 m. Naopak nejvýše může být již zmíněný spodní okraj ve výši 5,5 m. V případě, že je značení použito v podjezdu nebo tunelu, platí pro jeho umístění zvláštní ustanovení a je ho tak možné připevnit na již existující konstrukci [1].

Obdobné výjimky platí i při umísťování v blízkosti trolejového vedení.

4.8.4.3 Požadavky na směrové umístění

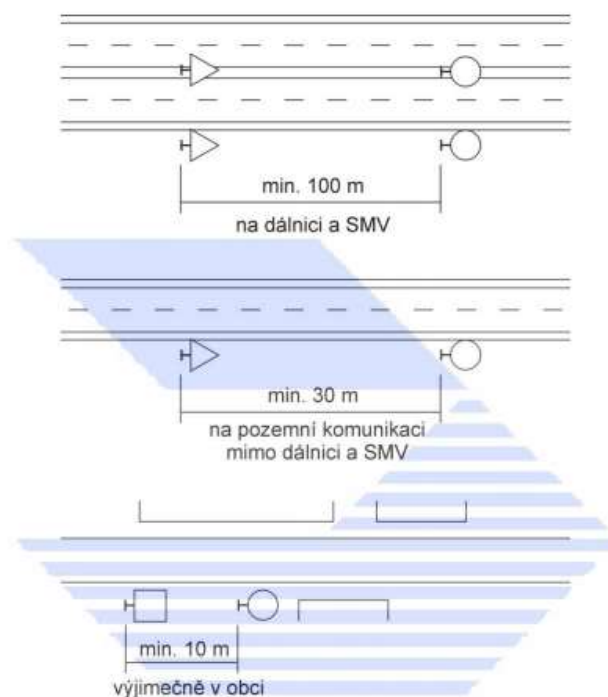
Požadavek na směrové umístění je stanoven tak, že značení musí být připevněno kolmo ke směru provozu. V případě použití reflexního značení musí toto pro zaručení maximálního účinku odrazu světelných paprsků být umístěno mimo obec ve vzdálenosti 100 m a v obci 50 m [1][2].



Obrázek 31: Směrové umístění [1]

4.8.4.4. Vzdálenost mezi značeními

Ve směru podélném jsou značky umísťovány navzájem tak daleko, aby je bylo možné včas a správně vnímat. Na dálnicích a silnicích pro motorová vozidla (zkráceně SMV) je tato minimální vzdálenost určena na 100 m s výjimkou mimoúrovňových křižovatek a odpočívadel, kde je stanovena na 30 m. Stejná vzdálenost platí také u ostatních pozemních komunikací. Pokud se jedná o méně významné pozemní komunikace v obci, může tato vzdálenost být zkrácena až na 10 m [1][2].



Obrázek 32: Vzdálenost mezi značeními [1]

4.8.4.5 Uspořádání SDZ

Značení se na nosné konstrukci umísťují vždy pod sebou a symetricky. Dodatková tabulka je umístěna pod značením, u kterého upřesňuje jeho význam. Na jedné konstrukci je možné umístit pouze značení totožné velikosti. Jedná-li se o značení velkoplošná, jsou umísťována vedle sebe, a to tak, aby byly spodním okrajem ve stejné úrovni. Zakázáno je společné umístění značení, které mají odlišné světelně technické vlastnosti a také značení různých skupin [1][2].

Omezení platí také co do počtu značení na jedné konstrukci. Na jedné nesmí být umístěno více než dvě značení, přičemž dodatkové tabulky se nezapočítávají. Dále se tento počet nevztahuje na směrové tabule a návěsti před křižovatkou. Obecně platí doporučení, že na jedné konstrukci má být umístěno maximálně deset informačních údajů [1][2].

4.8.4.6 Platnost

Značení umístěné vedle vozovky či nad ní platí v daném směru jízdy pro celou vozovku s výjimkou zákazového nebo příkazového značení, které je umístěno nad vyznačeným jízdním pruhem. Poté zákaz platí pouze pro tento jízdní pruh. Dále neplatí pro značení upravující zastavení nebo stání, jenž platí pouze pro tu stranu pozemní komunikace, kde je umístěna.

Není-li zákaz či omezení ukončeno jinak, je ukončen na vzdálenější hranici té křižovatky, která se nahází nejbliže.

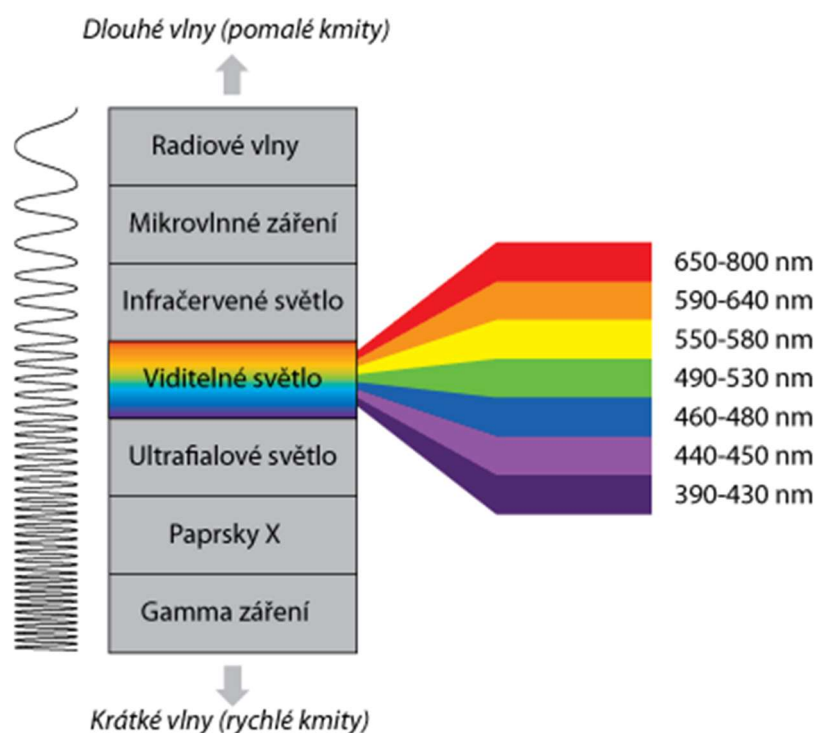
Pokud se jedná o dočasnou neplatnost značení například z důvodu probíhající opravy komunikace, neplatnost značení je zpravidla realizována škrtnutím či překrytím oranžovo-černým pruhem o minimální šíři 50 mm. Chceme-li zneplatnit celé značení, tak jej buď křížově škrtneme, nebo celé značení zakryjeme i za cenu použití přídavné konstrukce, neboť zakrytí musí být účinné i za snížené viditelnosti. Výjimkou je značení upravující přednost, kde tento způsob zneplatnění nelze použít. Pakliže má být platnost zrušena na dobu delší než tři měsíce, je doporučeno značení úplně zakrýt nebo demontovat. Při zneplatňování je nutno dbát zvýšené opatrnosti, abychom předešli poškození činné plochy [1][2].

4.8.4.7 Údržba

Stejně jako je tomu napříč všemi obory i u dopravního značení hraje velkou roli jeho údržba, aby mohla být zajištěna jeho správná funkce. Údržbou je myšleno pravidelné čištění a obnova, jenž zaručují správnou, a především včasnou viditelnost. Zároveň je nutné značení zabezpečit proti povětrnostním podmínkám, aby nedocházelo k jejich deformaci, a tím ke snížené viditelnosti [1].

4.9 Vnímání barev

Schopnost vnímání barev představuje důležitou roli při vnímání nejen dopravního značení, neboť se jedná o jev značně subjektivní. Pomineme-li část populace, která není schopna barvy rozeznat, zůstane zde poměrně mnoho jedinců, z nichž každý daný objekt vnímá po svém. Barvy obecně je člověk schopen vnímat díky fyzikální vlastnosti světla, kterou nazýváme vlnovou délkou. Důvodem proč všichni jedinci nevnímají světlo potažmo barvy stejně, je především fakt, že není vyzařováno rovnoměrně ve všech vlnových délkách. Tato nerovnoměrnost vlnových délek tedy v podstatě definuje jednotlivé barvy, přičemž právě přechody mezi nimi mohou být vnímány různě. Samotná barevnost předmětů je určena jejich schopností světlo odrazit nebo naopak pohltit. Lidské oko dokáže zachytit záření v rozmezí 400 až 750 nm. Pod hranicí 400 nm se jedná o záření ultrafialové a nad 750 nm pak mluvíme o infračerveném [23][24].



Obrázek 33: Vnímání barev [23]

Mnoha studiemi je dokázáno, že různé barvy působí na lidi odlišně. Výběr barvy textu s velkou pravděpodobností dokáže ovlivnit, jak bude tento text přijímán nehlédě na jeho obsah. Samozřejmě záleží i na okolnostech jako je aktuální prostředí a rozpoložení jedince. Základní dělení barev je uvedeno níže [23][24].

- **Studené a teplé barvy**
 - Studené – modrá, zelená či fialová. Obecně se jedná o pestré barvy.
 - Teplé – žlutá, oranžová nebo purpurová. Objekty těchto barev jsou většinou zdrojem tepla.
- **Aktivní a pasivní barvy**
 - Červená – navozuje pocit být aktivní, tj. signál nebezpečí
 - Zelená – obecně vnímána jako uklidňující barva

4.10 Psychologie

Důležitou roli při vnímání dopravního značení hraje také psychologie, respektive aktuální rozpoložení a soustředěnost řidiče. Toto má zásadní vliv na vnímání okolí, což je při řízení vozidla nezbytné. Předpokladem bezpečné jízdy je koncentrovaný řidič, který je schopen rozeznat tvar, barvu a především symbol, který je na daném značení uveden [26].

Pomineme-li tu možnost, že je řidič barvoslepý, mohou nám přirozeně včasné rozpoznání značení ztížit nepříznivé povětrnostní podmínky či nečitelnost. Na druhé straně je zde ale řada faktorů na straně řidiče, které se mohou také negativně projevit. Jedním z těchto faktorů je pozornost. Tu by měl zkušený řidič umět rozdělit dle aktuální potřeby tak, aby byl schopen provádět několik úkonů současně a ve stejné kvalitě. Přirozeným limitem je počet jevů, které dokáže zachytit buď ve stejném okamžiku, nebo v krátkých časových intervalech. Dalším faktorem je schopnost rozhodování [27]. Tato vlastnost je silně individuální, a tak je velmi těžké předvídat výši této schopnosti s jiným náhodně potkaným řidičem. S tímto pojmem souvisí také tzv. psychologická přednost. Tím je myšleno jednak vzdání se přednosti v jízdě v místech, kde ji řidič má a také vymožení si přednosti tam, kde tomu tak není. Z logiky věci se tyto psychologické stavy projevují hlavně na křižovatkách, které nejsou řízené. Příčinou těchto rozhodnutí jsou většinou omezené informace, časová tíseň, neznalost dopravních předpisů nebo reflexní jednání [27][28].

5 Vlastní zpracování - měření retroreflexe fólií

Měření probíhalo dle metodiky a posloupnosti popsané v kapitole 3. Z hlediska zastoupení jednotlivých tříd byly fólie rozděleny takto:

1) RA 1

- balotinové- 3M 3200, AD 1500, OR 5710
- mikroprizmatické - 3M EGP

2) RA 2

- mikroprizmatické - 3M 3930, AD 6500, OR 5910

3) RA 3

- mikroprizmatické - 3M 4090, AD 7500, OR 6910

Pozn. Jak bylo již uvedeno v kapitole 4, dále v textu budou balotinové fólie označovány zkratkou GB a mikroprizmatické písmenem M.

V následujících kapitolách jsou uvedeny výsledky měření součinitele retroreflexe R_A [$\text{cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$]. Vždy došlo k měření obou vzorků z dané sady jednotlivých barev a následně k porovnání těchto hodnot v přehledné tabulce.

5.1 Výsledky měření bílých fólií

Prvními zkoumanými vzorky byly fólie bílé barvy, které jsou v praxi používány v největší míře a které byly zastoupeny všemi již zmíněnými výrobci. Měřením bylo zjištěno, že naměřené hodnoty vzorků bílých fólií až na vzorky AD 6500, AD 7500 a OR 6910 odpovídaly hodnotám, které uvádí jejich výrobce. Přehled výsledků a jejich porovnání je zobrazen v tabulce č.

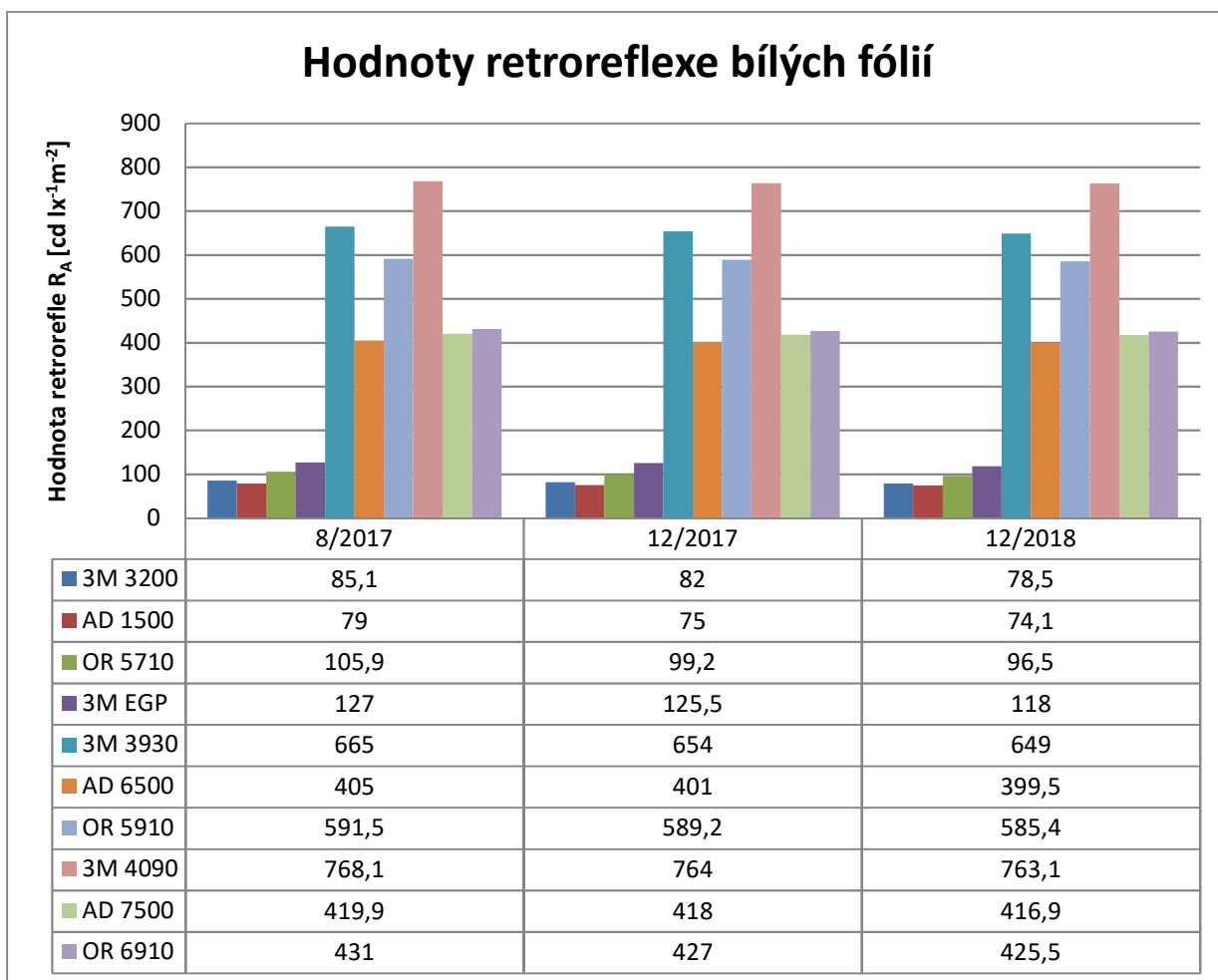
Dalším, ještě důležitějším krokem nutným pro ověření správnosti počátečních naměřených hodnot bylo jejich porovnání s hodnotami uvedenými v normě ČSN EN 12899-1. Ani zde nebyl odhalen žádný nesoulad reálně naměřených hodnot vůči hodnotám požadovaným.

Tabulka 1: Porovnání hodnot bílých fólií

Porovnání naměřených hodnot s údaji uvedenými výrobcem značení a normou ČSN EN 12899-1				
Druh fólie	Naměřená hodnota vzorku k expozici [cd lx ⁻¹ m ⁻²]	Naměřená hodnota vzorku k uskladnění [cd lx ⁻¹ m ⁻²]	Hodnota uvedená výrobcem [cd lx ⁻¹ m ⁻²]	Hodnota dle ČSN EN 12899-1 [cd lx ⁻¹ m ⁻²]
3M 3200 (GB)	85,1	84,7	80	50
AD 1500 (GB)	79	73,4	70	50
OR 5710 (GB)	105,9	109,2	90	50
3M EGP (M)	127	131,6	120	50
3M 3930 (M)	665	677,9	540	180
AD 6500 (M)	405	413,6	420	180
OR 5910 (M)	591,5	592,7	480	180
3M 4090 (M)	768,1	769	680	300
AD 7500 (M)	419,9	422,2	420	300
OR 6910 (M)	431	433,5	400	300

V návaznosti na metodiku měření uvedenou v kapitole 3.2 byly v další části vyhodnoceny úbytky součinitele retroreflexe v čase. Jak je patrné z grafu č. 1, hodnoty bílých fólií neklesaly nikterak výrazně a zpravidla lineárním trendem.

Graf 1: Hodnoty retroreflexe bílých fólií



Z pohledu naměřených hodnot se jako nejlepší a tedy nejvýkonnější balotinová fólie třídy RA 1 ukázala fólie s označením OR 5710, která i po třetím měření vykazovala hodnotu bezmála $97 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$. Naopak nejnižší naměřená hodnota byla zjištěna u vzorku AD 1500, která činila $73,4 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$. Nejnižší hodnota požadovaná normou je přitom $50 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$ a lze tak tedy říci, že tyto hodnoty byly splněny s velkou rezervou, v případě nejvýkonnějšího vzorku dokonce skoro s dvojnásobnou. Mikroprizmatická fólie třídy RA 1 byla zastoupena pouze jedním vzorkem a to 3M EGP. Dle očekávání měl tento vzorek nejmenší naměřenou hodnotu ze všech mikroprizmatických fólií a to $118 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$.

Fólie třídy RA 2 jenž byly stejně jako třída RA 3 zastoupeny pouze mikroprizmatickými druhy fólií, vykazovaly obecně mnohonásobně vyšší hodnoty než ty, které udává norma tj. $180 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$. Nejvíce výkonná byla fólie 3M 3930, kde byla tato hodnota při posledním měření $649 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$. Jako nejméně výkonná byla vyhodnocena fólie AD 6500 s hodnotou po posledním měření $399,5 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$.

Posledními zkoumanými byly fólie třídy RA 3, u kterých se naměřené hodnoty výrazně lišily. Zatím co nejvýkonnější fólie 3M 4090 vykazovala hodnotu 763,1 cd lx⁻¹m⁻² ostatní dvě měly tyto hodnoty v rozmezí 50 – 60 % první zmíněné.

Obecně lze konstatovat, že fólie bílé barvy splňují požadavky s velkou rezervou i po uvedené době vystavení a lze tak u nich předpokládat dodržení těchto požadavků i po uplynutí doby životnosti.

5.2 Výsledky měření červených fólií

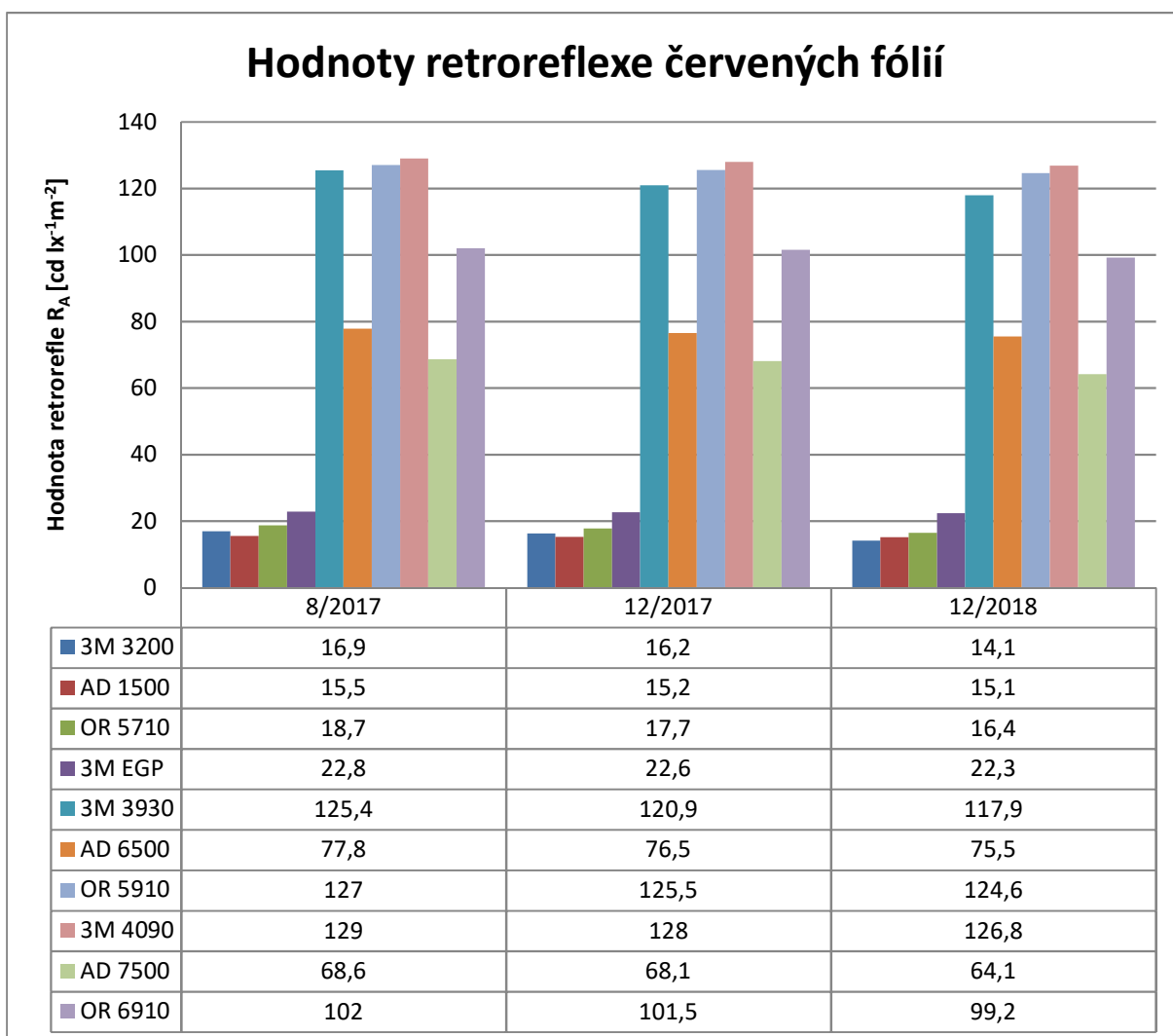
Všech deset vzorků zkoumaných červených fólií bylo vyrobeno technologií sítotisku s nanesením barvy. Požadavky normy ČSN EN 12899-1 byly splněny všemi vzorky. Při porovnání s hodnotami, které uvádí výrobce, byly nalezeny čtyři sady vzorků s hodnotami nižšími. Konkrétně se jedná o AD 1500, OR 5710, AD 6500 a AD 7500. Přehled všech těchto hodnot je uveden v tabulce č. 2.

Tabulka 2: Porovnání hodnot červených fólií

Porovnání naměřených hodnot s údaji uvedenými výrobcem značení a normou ČSN EN 12899-1				
Druh fólie	Naměřená hodnota vzorku k expozici [cd lx⁻¹m⁻²]	Naměřená hodnota vzorku k uskladnění [cd lx⁻¹m⁻²]	Hodnota uvedená výrobcem [cd lx⁻¹m⁻²]	Hodnota dle ČSN EN 12899-1 [cd lx⁻¹m⁻²]
3M 3200 (GB)	16,9	16,2	-	10
AD 1500 (GB)	15,5	15,8	19	10
OR 5710 (GB)	18,7	19,4	20	10
3M EGP (M)	22,8	26,5	-	10
3M 3930 (M)	125,4	126,7	110	25
AD 6500 (M)	77,8	70	80	25
OR 5910 (M)	127	130,4	-	25
3M 4090 (M)	129	128,8	120	60
AD 7500 (M)	66	69,4	97	60
OR 6910 (M)	102	102,4	-	60

Dále byly hodnoty již zmíněných fólií posuzovány z hlediska rychlosti degradace, které znázorňuje graf č. 2.

Graf 2: Hodnoty retroreflexe červených fólií



Jako nejvýkonnější balotinová fólie třídy RA 1 byla vyhodnocena OR 5710, která měla po posledním měření naměřenou hodnotu $16,4 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$. Naopak jako nejméně výkonná byla vyhodnocena 3M 3200, jenž měla sice druhou nejvyšší naměřenou hodnotu na počátku, ale byl u ní zaznamenán propad až na $14,1 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$.

Z pohledu třídy RA 2 se jevila jako nejvíce výkonná fólie OR 5910 s hodnotou po posledním měření $124,6 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$. Fólie AD 6500, která dopadla v hodnocení nejhůře, měla naměřenou hodnotu podstatně nižší, a to $75,5 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$.

Vzorky třídy RA 3 byly zastoupeny stejně jako třída RA 2 třemi vzorky. Nejvyšší hodnota byla naměřena u vzorku 3M 4090, a to $126,8 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$.

Souhrnně lze konstatovat, že v případě balotinových fólií nejsou naměřené hodnoty o tolik

vyšší jako je tomu u mikroprizmatických a je zde tak reálná možnost, že po uplynutí garantované doby například fólie 3M 3200 již nebude splňovat požadavky dané normou.

5.3 Výsledky měření modrých fólií

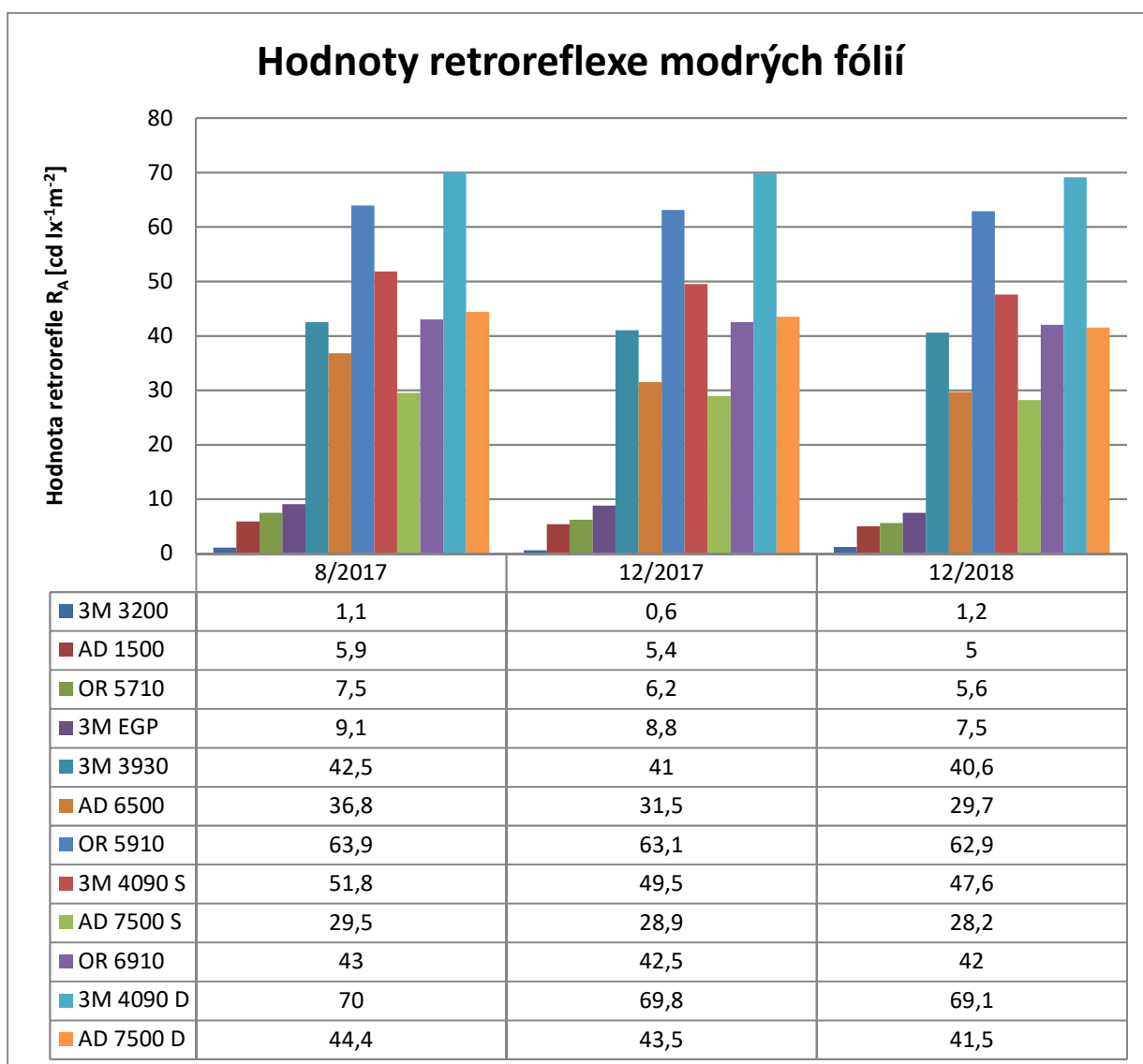
Fólie modré barvy byly zastoupeny 12 vzorky vyrobených buď pomocí technologie sítotisku, či digitálního tisku. Všechny vzorky vyjma 3M 3200 splnily požadavky normy ČSN EN 12899-1. U tohoto vzorku určeného k expozici byla naměřená hodnota téměř poloviční. Hodnoty uváděné výrobcem nebyly potvrzeny u vzorků 3M EGP, 3M 3930 a AD 6500. U posledního zmíněného byl také zjištěn velký rozdíl mezi vystaveným a skladovým vzorkem, který patrně vzniknul měřením méně kvalitativně zpracované části. Přehled naměřených hodnot je uveden v tabulce č. 3.

Tabulka 3: Porovnání hodnot modrých fólií

Porovnání naměřených hodnot s údaji uvedenými výrobcem značení a normou ČSN EN 12899-1				
Druh fólie	Naměřená hodnota vzorku k expozici [cd lx ⁻¹ m ⁻²]	Naměřená hodnota vzorku k uskladnění [cd lx ⁻¹ m ⁻²]	Hodnota uvedená výrobcem [cd lx ⁻¹ m ⁻²]	Hodnota dle ČSN EN 12899-1 [cd lx ⁻¹ m ⁻²]
3M 3200 (GB)	1,1	1,2	-	2
AD 1500 (GB)	5,9	6,2	-	2
OR 5710 (GB)	7,5	7,6	7	2
3M EGP (M)	9,1	9,4	10	2
3M 3930 (M)	42,5	46,8	50	14
AD 6500 (M)	36,8	29,7	39	14
OR 5910 (M)	63,9	64,4	-	14
3M 4090 (M)	51,8	52,1	35	19
AD 7500 (M)	29,5	30,1	-	19
OR 6910 (M)	43	43,8	-	19
3M 4090 (M)	70	68,8	-	19
AD 7500 (M)	44,4	44,7	-	19

V následujícím grafu jsou zobrazeny hodnoty součinitele retroreflexe v závislosti na čase.

Graf 3: Hodnoty retroreflexe modrých fólií



Nejvýkonnější balotinová fólie byla vyhodnocena opět OR 5710 s hodnotou $5,6 \text{ cd lx}^{-1} \text{ m}^{-2}$. Jak již bylo zmíněno, modrá fólie typu 3200 měla již od počátku nevyhovující hodnoty. Nejvíce výkonná mikroprizmatická fólie třídy RA 2 byla OR 5910 s hodnotou $62,9 \text{ cd lx}^{-1} \text{ m}^{-2}$ a pro třídu RA 3 potom 3M 4090 D u níž bylo naměřeno $61,9 \text{ cd lx}^{-1} \text{ m}^{-2}$. Fólie typu 3M 4090 a AD 7500 byly v této barvě zastoupeny dvakrát, avšak pokaždé od jiného výrobce a tedy s jinou technologií výroby. Písmeno S na konci je zkratka pro technologii sítotisku a písmeno D pro digitální tisk.

5.4 Výsledky měření zelených fólií

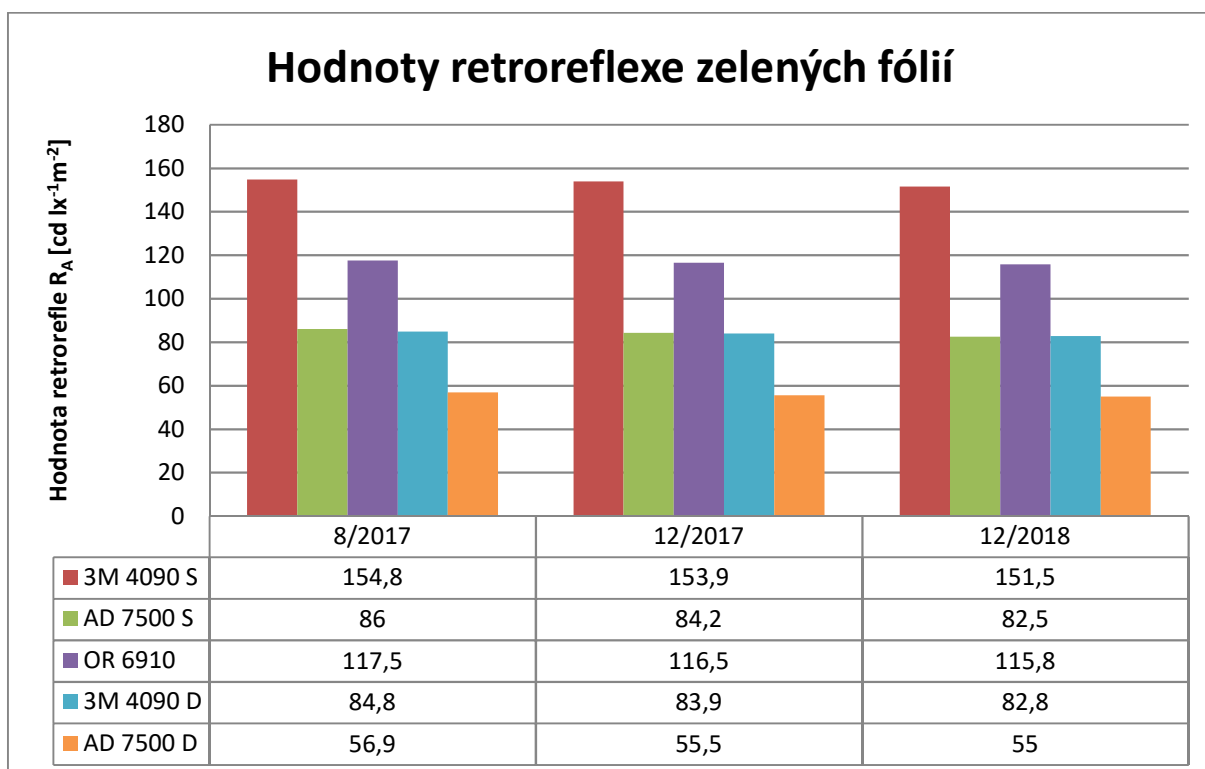
Vzorků fólií této barvy bylo pět a všechny pouze v nejvýkonnější třídě RA 3 a naměřené hodnoty tak v některých případech mnohonásobně převyšovaly ty požadované normou ČSN EN 12899-1. Hodnoty uvedené výrobcem nebyly pro tyto vzorky k dispozici.

Tabulka 4: Porovnání hodnot zelených fólií

Porovnání naměřených hodnot s údaji uvedenými výrobcem značení a normou ČSN EN 12899-1				
Druh fólie	Naměřená hodnota vzorku k expozici [cd lx ⁻¹ m ⁻²]	Naměřená hodnota vzorku k uskladnění [cd lx ⁻¹ m ⁻²]	Hodnota uvedená výrobcem [cd lx ⁻¹ m ⁻²]	Hodnota dle ČSN EN 12899-1 [cd lx ⁻¹ m ⁻²]
3M 4090 (M)	154,8	155,9	-	30
AD 7500 (M)	86	90,3	-	30
OR 6910 (M)	117,5	118,8	-	30
3M 4090 (M)	84,8	85	-	30
AD 7500 (M)	56,9	57	-	30

Naměřené hodnoty součinitele retroreflexe z jednotlivých měření jsou zobrazeny v grafu č.4.

Graf 4: Hodnoty retroreflexe zelených fólií



Zde byla jako nejvýkonnější fólie vyhodnocena 3M 4090 vyrobená technologií sítotisku s hodnotou $151,5 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$. Fólie s nejmenší naměřenou hodnotou tj. AD 7500 i přesto vykazovala skoro dvojnásobnou hodnotu, než udává norma.

5.5 Porovnání výsledků všech barev dle jednotlivých tříd

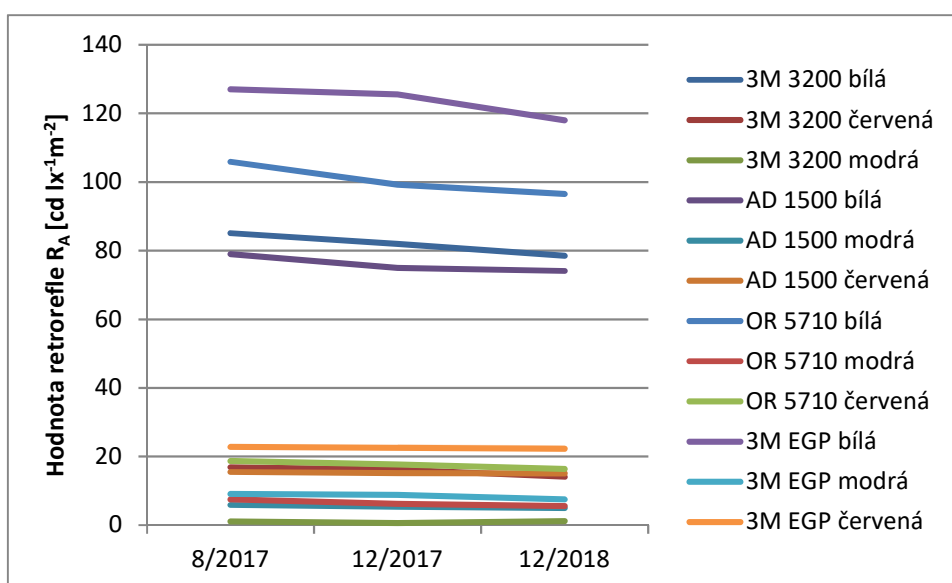
5.5.1 Třída RA 1

Porovnání v rámci třídy RA 1 bylo realizováno na 12 vzorcích jejichž seznam a naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 5 a grafu č. 5 níže.

Tabulka 5: Seznam vzorků třídy RA 1

Název výrobce	Série	Konstrukce	Třída folie	Barva	Technologie
3M	3200	GB	1	BÍLÁ	Bez úpravy
3M	3200	GB	1	ČERVENÁ	Sítotisk
3M	3200	GB	1	MODRÁ	Sítotisk
AD	1500	GB	1	BÍLÁ	Bez úpravy
AD	1500	GB	1	MODRÁ	Sítotisk
AD	1500	GB	1	ČERVENÁ	Sítotisk
OR	5710	GB	1	BÍLÁ	Bez úpravy
OR	5710	GB	1	MODRÁ	Sítotisk
OR	5710	GB	1	ČERVENÁ	Sítotisk
3M	EGP	M	1	BÍLÁ	Bez úpravy
3M	EGP	M	1	MODRÁ	Sítotisk
3M	EGP	M	1	ČERVENÁ	Sítotisk

Graf 5: Hodnoty retroreflexe fólií třídy RA 1



Měřením bylo zjištěno, že míra degradace u fólií této třídy byla zdaleka nejvyšší. Nejhorší výsledky měření vykazovala modrá fólie OR 5710, kde byl zjištěn rozdíl mezi prvním a posledním měřením enormních 26,3 %. Naopak nejlepších naměřených výsledků dosáhla modrá fólie 3M 3200 a bílá AD 1500, u kterých nebyl zjištěn žádný rozdíl v naměřených hodnotách. V případě první zmiňované bylo ale také při prvním měření zjištěno, že naměřená hodnota je nižší, než ta požadovaná normou. Naměřeno bylo 1,2 a minimální požadavek je přitom $2 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$.

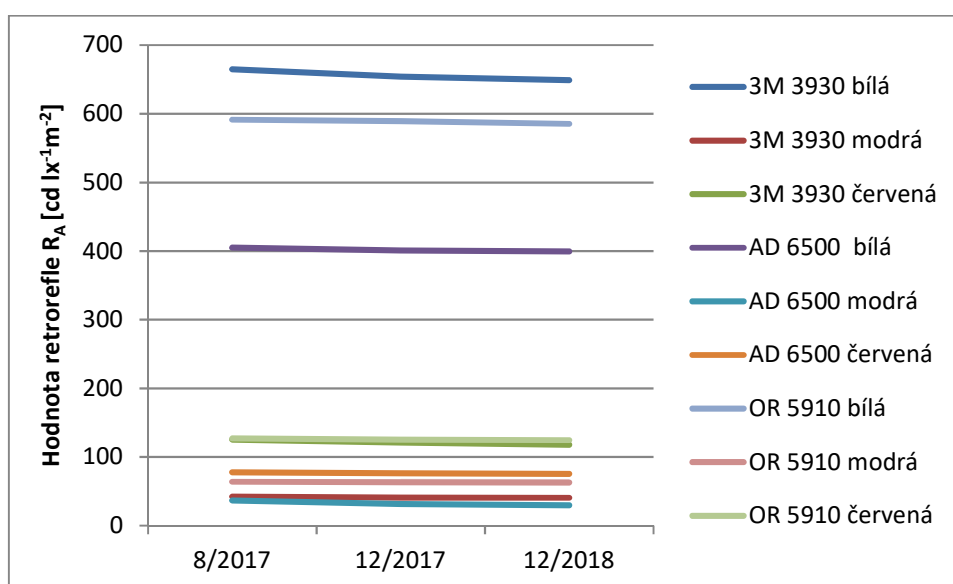
5.5.2 Třída RA 2

Vzorky třídy RA 2 byly zastoupeny 9 vzorky a to v barvě bílé, červené a modré. Seznam těchto vzorků spolu s jejich hodnotami jsou zobrazeny v tabulce č. 6 a grafu č. 6 níže.

Tabulka 6: Seznam vzorků třídy RA 2

Název výrobce	Série	Konstrukce	Třída folie	Barva	Název výrobce
3M	3930	M	2	BÍLÁ	Bez úpravy
3M	3930	M	2	MODRÁ	Sítotisk
3M	3930	M	2	ČERVENÁ	Sítotisk
AD	6500	M	2	BÍLÁ	Bez úpravy
AD	6500	M	2	MODRÁ	Sítotisk
AD	6500	M	2	ČERVENÁ	Sítotisk
OR	5910	M	2	BÍLÁ	Bez úpravy
OR	5910	M	2	MODRÁ	Sítotisk
OR	5910	M	2	ČERVENÁ	Sítotisk

Graf 6: Hodnoty retroreflexe fólií třídy RA 2















U vzorků třídy RA 2 byl úbytek naměřených hodnot nejnižší. Zatímco hodnoty u vzorků RA 1 se v průměru snížily o 10,7 %, u třídy RA 2 to bylo pouze 3,1 %. Největší snížení u této třídy bylo naměřeno u vzorku 3M 3930 modré barvy a nejmenší, respektive žádné snížení u vzorků AD 6500 modré a červené barvy.

5.5.3 Třída RA 3

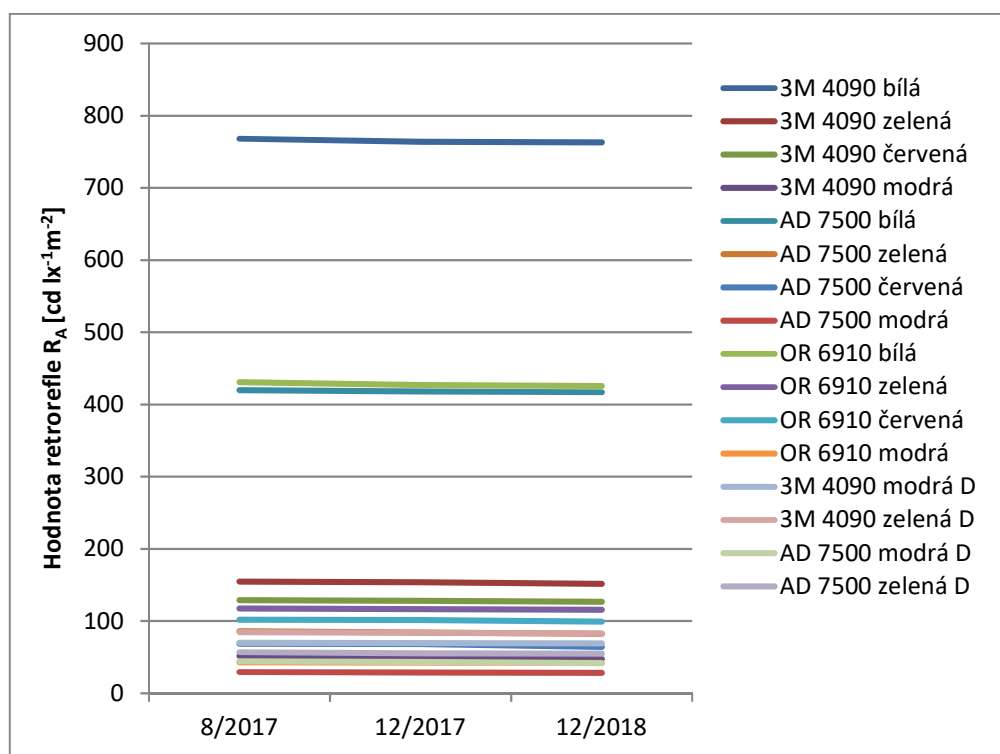
Posledních 16 vzorků patřilo třídě RA 3, přičemž tato třída zahrnovala kromě barev třídy RA 2 navíc také barvu zelenou. Seznam a výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 7 a grafu č. 7 níže.

Tabulka 7: Seznam vzorků třídy RA 3

Název výrobce	Série	Konstrukce	Třída folie	Barva		Název výrobce
3M	4090	M	3		BÍLÁ	Bez úpravy
3M	4090	M	3		ZELENÁ	Sítotisk
3M	4090	M	3		ČERVENÁ	Sítotisk
3M	4090	M	3		MODRÁ	Sítotisk
AD	7500	M	3		BÍLÁ	Bez úpravy
AD	7500	M	3		ZELENÁ	Sítotisk
AD	7500	M	3		ČERVENÁ	Sítotisk
AD	7500	M	3		MODRÁ	Sítotisk
OR	6910	M	3		BÍLÁ	Bez úpravy
OR	6910	M	3		ZELENÁ	Sítotisk
OR	6910	M	3		ČERVENÁ	Sítotisk
OR	6910	M	3		MODRÁ	Sítotisk
3M	4090	M	3		MODRÁ	Digitální tisk
3M	4090	M	3		ZELENÁ	Digitální tisk
AD	7500	M	3		MODRÁ	Digitální tisk
AD	7500	M	3		ZELENÁ	Digitální tisk

Druhá nejmenší degradace vzorků byla naměřena u třídy RA 3, kde tato průměrná hodnota činila pouhých 3,9 %. U vzorku 3M 4090 modré barvy nebyla v průběhu měření zjištěna žádná změna hodnot. Největší rozdíl byl odhalen u dvou vzorků, a to 3M 4090 modré barvy a AD 7500 v barvě zelené, přičemž oba vykazovaly rozdíl hodnot 8,6 %.

Graf 7: Hodnoty retroreflexe fólií třídy RA 3



5.6 Vizuální porovnání vzorků s naměřenými hodnotami

Dílejší součástí praktické části bylo porovnání vzorků nafocených dle popisu v kapitole 3.3. Vlivem zakrytí většiny plochy každého vzorku degradace nemohla probíhat na celém povrchu rovnoměrně. Vzorky byly usazeny tak, že vystavený vzorek byl na fotografii vždy vlevo a skladový vpravo. Budeme-li předpokládat, že hodnota u skladového vzorku se za dobu experimentu buď nezměnila vůbec, či pouze minimálně, dá se očekávat největší rozdíl v odrazivosti mezi plochou, která byla po celou dobu nezakrytá tj. levý horní roh a mezi plochou nejdéle zakrytou tj. pravý spodní roh. Fotografie ukázky vzorků včetně grafického znázornění úbytku součinitele retroreflexe je uvedena v příloze 6, z důvodu velkého objemu dat je vyhodnocení ostatních vzorků uloženo na CD. U většiny vzorků je na delších stranách po celé délce možné zpozorovat přibližně 1 cm široký pruh, který vznikl od připevnění tabulky. Tyto pruhy nebudou při vyhodnocování brány v potaz.

U sady vzorků 1 až 3 tedy fólie typu 3M 3200 byla odrazivost vždy velice podobná a vyhodnocena jako velmi nízká. Fólie typu AD 1500, jenž byla reprezentována vzorky 4 až 6, odrážela světlo podstatně lépe, nejlépe potom bílá. Dalším typem byla fólie OR 5710 zastoupená vzorky 7 až 9, jenž byla ve všech barvách srovnatelná s 3M 3200 až na bílou,

kteřá odrážela světlo velmi dobře.

Byl zde také dobře patrný rozdíl v intenzitě mezi zalepenou a nezalepenou plochou. Poslední trojici zastupující třídu RA 1 byly fólie typu 3M EGP.

Na rozdíl od všech předchozích se jedná o konstrukci mikroprizmatickou, což se zásadně projevilo na její odrazivosti. Ze všech barev byla bílá vyhodnocena nejen jako nejlépe odrážející světlo v rámci 3M EGP, ale také v rámci celé třídy RA 1.


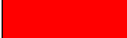


U vzorků 13 až 15 tedy prvními třídy RA 2 stejně jako u vzorků 16 až 18 je odrazivost vždy nejlépe patrná u bílého vzorku vpravo dole a lze ji hodnotit jako velmi dobrou. U obou těchto sad je rozdíl v odrazivosti dobře vidět i u modré barvy.

Vzorky třídy RA 3 vykazovaly nejlépe viditelnou odrazivost ze všech testovaných. Velice dobrá odrazivost byla vyhodnocena u typu fólie AD 7500, a to u všech barev. Dále potom také u typu OR 6910, kde byl nejlépe patrný u bílého vzorku. U modrého vzorku tohoto typu zřejmě došlo vlivem přepravy k poškození vrchní vrstvy na skladovém vzorku a v této oblasti tak byla odrazivost minimální. U vzorků typu 3M 4090 a AD 7500, které byly k dispozici ve dvou provedeních, byla odrazivost více vnímána u vzorků vyrobených technologií sítotisku.

5.7 Vyhodnocení vnímání retroreflexe za tmy

Vnímání retroreflexe bylo porovnáváno na sadách vzorků, u kterých za dobu vystavení klesl součinitel retroreflexe minimálně o 15 %. Snahou bylo přiblížit podmínky fotografování těchto vzorků reálné situaci, která může nastat při provozu na pozemní komunikaci. Umístění vzorků z hlediska orientace bylo totožné jako u předchozího focení s tím rozdílem, že byly umístěny na stojanu dopravního značení. Celkem se jedná o pět vzorků, jejichž přehled je uveden v tabulce č. 8 níže.





Tabulka 8: Vzorky s nejvíce sníženou hodnotou

Výrobce	Typ	Konstrukce	Třída	Barva	Výrobce	Odchylka [%]
OR	5710	B	RA 1		Araplast	26,3
OR	5710	B	RA 1		Araplast	15,5
3M	EGP	M	RA 1		Araplast	20,2
3M	EGP	M	RA 1		Araplast	15,8

5.7.1 Sada OR 5710 modrá

Při osvětlení obou těchto vzorků potkávajícími světly bylo u vzorku vystaveného vpravo možné pozorovat viditelně rozdílnou odrazivost dle polí, které byly zakryty. Nejdéle zakryté pole mělo tuto odrazivost nejvyšší a v podstatě shodnou jako skladový vzorek. Levý horní roh, tedy část po celou dobu vystavení odkrytá vykazovala značně sníženou schopnost odrazivosti. V případě dálkových světél byl rozdíl odrazivosti mezi vzorky minimální. Na detailu snímku jsou také patrná jednotlivá pole. Z pohledu vnímání na tuto vzdálenost lze pozorovat, že tato degradace měla vliv na menší odrazivost.





Tabulka 9: Fotografie vzorků OR 5710 modrá

Fotografie sady vzorků OR 5710	
Vzdálenost 50 m	
Z vozidla	Detail
	
Vzdálenost 100 m	
Z vozidla	Detail
	

5.7.2 Sada OR 5710 červená

U této sady blíže zkoumaných vzorků byl naměřený rozdíl mezi hodnotami nejnižší a tato skutečnost také odpovídá v podstatě nepozorovatelné změně odrazivosti. Jak je tomu vidět i na detailech vzorků ani při tlumeném ani při dálkovém osvětlení zde nebyl zpozorován výraznější rozdíl.





Tabulka 10: Fotografie vzorků OR 5710 červená

Fotografie sady vzorků OR 5710	
Vzdálenost 50 m	
Z vozidla	Detail
	
Vzdálenost 100 m	
Z vozidla	Detail
	

5.7.4 Sada 3M EGP modrá

Výše zmíněná sada vzorků při osvětlení tlumeným světlem nevykazovala v odrazivosti mezi sebou větší rozdíl. V případě dálkových světel se tento rozdíl podstatně zvětšil a opět v podstatě kopíroval v minulosti zakrytá a nezakrytá místa. Také z obou detailů snímku je tento rozdíl dobře patrný a je tak možné říci, že hodnota $7,5 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$ pro modrou barvu je v třídě RA 1 hraniční.

Tabulka 11: Fotografie vzorků 3M EGP modrá

Fotografie sady vzorků 3M EGP	
Vzdálenost 50 m	
Z vozidla	Detail
	
Vzdálenost 100 m	
Z vozidla	Detail
	

5.7.5 Vzorek 3M EGP červený

Vnímání této sady vzorků bylo velice podobné červené sadě OR 5710. V obou případech byl propad hodnot větší než 15 %, ovšem z hlediska vnímání nebyl rozdíl tolik znatelný. Na vystaveném vzorku z této sady nebyl dokonce ani po přiblížení vidět náznak jednotlivých ploch tak, jak byly během experimentu zakryty.

Tabulka 12: Fotografie vzorků 3M EGP červená

Fotografie sady vzorků 3M EGP	
Vzdálenost 50 m	
Z vozidla	Detail
	
Vzdálenost 100 m	
Z vozidla	Detail
	

6 Výsledky a diskuze

Měřením bylo zjištěno, že kromě jednoho vzorku všechny splňují požadavky normy ČSN EN 12899-1 na hodnoty součinitele retroreflexe, a to po celou dobu experimentu. Mnoho prověřovaných vzorků zejména třídy RA 1 mělo již na počátku často o mnoho nižší reálnou naměřenou hodnotu retroreflexe, než udával jejich výrobce.

Průměrný rozdíl hodnot mezi prvním a posledním měřením byl 6,3 % a vůbec největší naměřený rozdíl byl u fólie OR 5710 modré barvy, kde činil 26,3 %. Při takto velkém rozdílu, kdy hodnota retroreflexe za 16 měsíců klesla o více než čtvrtinu, lze říci, že její viditelnost nebyla ideální. Řidič by značení v tomto stavu sice mohl rozpoznat včas, ovšem mohl by zde vyvstat zásadní problém s jeho pochopením z důvodu nečitelnosti.

Obecně lze konstatovat, že napříč všemi třídami vykazují největší hodnoty retroreflexe fólie bílé barvy, přičemž nejvyšší hodnotu ze všech měla fólie 3M 4090 a to $763,1 \text{ cd lx}^{-1}\text{m}^{-2}$.

7 Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na vnímání retroreflexe za snížené viditelnosti, na kterou v dnešní době není kladen takový důraz, jako by měl být. Dostatečná odrazivost má přitom bez pochyby zásadní vliv na bezpečnost provozu na pozemních komunikacích.

V úvodu této práce, v teoretické části, byly podrobně popsány jednotlivé druhy fólií používané pro svislé dopravní značení, jejich rozdělení do jednotlivých tříd, vlastnosti a také způsoby měření. Dále zde byly popsány jednotlivé druhy svislého dopravního značení, jeho význam, požadavky na umístění a také na jeho konstrukci.

Praktická část této práce se zabývala samotným měřením vzorků v určitých časových intervalech, které byly vystaveny povětrnostním vlivům. Následně bylo provedeno porovnání těchto hodnot s těmi, které uvádí výrobce a norma ČSN EN 12899-1. Zatímco s požadavky normy byly v souladu všechny zkoumané vzorky, s hodnotami uváděnými výrobcem tomu tak nebylo. Největší rozdíly těchto hodnot byly v řádu desítek procent. Dále byla vyhodnocována degradace, resp. úbytek součinitele retroreflexe v závislosti na čase. Největší úbytky vykazovaly vzorky nejnižší třídy, tedy RA1, přičemž největší úbytek činil více než jednu čtvrtinu. U většiny vzorků klesaly hodnoty lineárně a nikterak výrazně. Dále proběhlo zhodnocení vnímání retroreflexe za tmy, nejdříve pro všechny vzorky, a poté za podmínek, přibližujících reálný stav na pozemních komunikacích, přičemž druhá část byla realizována pouze na vzorcích, u kterých celkový rozdíl naměřených hodnot byl vyšší než 15%. Nebylo prokázáno, že by tento úbytek měl výraznější vliv na odrazivost světla a to jak při tlumeném, tak i dálkovém osvětlení. Viditelné rozdíly bylo možné spatřit až při přiblížení těchto fotografií, a je tak možno předpokládat, že značení v tomto stavu by pro řidiče nebyl problém včas zpozorovat a v případě většího počtu informací je všechny v dané rychlosti správně pochopit a vyhodnotit.

S ohledem na výsledky této práce spatřuji větší budoucnost u fólií s mikroprizmatickou konstrukcí, u kterých je v dnešní době dosahováno více než trojnásobku součinitele retroreflexe, na rozdíl od balotinových fólií. Pro tento argument hovoří také fakt, že požadavky na značení ve smyslu kvality budou jistě stoupat a snadno tak může dojít k situaci, kdy balotinové fólie pro vyšší úrovně komunikaci nebudou mít dostatečný výkon. S tím souvisí i z mého pohledu potřebná aktualizace normy ČSN EN 12899-1 prvotně vydané v roce 2008 a aktualizované v roce 2017. Původně tato norma vůbec neobsahovala požadované hodnoty součinitele pro třídu RA 3.

Po již zmíněné aktualizaci tyto údaje obsahuje, ovšem při bližším zkoumání je zřejmé, že hodnoty jsou totožné pro balotinové i mikroprizmatické fólie. Na místě by bylo hodnoty pro tyto druhy od sebe oddělit, což by dávalo prostor pro zvýšení hodnot mikroprizmatických fólií, a tím i bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích.

8 Seznam použitých zdrojů

- [1] REVIZE TP 65 zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích. *Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích - Technické podmínky: TP 65. 2.* Praha: Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací, 2011.
- [2] VYHLÁŠKA Ministerstva dopravy: 30/2001 Sb. In: . Praha: Ministerstvo dopravy, 2001, ročník 2001, číslo 3.
- [3] Retroreflexní filmy. RSA online [online]. Berlin: RSA Gruppe, 2015, 2015 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://www.rsa-95.de/13/Reflexfolien/Reflexfolien.htm>
- [4] ČSN EN 12899-1. Změna Z1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci a státní zkušebnictví, 2017.
- [5] Výroba retrotreflexních dopravních značek. In: *Marabu.de* [online]. Brno: Servis Centrum, 2009 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/1669453-Vyroba-retrotreflexnich-dopravnich-znacek.html>
- [6] Vlastní zpracování
- [7] Kurz osvětlovací techniky: Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1982. ISBN 978-80-248-3969-1
- [8] 3M. What is retroreflectivity & why is it important? [online]. USA: 3M, 2019 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: https://www.3m.com/3M/en_US/road-safety-us/resources/road-transportation-safety-center-blog/full-story/~~/road-signs-retroreflectivity/?storyid=328c8880-941b-4adc-a9f9-46a1cd79e637
- [9] Politika jakosti pozemních komunikací. *Politika jakosti pozemních komunikací* [online]. Praha: ŘSD, 2018 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/technicke-podminky-tp/>
- [10] Traffic Signs and Construction Zones. *www.orafol.com* [online]. Oranienburg, Germany: ORAFOL Europe, 2018 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: https://www.orafol.com/tl_files/content/downloads/Brochures/rs/europe/en/orafol-rs-traffic-signs-and-construction-zones-en.pdf
- [11] GEFAB. *Gefab.cz* [online]. Brno: Gefab, 2017 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://www.gefab.cz/74-dopravni-znacky-svisle-dopravni-znaceni.html>

- [12] GS Plus. GS plus [online]. Moravany: GS plus, 2019 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://www.gsplus.cz/dopravni-znacky-znaceni>
- [13] www.zehntner.com. *Zehntner* [online]. Germany: Zehntner, 2019 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://www.zehntner.com/products/categories/retroreflection/zrs-6060-retroreflectometer#versions>
- [14] C. Ai and J.J. Tsai, An automated sign retroreflectivity condition evaluation methodology using mobile LIDAR and computer vision, *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 63, 2016
- [15] KILIÁN, Karel. *Zive.cz. Www.zive.cz* [online]. Praha: zive.cz, 2018 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://vtm.zive.cz/clanky/cim-se-lidar-lisi-od-radaru-a-jaka-je-jeho-role-v-autonomnich-vozidlech/sc-870-a-195431/default.aspx>
- [16] Lidar-uk.com. *Lidar-uk.com* [online]. London: LIDAR UK, 2019 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://www.lidar-uk.com/how-lidar-works/>
- [17] Adas.upol.cz. *Adas.upol.cz* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2018 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://www.adas.upol.cz/system-znacky.html>
- [18] Rseproject.cz. *Rseproject.cz* [online]. Praha: RSE, 2018 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://www.rseproject.cz/index.php/zkuseb-lab/21-svisle-dopravni-znaceni>
- [19] TP 143 systém hodnocení přenosných svislých dopravních značek. *Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích - Technické podmínky: TP 143*. Praha: Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací, 2013.
- [20] Značky morava. *Znackymoravagroup.cz* [online]. Krnov: Značky morava, 2017 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://www.znackymoravagroup.cz/cs/submenu-nabizime-dopravni-znaceni-2>
- [21] www.dozna.cz. *Dozna.cz* [online]. Praha: dozna, 2005 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://www.dozna.cz/prod01.htm>
- [22] Elpa. *Elpa.cz* [online]. Ústí nad Labem: ELPA, 2009 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://www.elpa-leseni.cz/produkt-10-uchyt-pro-dopravni-znacky-umelohmotny>
- [23] Fotoroman.cz. *Fotoroman.cz* [online]. Praha: fotoroman, 2012 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://www.fotoroman.cz/tech2/svetlo01zaklad.htm>
- [24] *Techmania* [online]. Praha: techmania, 2010 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/svetlo/vnimani-barev>

- [25] Eluc.kr-olomoucky.cz. *Eluc.kr-olomoucky.cz* [online]. Olomouc: ELUC, 2008 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1778>
- [26] Psychologie dopravy. *Www.psychologiedopravy.cz* [online]. Lovosice: Psychologické poradenství a diagnostika, pracoviště s akreditací Ministerstva dopravy ČR, 2018 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://www.psychologiedopravy.cz/uvod-psychologie-dopravy>
- [27] UPOL. *Upol.cz* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2016 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://psych.upol.cz/dopravni-psychologie/>
- [28] Asociace dopravních psychologů ČESKÉ REPUBLIKY. *Www.dopravnipsychologovecr.cz* [online]. Praha: Asociace dopravních psychologů ČR, 2014 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <http://www.dopravnipsychologovecr.cz/>
- [29] VAKO mobiliář. *Vakomobiliar.cz* [online]. Praha: VAKO, 2103 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://www.vakomobiliar.cz/detail/objimka-na-dopravni-znacky-a60>
- [30] TP 165 proměnné svislé dopravní značky a zařízení pro provozní informace. - *Technické podmínky: TP 165*. Praha: Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací, 2004.
- [31] <https://safety.fhwa.dot.gov/>. *Https://safety.fhwa.dot.gov/* [online]. USA: Office of Safety, 2014 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: https://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/night_visib/policy_guide/fhwahrt08026/chapter3.cfm
- [32] *MARABU* [online]. Česká u Brna: Marabu, 2015 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://www.marabu-barvy.cz/>

Seznam souborů na CD

Diplomová práce: xblap002_DP.pdf

Příloha 6, vyhodnocení retroreflexe na zkoumaných vzorcích: xblap002_DP_priloha_6.pdf

Seznam obrázků

Obrázek 1: Seznam zkoumaných vzorků [6].....	4
Obrázek 2: Parametry osvětlení [7].....	5
Obrázek 3: Odrazivost za snížené viditelnosti [8].....	6
Obrázek 4: Konstrukce se zapouzďřenými kuličkami [10].....	8
Obrázek 5: Konstrukce s integrovanými skleněnými kuličkami [10].....	8
Obrázek 6: Prizmatická volně ložená konstrukce [10].....	9
Obrázek 7: Prizmatická konstrukce s použitím kovu [10].....	9
Obrázek 8: Rozdělení fólií [3].....	10
Obrázek 9: Vzory fólií [3].....	11
Obrázek 10: Vzor třídy RA 1 [3].....	12
Obrázek 11: Vzor třídy RA 2 [3].....	13
Obrázek 12: Vzor třídy RA 3 [3].....	13
Obrázek 13: Značení ve dne a v noci [3].....	14
Obrázek 14: Měřicí přístroj Zehntner [13].....	15
Obrázek 15: Obraz okolního prostoru ve 3D [15].....	16
Obrázek 16: Systém rozpoznávání dopravního značení [17].....	16
Obrázek 17: Příklad výstražné značky [1].....	19
Obrázek 18: Příklad značky upravující přednost [1].....	19
Obrázek 19: Příklad zákazové značky [1].....	20
Obrázek 20: Příklad příkazové značky [1].....	21
Obrázek 21: Příklady informativních značek [1].....	22
Obrázek 22: Rozměry značek [1].....	23
Obrázek 23: Příklady zvýraznění značení [1].....	23
Obrázek 24: Uchycení páskou Bandimex [6].....	24
Obrázek 25: Uchycení za lem [22].....	25
Obrázek 26: Uchycení patkou [6].....	25
Obrázek 27: Uchycení podstavcem [6].....	26
Obrázek 28: Příhradové nosníky [6].....	26
Obrázek 29: Boční umístění [1].....	28
Obrázek 30: Umístění vedle vozovky [1].....	29
Obrázek 31: Směrové umístění [1].....	30
Obrázek 32: Vzdálenost mezi značeními [1].....	31
Obrázek 33: Vnímání barev [23].....	33

Seznam tabulek

Tabulka 2: Porovnání hodnot bílých fólií	36
Tabulka 2: Porovnání hodnot červených fólií	38
Tabulka 3: Porovnání hodnot modrých fólií	40
Tabulka 4: Porovnání hodnot zelených fólií	42
Tabulka 5: Seznam vzorků třídy RA 1	43
Tabulka 6: Seznam vzorků třídy RA 2	44
Tabulka 7: Seznam vzorků třídy RA 3	45
Tabulka 8: Vzorky s nejvíce sníženou hodnotou	47
Tabulka 9: Fotografie vzorků OR 5710 modrá	48
Tabulka 10: Fotografie vzorků OR 5710 červená	49
Tabulka 11: Fotografie vzorků 3M EGP modrá	50
Tabulka 12: Fotografie vzorků 3M EGP červená	51

Seznam grafů

Graf 1: Hodnoty retroreflexe bílých fólií	37
Graf 2: Hodnoty retroreflexe červených fólií	39
Graf 3: Hodnoty retroreflexe modrých fólií	41
Graf 4: Hodnoty retroreflexe zelených fólií	42
Graf 5: Hodnoty retroreflexe fólií třídy RA 1	43
Graf 6: Hodnoty retroreflexe fólií třídy RA 2	44
Graf 7: Hodnoty retroreflexe fólií třídy RA 3	46

9 Přílohy

Příloha 1

Tabulka - Chromatičnost ve dne a činitel jasu, třída CR1 [4]

Barva	1		2		3		4		Činiteljasu β	
	x	y	x	y	x	y	x	y		
Bílá	0,355	0,355	0,305	0,305	0,285	0,325	0,335	0,375	\geq 0,35	\geq 0,27
Žlutá viz. tab. 3	0,522	0,477	0,470	0,440	0,427	0,483	0,465	0,534	\geq 0,27	
Žlutá viz. tab. 4	0,545	0,454	0,487	0,423	0,427	0,483	0,465	0,534		\geq 0,16
Oranžová	0,610	0,390	0,535	0,375	0,506	0,404	0,570	0,429	\geq 0,17	\geq 0,14
Červená	0,735	0,265	0,674	0,236	0,569	0,341	0,655	0,345	\geq 0,05	\geq 0,03
Modrá	0,078	0,171	0,150	0,220	0,210	0,160	0,137	0,038	\geq 0,01	\geq 0,01
Zelená	0,007	0,703	0,248	0,409	0,177	0,362	0,026	0,399	\geq 0,04	\geq 0,03
Tmavě zelená	0,313	0,682	0,313	0,453	0,248	0,409	0,127	0,557	$0,01 \leq \beta \leq$ 0,07	
Hnědá	0,455	0,397	0,523	0,429	0,479	0,373	0,558	0,394	$0,03 \leq \beta \leq$ 0,09	
Šedá	0,350	0,360	0,300	0,310	0,285	0,325	0,335	0,375	$0,12 \leq \beta \leq$ 0,18	

Příloha 2

Tabulka - Chromatičnost ve dne a činitel jasu, třída CR2 [4]

Barva	1		2		3		4		Činitel jasu β
	x	y	x	y	x	y	x	y	
Bílá	0,305	0,315	0,335	0,345	0,325	0,355	0,295	0,325	$\geq 0,40$
Žlutá	0,494	0,505	0,470	0,480	0,513	0,437	0,545	0,454	$\geq 0,24$
Červená	0,735	0,265	0,700	0,250	0,610	0,340	0,660	0,340	$\geq 0,03$
Oranžová	0,631	0,369	0,560	0,360	0,506	0,404	0,570	0,429	$\geq 0,14$
Zelená	0,110	0,415	0,170	0,415	0,170	0,500	0,110	0,500	$\geq 0,03$
Hnědá	0,455	0,397	0,523	0,429	0,479	0,373	0,558	0,394	0,03 – 0,09
Modrá	0,130	0,090	0,160	0,090	0,160	0,140	0,130	0,140	$\geq 0,01$
Šedá	0,350	0,360	0,300	0,310	0,285	0,325	0,335	0,375	0,12 - 0,18
Rubínová	0,735	0,265	0,674	0,236	0,569	0,341	0,608	0,345	$\geq 0,03$
Fluorescenční žlutozelená	0,387	0,610	0,460	0,540	0,438	0,508	0,376	0,568	$\geq 0,70$

Příloha 3

Tabulka součinitele retroreflexe pro třídu RA 1 [cd lx⁻¹m⁻²] [4]

Geometrie měření		Barva							
α	β_1 ($\beta_2 = 0$)	Bílá	Žlutá	Červená	Zelená	Modrá	Hnědá	Oranžová	Šedá
12'	+ 5°	70	50	14,5	9	4	1	25	42
	+ 30°	30	22	6	3,5	1,7	0,3	10	18
	+ 40°	10	7	2	1,5	0,5	#	2,2	6
20'	+ 5°	50	35	10	7	2	0,6	20	30
	+ 30°	24	16	4	3	1	0,2	8	14,4
	+ 40°	9	6	1,8	1,2	#	#	2,2	5,4
2°	+ 5°	5	3	1	0,5	#	#	1,2	3
	+ 30°	2,5	1,5	0,5	0,3	#	#	0,5	1,5
	+ 40°	1,5	1,0	0,5	0,2	#	#	#	0,9
# znamená, "Hodnota je větší než nula, ale není rozhodující"									

Příloha 4

Tabulka součinitele retroreflexe pro třídu RA 2 [cd lx⁻¹m⁻²] [4]

Geometrie měření		Barva							
α	β_1 ($\beta_2 = 0$)	Bílá	Žlutá	Červená	Zelená	Modrá	Hnědá	Oranžová	Šedá
12'	+ 5°	250	170	45	45	20	12	100	125
	+ 30°	150	100	25	25	11	8,5	60	75
	+ 40°	110	70	15	12	8	5,0	29	55
20'	+ 5°	180	120	25	21	14	8	65	90
	+ 30°	100	70	14	12	8	5	40	50
	+ 40°	95	60	13	11	7	3	20	47
2°	+ 5°	5	3	1	0,5	0,2	0,2	1,5	2,5
	+ 30°	2,5	1,5	0,4	0,3	#	#	1	1,2
	+ 40°	1,5	1,0	0,3	0,2	#	#	#	0,7
# znamená, "Hodnota je větší než nula, ale není rozhodující"									

Příloha 5

Tabulka součinitele retroreflexe pro třídu RA 3 [cd lx⁻¹m⁻²] [4]

Geometrie měření		Barva								
α	β_1 ($\beta_2 = 0$)	Bílá	Žlutá	Červená	Zelená	Modrá	Hnědá	Oranžová	Šedá	Žlutozelená fluorescenční
20'	+ 5°	300	195	60	30	19	9	150	150	270
	+ 20°	240	155	48	24	16	7,2	120	120	215
	+ 30°	165	110	33	17	11	5	83	82	140
	+ 40°	30	20	6	3	2	#	15	15	24
1°	+ 5°	35	23	7	3,5	2,5	1,1	18	18	70*
	+ 20°	30	20	6	3	2	#	15	15	60*
	+ 30°	20	13	4	2	1,5	#	10	10	43*
	+ 40°	3,5	2	1	#	#	#	2	1,8	9*
1° 30'	+ 5°	15	10	3	1,5	1	#	7,5	7,5	17*
	+ 20°	13	8	2,5	1	#	#	6,5	6,5	14*
	+ 30°	9	6	2	#	#	#	4,5	4,5	8,6*
	+ 40°	1,5	1	#	#	#	#	1	#	3,8*

Pro pozorovací úhel $\alpha = 20'$ a při osvětlovacích úhlech $\beta_1 = 5^\circ$ a $\beta_2 = 0^\circ$ nesmí být poměr maximální a minimální hodnoty součinitele retroreflexe při otočení o úhel rotace ε v mezích -75° až $+50^\circ$ po 25° větší než 2,5 : 1.

Hodnota je větší než nula, ale není rozhodující.

* Hodnoty jsou doporučené.

Příloha 6

Sada vzorků č. 1														
<p>Porovnání naměřených hodnot v období 8/2017 - 12/2018</p> <table border="1"> <caption>Data from Bar Chart</caption> <thead> <tr> <th>Období</th> <th>Hodnoty vystaveného vzorku</th> <th>Hodnota skladového vzorku</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8/2017</td> <td>85,1</td> <td>84,7</td> </tr> <tr> <td>12/2017</td> <td>82</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>12/2018</td> <td>78,5</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Období	Hodnoty vystaveného vzorku	Hodnota skladového vzorku	8/2017	85,1	84,7	12/2017	82	-	12/2018	78,5	-	<p>Detail struktury</p>	<p>Rozdíl naměřených hodnot</p> <p>7,3 %</p>
Období	Hodnoty vystaveného vzorku	Hodnota skladového vzorku												
8/2017	85,1	84,7												
12/2017	82	-												
12/2018	78,5	-												
	<p>Výrobce</p> <p>Značky Praha</p>	<p>Materiál/úprava</p> <p>3M 3200 / bez úpravy</p>												
<p>Fotografie sady vzorků zblízka</p>														