

ZPRÁVA Z MĚŘENÍ

Stanovení součinitele retroreflexe návěstidel a posouzení jejich optimálních parametrů

Zadavatel:

Správa železnic, státní organizace

Dlážděná 1003/7

110 00 Praha 1

Datum zpracování: 24. 1. 2025

1. Základní údaje

1.1 Identifikační údaje

Název:	Stanovení součinitele retroreflexe návěstidel a posouzení jejich optimálních parametrů
Objednatel:	Správa železnic, státní organizace, Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1
Zhotovitel:	Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Líšeňská 2657/33a, 636 00 Brno
Měření provedl:	Ing. Michal Janků, Ph.D., technický vedoucí Laboratoře dopravního značení

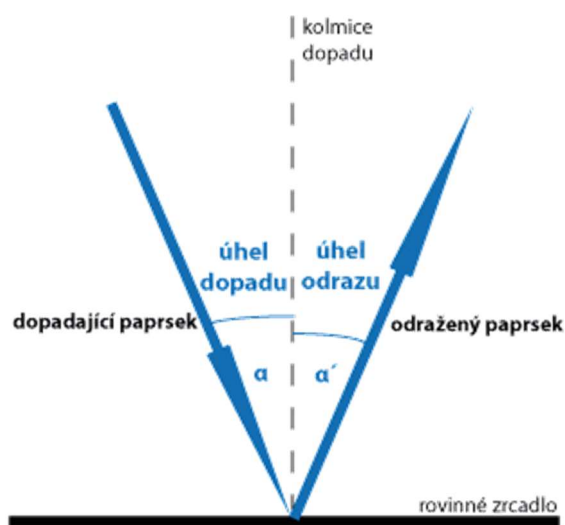
1.2 Popis problematiky

Správa železnic v poslední době zaznamenala stížnosti strojvedoucích na viditelnost návěstidel pro elektrický provoz a rozeznání návěsti v nočních hodinách při osvětlení reflektory instalovanými na hnacích vozidlech. Dochází k situacím, kdy při zpětném odrazu není zřetelný symbol zobrazený na návěsti a plocha návěsti splývá v jednu světelnou plochu.

2. Teorie a popis měření

2.1 Odraz světla (reflexe)

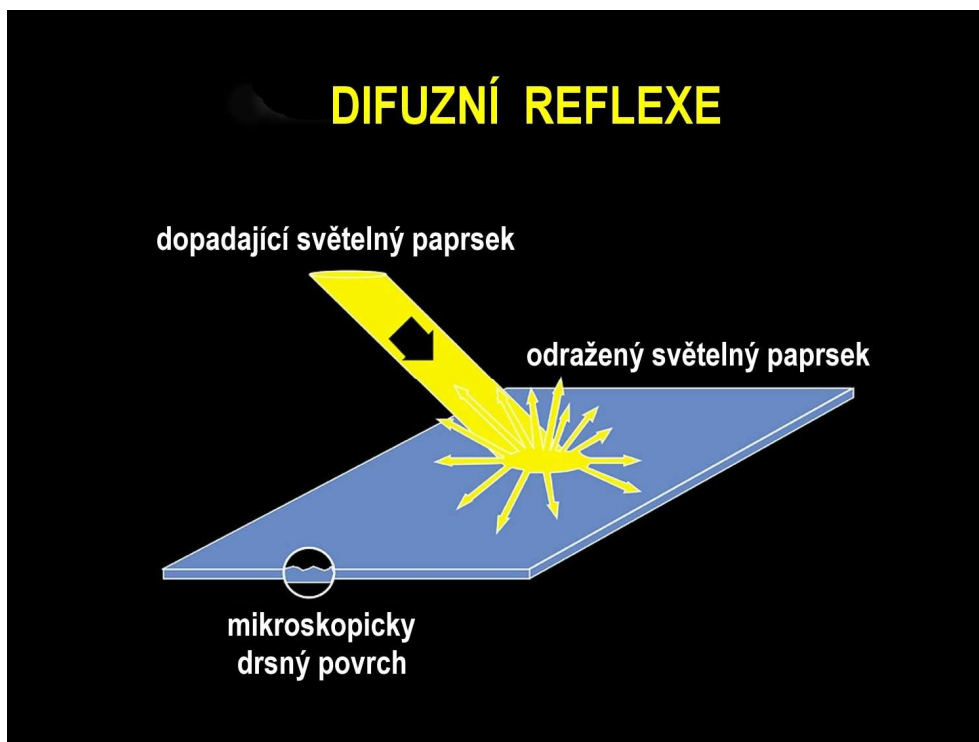
Světelný paprsek dopadá na rozhraní dvou optických prostředí pod úhlem dopadu α , který paprsek svírá s kolmicí dopadu vztyčenou v místě dopadu na rozhraní optických prostředí. Odražený paprsek svírá s kolmicí dopadu úhel odrazu α' . Vztah mezi úhlem dopadu a úhlem odrazu popisuje zákon odrazu: Velikost úhlu odrazu se rovná velikosti úhlu dopadu, tedy $\alpha = \alpha'$.



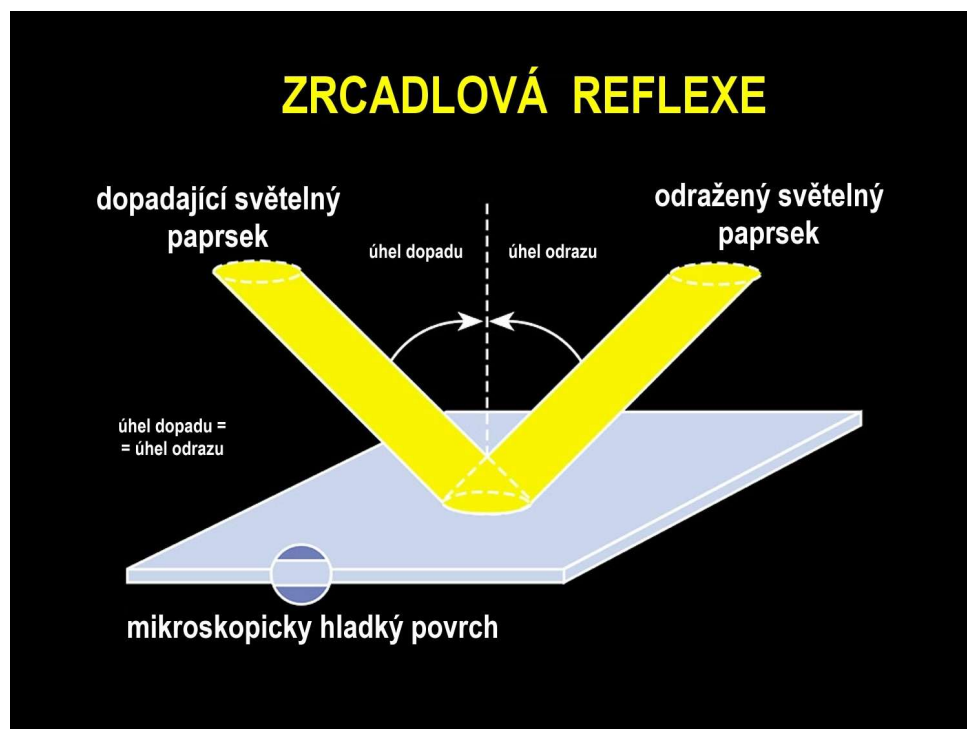
Obr. 1 Zákon odrazu

V závislosti na struktuře povrchu můžeme rozlišit 3 různé způsoby reflexe světla:

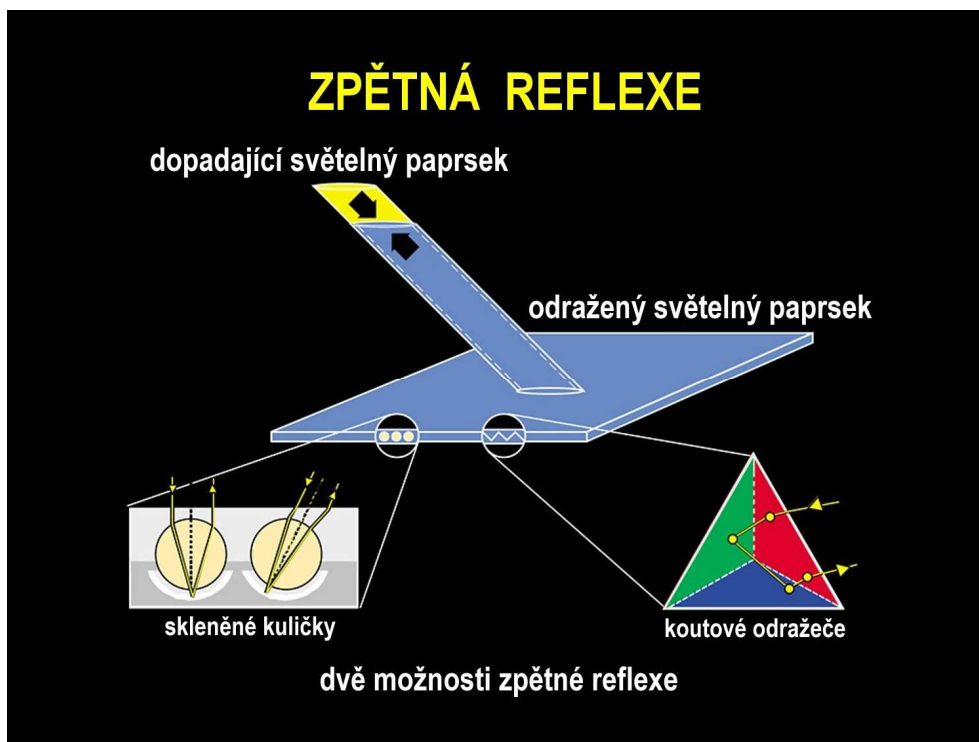
- Difuzní reflexe
- Zrcadlová reflexe
- Zpětná reflexe



Obr. 2 Difuzní reflexe



Obr. 3 Zrcadlová reflexe



Obr. 4 Zpětná reflexe

Od návěstidel vyrobených z retroreflexního materiálu se díky jeho specifickým vlastnostem odráží světlo zpravidla všemi 3 způsoby současně. V závislosti na kvalitě a stavu dopravního značení se liší poměry mezi jednotlivými druhy odrazů. U špinavých nebo poškozených značek převládá difuzní reflexe. U značek s hladkým a lesklým povrchem může převládat zrcadlová reflexe. U značení s vysokou třídou retroreflexe RA dosahuje nejvyšších hodnot zpětná reflexe (retroreflexe).

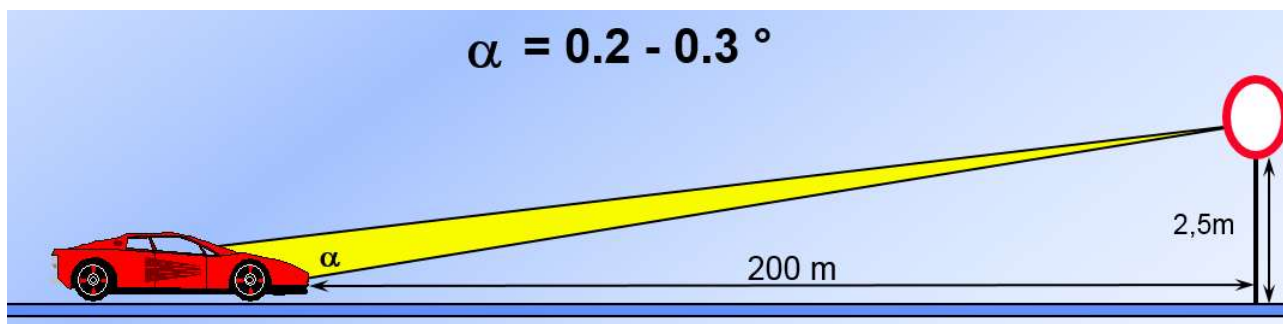
2.2 Retroreflexe

Retroreflexe zajišťuje tzv. noční viditelnost dopravního značení. Dopadající světlo předních reflektorů vozidla je na povrchu dopravního značení odraženo a poté pak putuje ve směru zdroje světla, a tedy i očí řidiče (strojvedoucího). Nejčastější retroreflexní povrch:

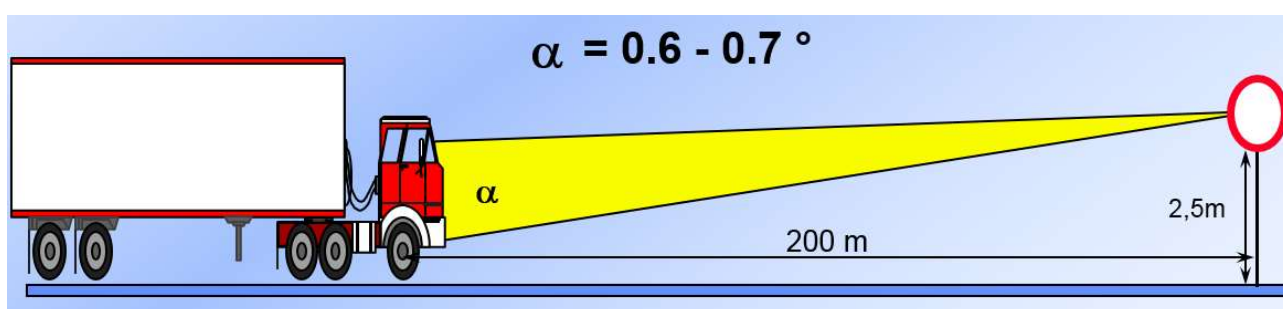
- balotina – miniaturní skleněné kuličky (balotinové fólie)
- prizmata – miniaturní koutové odražeče (mikroprizmatické fólie)

Pro měření součinitele retroreflexe je definován pozorovací úhel α a osvětlovací úhel β . Pozorovací úhel α vyjadřuje úhel mezi dopadajícím světelným paprskem na povrch značky a paprskem zpětného odrazu vzniklého reflexí povrchu značky odraženém zpět k řidiči. Norma definuje minimální hodnoty součinitelů retroreflexe v závislosti na velikosti pozorovacích úhlů.

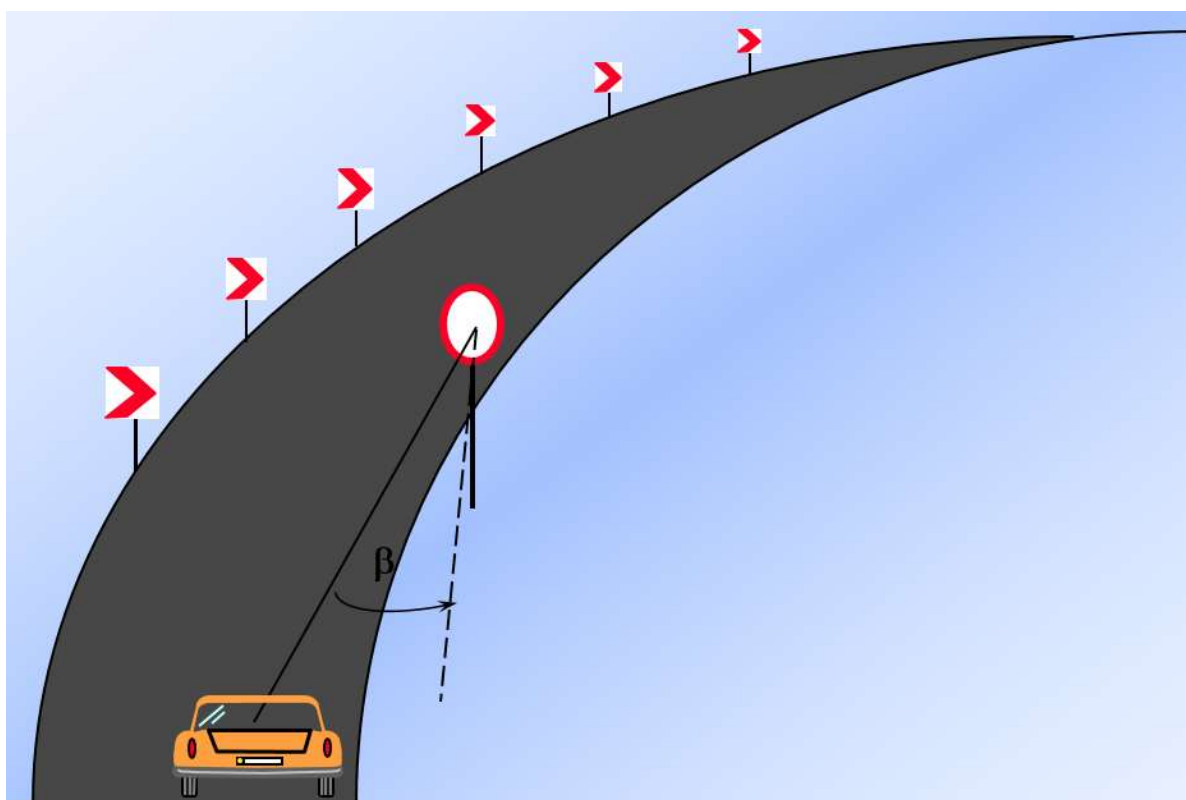
Osvětlovací úhel β vyjadřuje úhel mezi dopadajícím světelným paprskem na povrch značky a normálou (kolmicí povrchu značky).



Obr. 5 Pozorovací úhel (α) – příklad pro osobní auto



Obr. 6 Pozorovací úhel (α) – příklad pro nákladní auto



Obr. 7 Osvětlovací úhel β

2.3 Měření součinitele retroreflexe

Na základě objednávky provedl zhotovitel stanovení součinitele retroreflexe R_A . Měření bylo provedeno retroreflektometrem Zehntner ZRS 6060. Na všech návěstidlech byla každá jednotlivá barva změřena na třech různých místech. Pro vyhodnocení byly vypočteny průměrné hodnoty. Měření bylo realizováno v laboratořích Centra dopravního výzkumu, v. v. i.

Hodnocení parametrů bylo provedeno dle normy ČSN EN 12899-1. Tato norma stanovuje minimální počáteční hodnoty součinitele retroreflexe R_A retroreflexních materiálů pro jednotlivé třídy RA1, RA2 a RA3. Norma dále uvádí, že součinitel retroreflexe R_A všech barev s výjimkou bílé nesmí být nižší než 70 % hodnot uvedených v tabulce:

Vybrané minimální hodnoty součinitele retroreflexe R_A , jednotka: $\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$

Třída	Pozorovací úhel	Barva		
		Bílá	Modrá	Oranžová
RA1	$\alpha = 12' (0,2^\circ)$	70	4	25
	$\alpha = 20' (0,33^\circ)$	50	2	20
	$\alpha = 2^\circ$	5	#	1,2
RA2	$\alpha = 12' (0,2^\circ)$	250	20	100
	$\alpha = 20' (0,33^\circ)$	180	14	65
	$\alpha = 2^\circ$	5	0,2	1,5
RA3	$\alpha = 20' (0,33^\circ)$	300	19	150
	$\alpha = 1,0^\circ$	35	2,5	18
	$\alpha = 1^\circ 30'$	15	1	7,5

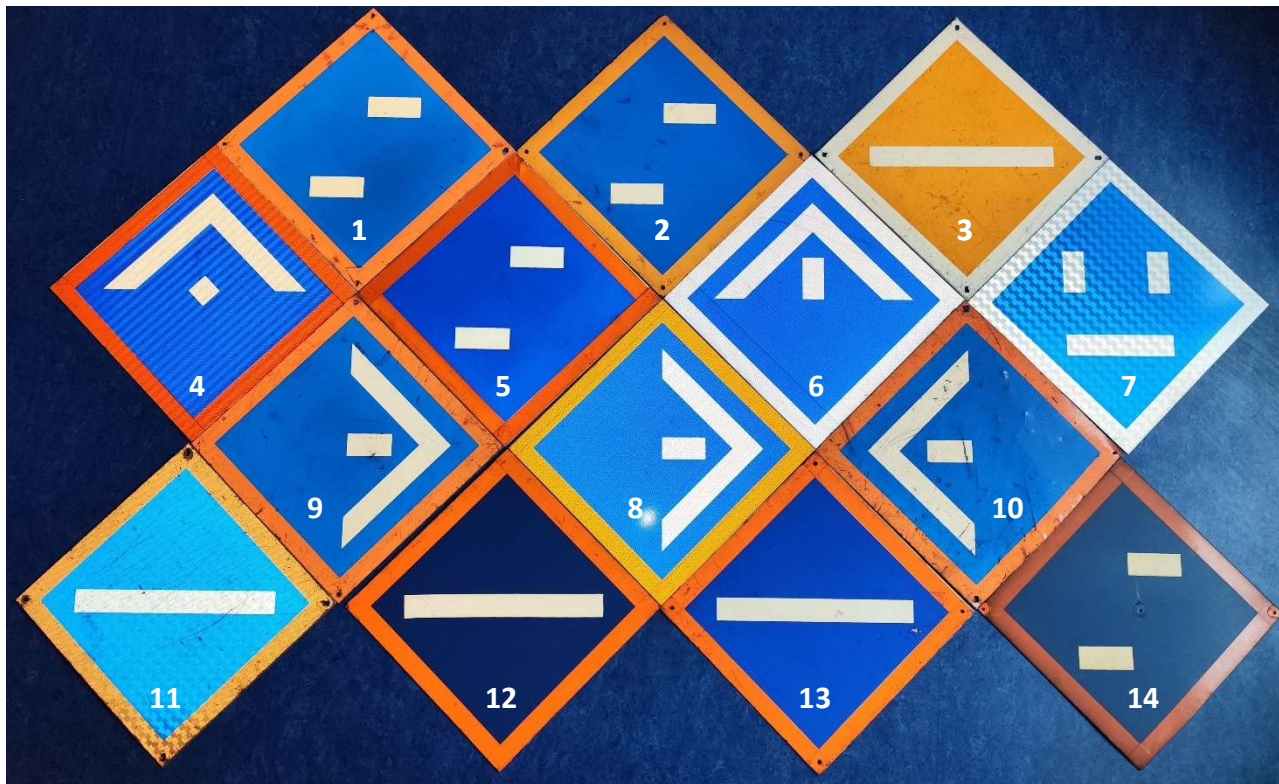
Poznámka: uvedené hodnoty platí pro osvětlovací úhel $\beta_1 = 5^\circ$

2.4 Osvětlování návěstidel reflektorem

V laboratorních podmínkách byly simulovány nepříznivé situace, které mohou v terénu snižovat schopnost rozeznávat návěstidla. Cílem bylo určit příčiny, kvůli kterým k těmto situacím dochází. Během ověřování byly návěstidla osvětlována z různých úhlů a byla sledována intenzita a směr odraženého světla v závislosti na poloze pozorovatele.

3. Výsledky měření

Měření bylo provedeno celkem na 14 ks návěstidel dodaných objednavatelem, z toho 9 ks návěstidel bylo vyrobených z balotinové fólie a 5 ks z mikroprizmatické fólie.

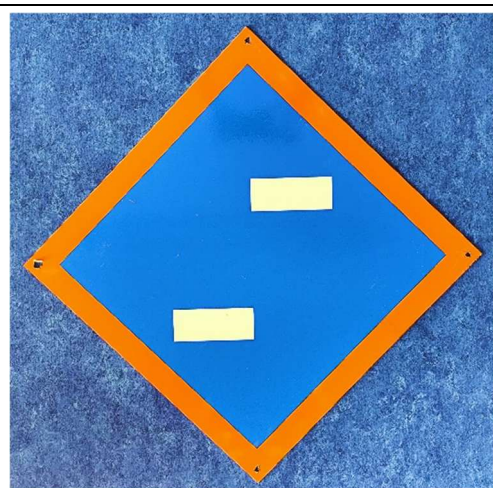


Obr. 8 Měřené návěstidla

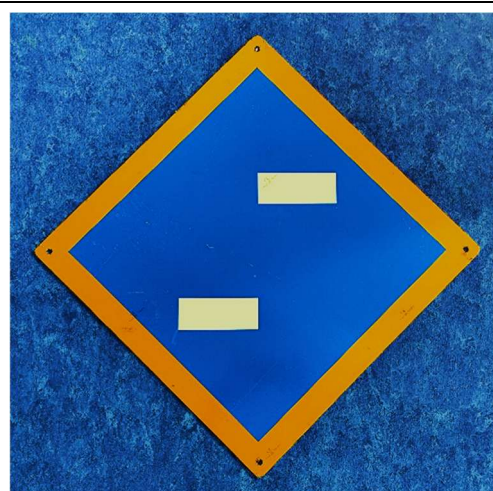
3.1 Součinitel retroreflexe

Za účelem vyhodnocení naměřených hodnot byly s normovými hodnotami porovnávány výsledky naměřené při pozorovacím úhlu $\alpha = 20'$ ($0,33^\circ$) a osvětlovacím úhlu $\beta_1 = 5^\circ$. Hodnoty součinitele retroreflexe jsou uvedeny v jednotkách: $\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

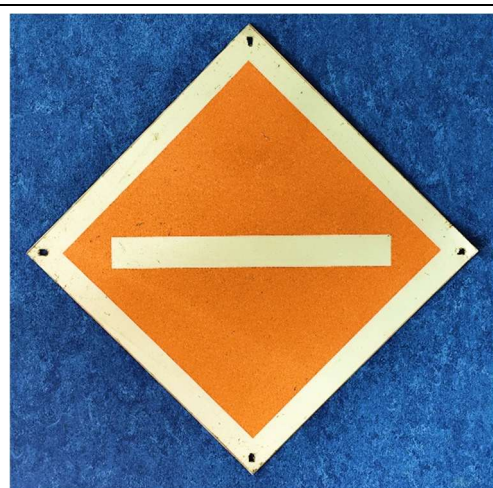
Označení vzorku	1/25			
Typ fólie	Balotinová			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] Pozorovací úhel			Třída
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá	100	81	6,5	RA1
Modrá	6,4	5,5	0,5	RA1
Oranžová	43	35	3,1	RA1



Označení vzorku	2/25			
Typ fólie	Balotinová			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [cd·lx ⁻¹ ·m ⁻²] Pozorovací úhel			Třída
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá	102	83	8,7	RA1
Modrá	8,3	7,0	0,6	RA1
Oranžová	44	36	3,6	RA1



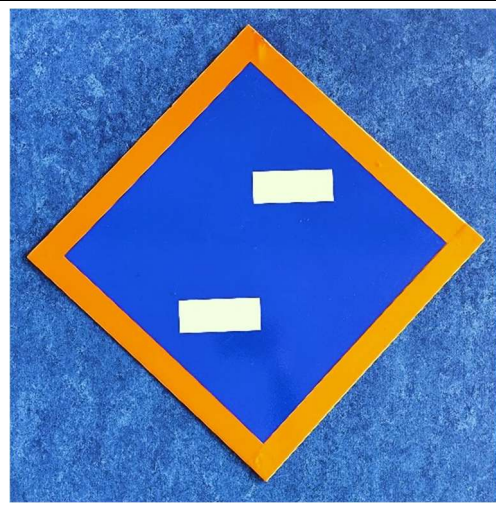
Označení vzorku	3/25			
Typ fólie	Balotinová			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [cd·lx ⁻¹ ·m ⁻²] Pozorovací úhel			Třída
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá: střed	101	74	6,6	RA1
Oranžová	54	40	4,2	RA1
Bílá: okraj	54	42	4,8	-




Označení vzorku	4/25			
Typ fólie	Mikroprizmatická			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [cd·lx ⁻¹ ·m ⁻²] Pozorovací úhel			Třída
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá	93	111	10	RA1
Modrá	4,9	6,2	0,4	RA1
Oranžová	16	21	1,6	RA1




Označení vzorku	5/25			
Typ fólie	Balotinová			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] Pozorovací úhel			Třída
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá	118	60	8,9	RA1
Modrá	4,5	2,9	0,5	RA1
Oranžová	10	6,6	1,3	-




Označení vzorku	6/25				
Typ fólie	Mikroprizmatická				
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [cd·lx ⁻¹ ·m ⁻²]			Třída	
	Pozorovací úhel				
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$		
Bílá	278	225	34	RA2	
Modrá	23	18	1,3	RA2	


Označení vzorku	7/25			
Typ fólie	Mikroprizmatická			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [cd·lx ⁻¹ ·m ⁻²]			Třída
	Pozorovací úhel			
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá	373	240	13	RA3
Modrá	48	29	1,4	RA3




Označení vzorku	8/25			
Typ fólie	Mikroprizmatická			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] úhel pozorování			Třída
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá	232	187	30	RA2
Modrá	17	14	1,4	RA2
Oranžová	104	85	18	RA2




Označení vzorku	9/25			
Typ fólie	Balotinová			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$]			Třída
	úhel pozorování			
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá	103	82	7,0	RA1
Modrá	8,3	6,9	0,5	RA1
Oranžová	40	33	3,1	RA1



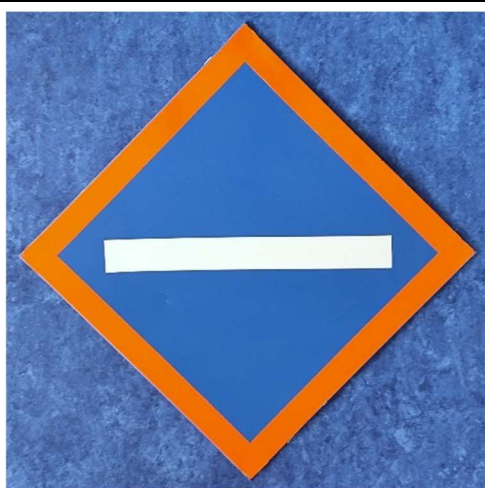
Označení vzorku	10/25			
Typ fólie	Balotinová			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] úhel pozorování			Třída
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá	68	55	5,5	RA1
Modrá	5,8	5,0	0,5	RA1
Oranžová	31	25	2,6	RA1



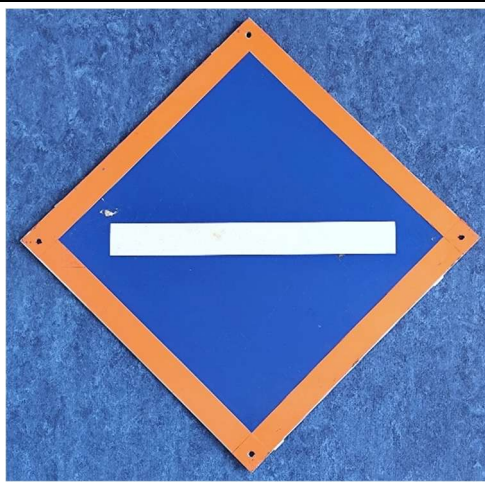
Označení vzorku	11/25			
Typ fólie	Mikroprizmatická			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] úhel pozorování			Třída
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá	351	213	11	RA2
Modrá	55	31	1,7	RA3
Oranžová	108	69	6,3	RA2



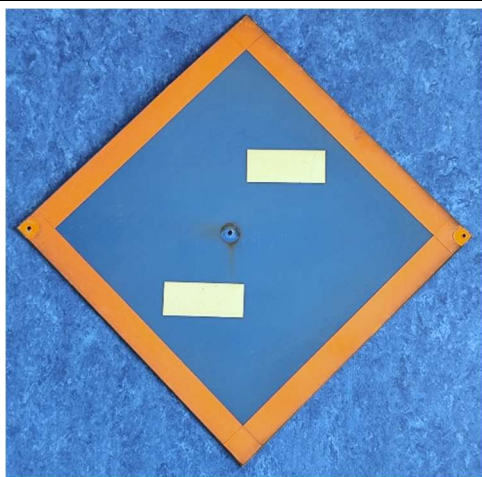
Označení vzorku	12/25			
Typ fólie	Balotinová, modrá barva bez retroreflexe			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] úhel pozorování			Třída
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá	76	64	7,6	RA1
Modrá	0,4	0,9	0,2	-
Oranžová	40	31	3,6	RA1



Označení vzorku	13/25			
Typ fólie	Balotinová			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] úhel pozorování			Třída
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá	72	55	6,9	RA1
Modrá	3,6	3,1	0,3	RA1
Oranžová	29	25	3,6	RA1



Označení vzorku	14/25			
Typ fólie	Balotinová			
Barva	Součinitel retroreflexe R_A [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] úhel pozorování			Třída
	$\alpha = 0,2^\circ$	$\alpha = 0,33^\circ$	$\alpha = 2,0^\circ$	
Bílá	27	21	3,7	-
Modrá	0,0	0,0	0,0	-
Oranžová	2,8	2,7	0,6	-



3.2 Nasvícení návěstidel reflektorem

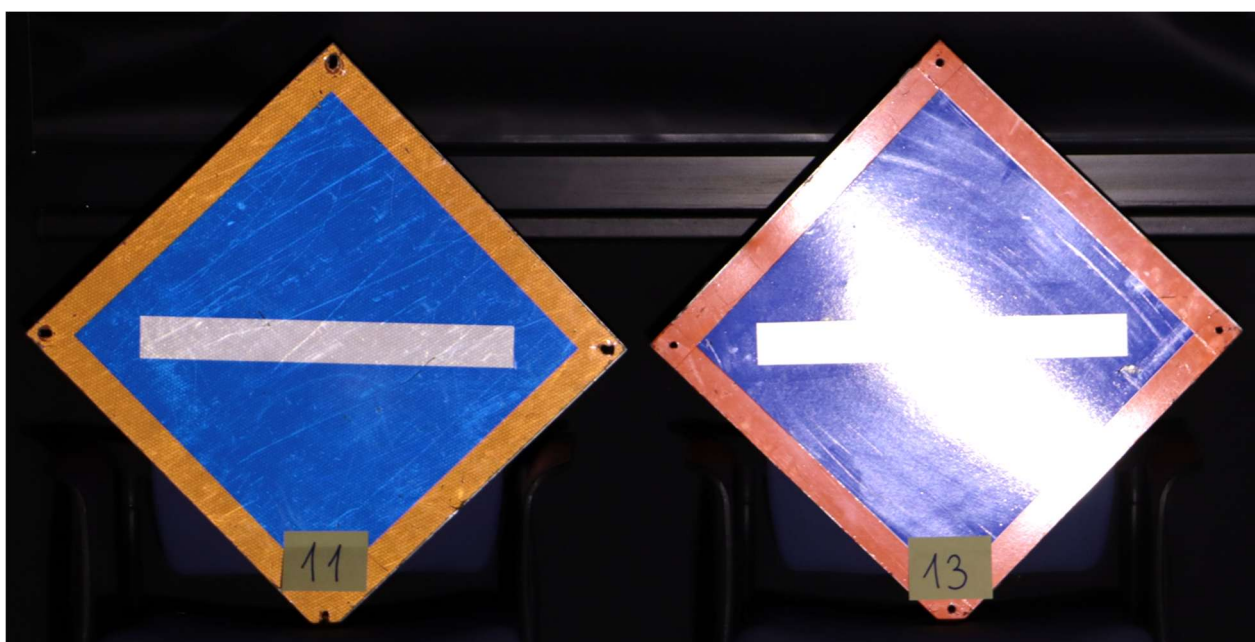
V následujících příkladech jsou uvedeny fotografie návěstidel nasvícených reflektorem. Návěstidla byla fotografována digitální zrzadlovkou s manuálně nastavenou clonou a časem uzávěrky. Nastavení času a clony bylo voleno takovým způsobem, aby byl na pořízených fotografiích zřejmý rozdíl mezi jednotlivými návěstidly. Na všech obrázcích jsou vždy dvě návěstidla, zpravidla každé o jiné třídě retroreflexe R_A .



Obr. 9 Srovnání návěstidel s retroreflexí třídy RA3 (vlevo) a třídy RA1 (vpravo)



Obr. 10 Srovnání návěstidel s retroreflexí třídy RA2 (vlevo) a třídy RA1 (vpravo)



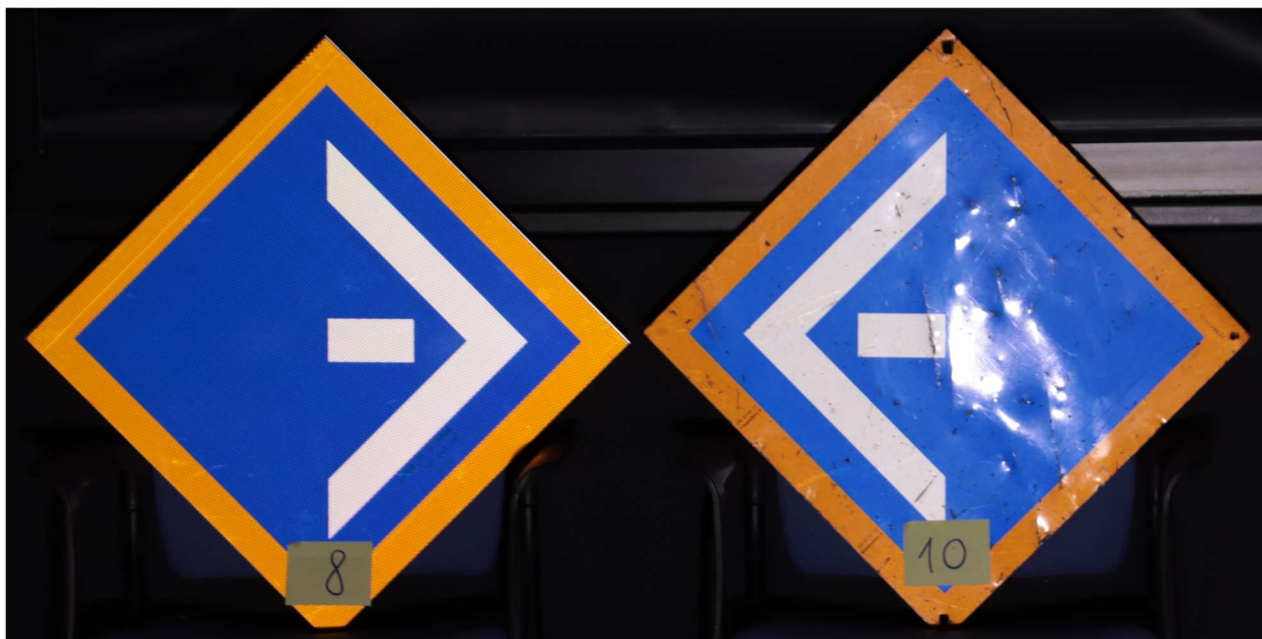
Obr. 11 Zrcadlová reflexe návěstidla třídy RA1 (vpravo)



Obr. 12 Zrcadlová reflexe návěstidla třídy RA3 (vlevo)



Obr. 13 Zrcadlová reflexe návěstidla třídy RA2 (vlevo)



Obr. 14 Částečná zrcadlová reflexe poškozeného návěstidla (vpravo)



Obr. 15 Srovnání retroreflexe návěstidla třídy RA1 (vlevo) s nevyhovujícím návěstidlem (vpravo) jehož součinitel retroreflexe nedosahuje ani třídy RA1



Obr. 16 Srovnání retroreflexe návěstidel třídy RA1 (vlevo) s třídou RA3 (vpravo)



Obr. 17 Zrcadlová reflexe návěstidla třídy RA3 (vpravo)

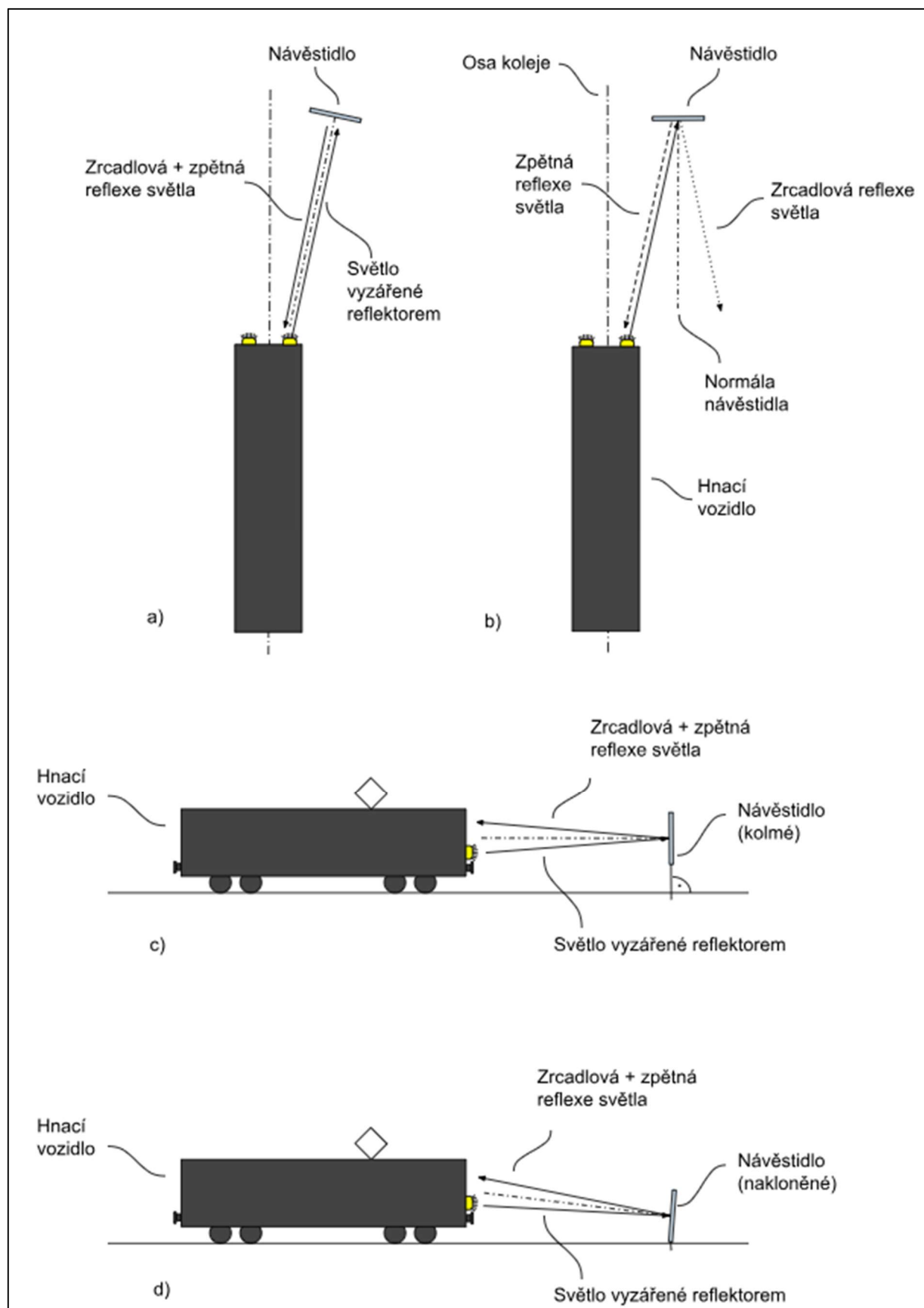


Obr. 18 Zrcadlová reflexe návěstidla třídy RA2 (vlevo)

4. Vyhodnocení

Na základě provedených měření a experimentů jsme jako hlavní zdroj popisovaných problémů identifikovaly nevhodné natočení návěstidel vzhledem k ose koleje. Pokud normála (kolmice na povrch) návěstidla míří směrem na hnací vozidlo (obr. 18a), respektive do prostoru mezi reflektory a kabinu strojvedoucího, dochází k zrcadlovému odrazu světla reflektorů do kabiny strojvedoucího. Toto je splněno v případě, kdy je svislá osa návěstidla kolmá k zemskému povrchu a zároveň se návěstidlo nachází přibližně ve výšce mezi reflektory a kabinou strojvedoucího (obr. 18c) nebo je návěstidlo umístěné níže a zároveň je nakloněné směrem vzhůru (obr. 18d).

Na velikost zrcadlové reflexe má částečný vliv i třída retroreflexe RA návěstidla, nicméně z provedených experimentů je patrné, že tento vliv není nijak výrazný. Velikost zrcadlového odrazu světla od návěstidel závisí především na jejich hladkosti a lesku. U starého a zašlého návěstidla byl zrcadlový odraz světla podstatně menší než u novějších návěstidel. Zároveň toto návěstidlo nedosahovalo ani třídy retroreflexe RA1. V praxi to znamená, že je toto návěstidlo v noci při nasvícení reflektory viditelné na kratší vzdálenost než ostatní návěstidla splňující minimální požadavky. Strojvedoucí má tedy kratší dobu na případnou reakci.



Obr. 18 Odraz světla reflektoru hnacího vozidla od návěstidla

5. Doporučení a závěr

- Doporučujeme návěstidla umísťovat kolmo na směr provozu, to znamená tak, aby normála návěstidla byla ve vodorovném i horizontálním směru rovnoběžná s osou koleje (obr. 18b).
- Doporučujeme nepoužívat stará nevyhovující návěstidla, jejichž retroreflexe nedosahuje ani třídy RA1. V případě pochybností navrhujeme provádět kontrolní ověření součinitele retroreflexe.
- V případě nových návěstidel doporučujeme požadovat po výrobci, aby na jejich zadní strany nalepoval cedulky s informací o datu výroby a třídě retroreflexe RA návěstidla.
- Doporučujeme používat návěstidla s vyšší třídou retroreflexe v situacích, kdy je potřeba, aby tato návěstidla byla vidět na větší vzdálenost. (Pozn.: Například u pozemních komunikací je vyžadováno použití značek s minimální třídou retroreflexe RA1 na silnicích III. třídy, na silnicích I. a II. třídy je vyžadována retroreflexe RA2 a na dálnicích retroreflexe třídy RA3. Na dálnicích jsou také vyžadovány značky zvětšené velikosti. Zdroj: TP 65 – Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích, Technické podmínky)

V Brně dne 24.1.2025

 **Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.**
 Lišeňská 33a, 636 00 Brno
CDV@cdv.cz
IČ: 44 99 45 75
DIČ: CZ44994575

Ing. Michal Janků, Ph.D.
technický vedoucí laboratoře dopravního značení