

ZPRÁVA
č. 46/2016

**Diagnostika vozovky a návrh opravy
silnice II/235 Mlečice**

Zpracováno pro Silniční inženýrskou společnost, s.r.o.

Zadavatel: **Silniční inženýrská společnost, s.r.o.**
Žižkova 54
301 00 Plzeň
IČO: 46885315
DIČ: CZ46885315

Zhotovitel: **Ing. Pavel Herrmann - RODOS**
Sídlo firmy: Od Vysoké 275, 150 00 Praha 5
IČO 64896765
DIČ CZ511210162

Provozovna: **Kralupská 2/47, 161 00 Praha 6**
(Adresa pro doručení) tel.: 233 561 220, 608 111 271

Zodpovědný zástupce: Ing. Pavel Herrmann
Zpracoval: Pavel Šmejkal
Kontroloval: Ing. Pavel Herrmann

Systém jakosti a oprávnění zhotovitele:

- Certifikát č. 3009/189-15/SMJ podle ČSN EN ISO 9001:2009 na činnost Provádění průzkumných a diagnostických prací souvisejících s výstavbou, opravami, údržbou a správou pozemních komunikací a letištních ploch.
- Oprávnění k provádění průzkumných a diagnostických prací souvisejících s výstavbou, opravami, údržbou a správou pozemních komunikací č. 332/2015 vydané MDČR č.j. 45/2015-120-TN/46
- Oprávnění k měření průhybů vozovek pozemních komunikací č. 4/2005 pro zařízení FWD/HWD RODOS 10001 vydané MDČR č.j. 554/2005-120-RS/1

Použité technické předpisy:

ČSN 73 61 00	Názvosloví silničních komunikací
ČSN 73 61 14	Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování.
ČSN 73 61 60	Zkoušení silničních živichých směsí
ČSN 73 61 92	Rázové zatěžovací zkoušky vozovek a podloží
TP 82	Katalog poruch netuhých vozovek
TP 87	Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek
TP 115	Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem
TP 170	Navrhování vozovek pozemních komunikací
TP 208	Recyklace konstrukčních vrstev netuhých vozovek za studena

I. Lokalizace:

Silnice č.	Podrobná lokalizace úseku		
II/235	Počátek	Uzel	
		Uzlové staničení	
		Liniové staničení měření	0,000 km
		Místní název	Začátek obce Mlečice od Rokycan
	Konec	Uzel	
		Uzlové staničení	
		Liniové staničení měření	0,675 km
		Místní název	Mlečice, konec obce
	Okres		
	Délka měřeného úseku		0,675 km
	Datum měření		11.4.2016
	Teplota krytu vozovky		15,0 °C
	Poznámka		
	Konstrukce vozovky pro výpočet zjištěna z vývrtů asfaltem tmelených vrstev a kopaných sond provedených zadavatelem	Označení vrstvy	Tloušťka [cm]
		Asfaltové vrstvy	12 cm
		Podkladní vrstvy	45 cm
	Dopravní zatížení		TNV/ 24 hod v obou směrech (sčít. 2010)
			47

II. Měření průhybu vozovek

Měření bylo provedeno rázovým zatěžovacím zařízením RODOS 10001, zatížením jehož hodnota je přibližně ekvivalentní s dotykovým tlakem návrhové nápravy (tzn. 0,65 MPa). Průhyby jsou zaznamenány na sedmi snímačích, jejichž umístění je ve vzdálenostech 0, 300, 600, 900, 1200, 1500 a 2100 mm od středu zatěžovací desky.

Zjištěné hodnoty:

Naměřené hodnoty průhybů na všech snímačích jsou uvedeny v tabulce č. 1.1 až 1.2.

Ve sloupci „číslo podúseků“ tabulky je uvedeno číslo podúseku, na které je úsek rozdělen a to v závislosti na velikosti naměřené hodnoty max. průhybu (sloupec D1 - KRYT VOZOVKY) tak, aby hodnoty průhybů jednotlivých podúseků byly statisticky srovnatelné a nedošlo ke zkreslení výsledků. Úsek byl rozdělen rovněž podle tloušťek asfaltových vrstev a to v na pravou a levou stranu.

Průběh průhybů zaznamenaných na všech sedmi snímačích sledovaném úseku je pro ilustraci znázorněn v grafické podobě v grafu č. 1.

V grafu č. 2 jsou vykresleny průběhy průhybu d_1 - charakterizujícího mechanickou účinnost krytu vozovky, rozdíl průhybů d_1 a d_4 - charakterizující mechanickou účinnost podkladních vrstev a průhyb d_6 charakterizujícího mechanickou účinnost podloží. Vynesení výše

zmíněných průhybů na celém sledovaném úseku lze identifikovat místa, která vykazují srovnatelné průhyby a rozdělit sledovaný úsek na podúseky. Dále lze usuzovat, ve které konstrukční vrstvě se realizují největší průhyby.

Z grafu č. 2 je zřejmé, že jak průhyby d_6 charakterizující chování podloží, tak průhyby d_1 charakterizující chování krytových vrstev na celém sledovaném podúseku vykazují homogenitu svého průběhu, a tudíž je neúčelné rozdělit úsek na podúseky odpovídající tloušťce asfaltem tmelených vrstev. Z hlediska dopravního zatížení je úsek homogenní.

III. Výpočet rázových modulů pružnosti

Z naměřených hodnot průhybů se vypočítávají pomocí zpětného výpočtu rázové moduly pružnosti jednotlivých konstrukčních vrstev vozovky v teplotních podmínkách zjištěných při měření. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 1.3 až 1.4.

IV. Stanovení zbytkové životnosti a návrh zesílení

Vypočtené hodnoty rázových modulů pružnosti na každém úseku nebo podúseku jsou dále vstupními veličinami analytického návrhu konstrukce vozovky. U asfaltem tmelených vrstev jsou moduly tuhosti opraveny na návrhovou teplotu dle TP 87 „Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek“. Analytickou návrhovou metodou jsou vypočteny deformační charakteristiky:

- **poměrné přetvoření na spodním líci asfaltem tmelených vrstev ϵ_t**
- **poměrné stlačení na povrchu podloží ϵ_z**

Výstupem je počet maximálního počtu přejezdů návrhových náprav N_{MAX} , odpovídající vypočteným deformačním charakteristikám, ze kterého se při znalosti současného dopravního zatížení (TNV/24 hod) určí hledaná životnost v letech. Veškeré použité hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 3.

V. Shrnutí výsledků:

Číslo úseku nebo podúseku	Název úseku nebo podúseku	Staničení začátku a konce (km)	Délka úseku (km)	Zatížitelnost (TNV)	Tloušťka zesílení (mm)
1	II/235 Mlečice	0,000 – 0,675	0,675	47	80

Hodnocený úsek vykazuje prakticky vyčerpanou zbytkovou dobu životnosti pro stávající dopravní zatížení 47 TNV/24 hod v jednom směru a vyžaduje prosté zesílení 80 mm asfaltovým betonem.

Hodnocené úseky jsou porušeny trhlinami únavovými, trhlinami z nespojení a rozpadu vrstev, trhlinami na pracovních spárách, v okolí šachet a překopů.

Proto navrhuji:

Varianta 1

- ▶ odstranit frézováním asfaltové vrstvy krytu v tloušťce 50 mm, tedy místy v celé tloušťce
- ▶ provést opravy lokálních poruch zjištěných na odfrézovaném povrchu vozovky dalším frézováním a znovu vyplněním asfaltovou směsí
- ▶ provést spojovací postřík povrchu kationaktivní emulzí v množství 0,40 kg/m² asfaltu po vyštěpení
- ▶ provést pokládku ložní vrstvy krytu v tloušťce cca 60 mm z asfaltové směsi typu asfaltový beton ACL 22 dle ČSN EN 13 108-1
- ▶ provést spojovací postřík povrchu kationaktivní emulzí v množství 0,30 kg/m² asfaltu po vyštěpení
- ▶ provést pokládku ohrusné vrstvy krytu v tloušťce cca 40 mm z asfaltové směsi typu asfaltový beton ACO 11 dle ČSN EN 13 108-1

Poznámka:

Tloušťka zesílení byla pro nahrazení porušené ohrusné vrstvy novým materiálem a odstranění nespojení vrstev vypočtena na 50 mm.

Celková tloušťka nově pokládaných asfaltových vrstev je 100 mm. Niveleta se zvyšuje o 50 mm.

Varianta 2

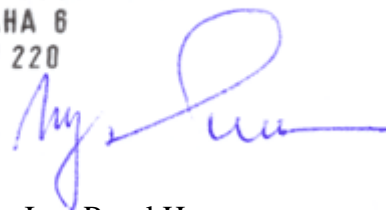
- ▶ odstranit frézováním asfaltové vrstvy krytu v tloušťce 50 mm
- ▶ provést recyklaci konstrukčních vrstev vozovky za studena tloušťky 150 mm s přídatkem drobného drceného kameniva, cementu a asfaltové emulze dle TP 208
- ▶ provést spojovací postřík povrchu kationaktivní emulzí v množství 0,40 kg/m² asfaltu po vyštěpení
- ▶ provést pokládku ložní vrstvy krytu v tloušťce cca 50 mm z asfaltové směsi typu asfaltový beton ACL 16 dle ČSN EN 13 108-1
- ▶ provést spojovací postřík povrchu kationaktivní emulzí v množství 0,30 kg/m² asfaltu po vyštěpení
- ▶ provést pokládku ohrusné vrstvy krytu v tloušťce cca 40 mm z asfaltové směsi typu asfaltový beton ACO 11 dle ČSN EN 13 108-1

Poznámka:

Celková tloušťka nově pokládaných asfaltových vrstev je 90 mm. Niveleta se zvyšuje o 40 mm.

V případě nutnosti nezvyšovat niveletu je možné provést výše uvedenou technologii stejně, ale s odfrézováním 90 mm stávajících konstrukčních vrstev, aniž by byla ohrožena výsledná únosnost a zbytková životnost vozovky.

RODOS
JANOUSHKOVA 300
162 00 PRAHA 6
TEL: 235 361 220



Ing. Pavel Herrmann
RODOS

Praha 18.4.2016

Příloha č. 1

Měřené průhyby a jejich vyhodnocení

Silnice č. II/235 Mlečice

Poloměr zat. desky [mm] = 150

Poloha snímače [mm]

Měřeno při teplotě 15°C

0 300 600 900 1200 1500 2100

Staničení [m]	Číslo podúseku	Kontaktní napětí [MN/m ²]	Naměřené průhyby na jednotlivých snímačích (μm) :									
			D1 -KRYT VOZOVKY	D2	D3	D4	D5	D6 PODLOŽÍ	D7	D1-D4 PODKLAD	D1-D2	D2-D4
0	1	0,707	376	145	31	23	12	3	2	354	231	122
25	1	0,707	873	550	244	101	42	21	4	772	323	449
50	1	0,707	468	339	210	116	64	34	12	352	129	223
75	1	0,707	438	279	134	61	29	15	7	377	159	218
100	1	0,707	491	378	227	123	65	37	14	367	113	255
125	1	0,707	644	351	122	41	16	9	4	603	292	311
150	1	0,707	514	355	177	78	31	13	12	436	159	277
175	1	0,707	410	170	43	9	3	3	3	401	240	161
200	1	0,707	671	342	154	72	39	21	8	599	330	269
225	1	0,707	504	270	109	47	25	13	6	457	234	224
250	1	0,707	507	378	233	132	83	60	37	375	128	246
275	1	0,707	827	469	215	120	83	63	41	707	358	349
300	1	0,707	425	246	105	49	27	18	9	377	180	197
325	1	0,707	679	392	186	86	43	23	13	592	287	306
350	1	0,707	621	431	212	101	51	30	14	520	190	330
375	1	0,707	610	420	265	136	66	32	13	473	190	284
400	1	0,707	676	433	248	146	94	66	37	529	243	287
425	1	0,707	629	458	322	204	133	91	53	425	171	254
450	1	0,707	904	543	247	143	91	67	40	761	361	400
475	1	0,707	713	484	312	194	125	87	48	520	230	290
500	1	0,707	627	334	124	52	27	17	9	575	293	282
525	1	0,707	416	305	204	125	77	48	18	291	111	180
550	1	0,707	894	467	167	53	17	10	11	841	427	414
575	1	0,707	548	392	234	126	71	42	22	422	156	266
600	1	0,707	718	378	129	49	22	12	10	669	340	329
625	1	0,707	530	315	207	115	63	36	14	415	215	200
650	1	0,707	718	389	137	66	45	35	21	652	329	323
675	1	0,707	621	372	160	79	52	39	26	542	249	292

Silnice č. II/235 Mlečice

Poloměr zat. desky [mm] = 150

Poloha snímače [mm]

0 300 600 900 1200 1500 2100

Měřeno při teplotě 15°C

Staničení [m]	Číslo podúseku	Kontaktní napětí [MN/m2]	Naměřené průhyby na jednotlivých snímačích (μm) :									
			D1 -KRYT VOZOVKY	D2	D3	D4	D5	D6 PODLOŽÍ	D7	D1-D4 PODKLAD	D1-D2	D2-D4
Statistické zpracování :												
Průměr :	1	0,707	609	371	184	95	53	34	18	514	238	276
Maximum :	1	0,707	904	550	322	204	133	91	53	841	427	449
Minimum :	1	0,707	376	145	31	9	3	3	2	291	111	122
Sm. odchylka	1	0,000	147	94	70	47	32	24	14	143	84	73
85 % kvantil :	1	0,707	718	467	247	136	83	63	37	668	330	330
50 % kvantil :	1	0,707	621	378	195	94	48	31	13	497	233	280

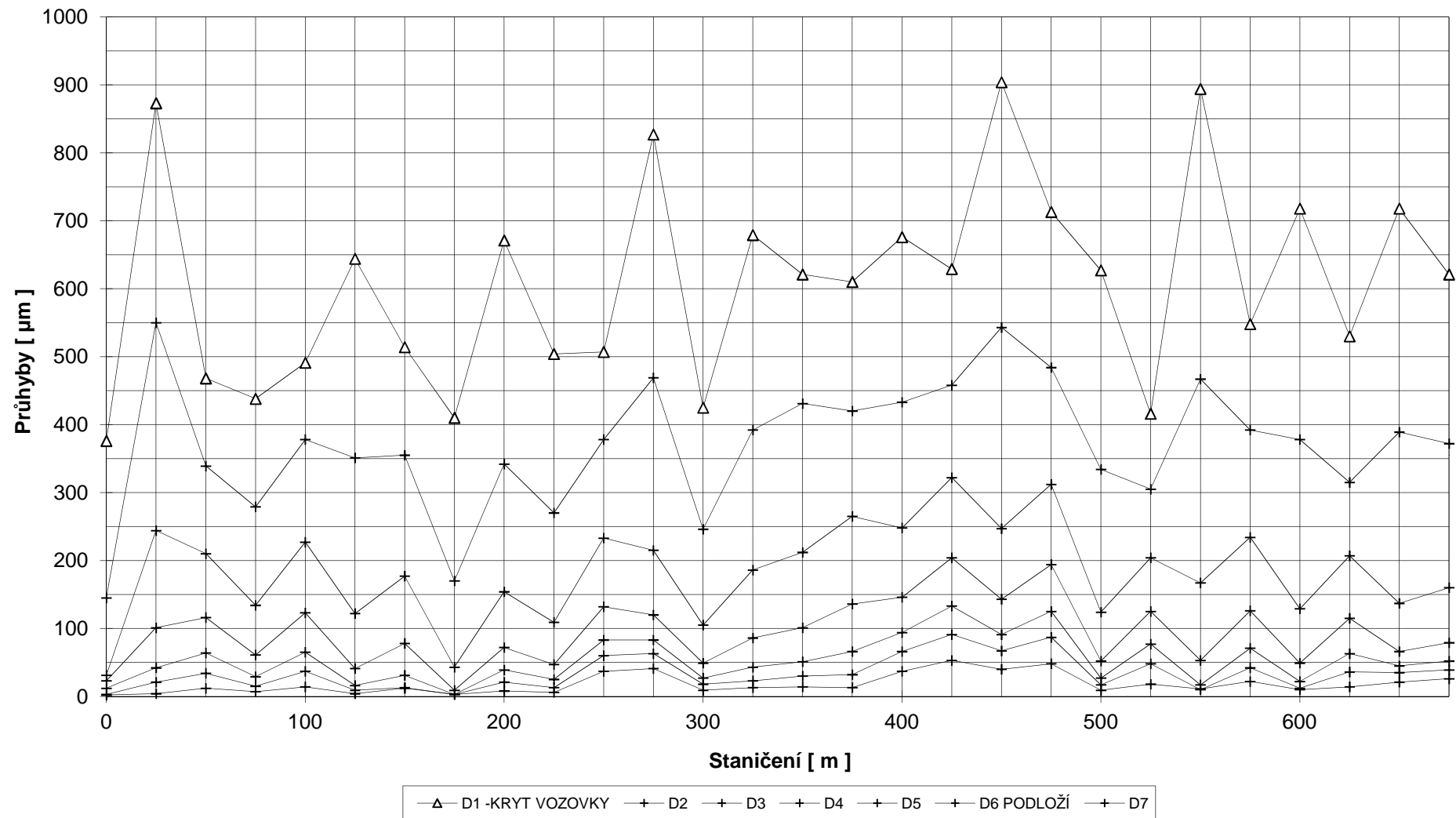
Silnice č. II/235 Mlečice

Staničení [m]	Číslo podúseku	Rázové moduly pružnosti (3-vrstvý zpětný výpočet)							Napětí a přetvoření ASFALT. VRSTVA		PODLOŽÍ		Přehled chyb				
		Asfalt. vrstvy	Podklad. vrstvy	Podloží hloubka	Podloží hloubka	Podloží hloubka	Podloží hloubka	Podloží hloubka	Napětí v tahu	Tahové přetvoř.	Svislé přetvoř.	Nelineární parametry	Nelineární parametry	Průměr [%]	Max-Prů [%]	Průměr [μm]	Max-Prů [μm]
		12 cm [MPa] 20°C	45 cm [MPa]	0 cm [MPa]	60 cm [MPa]	160 cm [MPa]	260 cm [MPa]	460cm [MPa]	spod.líc asf. v. [MPa]	spod.líc asf. v. [1]	na povrchu pláně [1]	A	B				
0	1	2188	215	311	949	2649	8033	34840	3,64E-01	5,65E-05	-1,53E-04	662,8	1	29,01	36,26	20,17	92,13
25	1	1721	89	82	199	480	1299	5055	1,53E+00	5,80E-04	-5,38E-04	280,3	0,0273	23,85	8,07	70,2	107,1
50	1	8058	85	67	153	298	595	1476	2,87E+00	2,18E-04	-4,06E-04	111	0,6646	3,82	7,5	3,96	2,54
75	1	4686	111	136	294	560	1109	2754	2,14E+00	2,86E-04	-2,87E-04	156,7	0,2787	11,81	14,69	8,2	9,4
100	1	9252	48	114	169	245	365	617	3,27E+00	2,15E-04	-2,30E-04	151,4	0,3388	1,27	5,11	1,31	2,99
125	1	1311	341	160	351	642	1182	2574	3,89E-01	2,93E-04	-2,88E-04	370,2	0,5196	39,44	17,55	93,17	250,73
150	1	5793	48	416	416	417	418	419	2,83E+00	2,99E-04	-8,23E-05	457,2	0,0013	4,53	22,22	1,23	2,77
175	1	2162	30	530	2382	7643	24705	110584	6,01E-01	3,08E-03	-1,37E-04	1078,2	1	260,04	257,34	476,17	2059
200	1	1378	185	164	248	435	955	3250	8,09E-01	4,40E-04	-3,16E-04	266,9	0,0185	30,59	11,7	70,16	151,64
225	1	2198	140	144	338	707	1556	4458	1,36E+00	4,12E-04	-3,29E-04	272,4	0,7423	15	19,56	10,93	15,97
250	1	7914	59	140	144	148	151	157	2,99E+00	2,31E-04	-2,15E-04	155,9	0,0214	1,25	3,5	1,64	3,06
275	1	1288	93	91	109	128	148	178	1,26E+00	6,62E-04	-5,26E-04	112,4	0,1215	0,78	1,4	2,46	9,54
300	1	3099	145	166	276	422	648	1121	1,60E+00	3,35E-04	-2,74E-04	257,5	0,3573	1,19	5,49	0,81	3,19
325	1	2451	78	97	171	276	449	839	1,90E+00	4,92E-04	-4,36E-04	154,3	0,4063	3,03	10,26	4,11	18,19
350	1	3891	69	87	160	258	416	768	2,38E+00	3,79E-04	-4,15E-04	121,2	0,409	1,23	2,53	3	14,7
375	1	6865	36	128	178	245	344	537	3,21E+00	2,84E-04	-2,15E-04	166,5	0,2847	1,44	7,09	6,09	34,91
400	1	2827	105	62	90	124	171	259	1,82E+00	4,11E-04	-5,77E-04	82	0,275	0,69	2,66	2,56	14,04
425	1	7408	60	61	76	92	113	148	3,05E+00	2,51E-04	-4,35E-04	72,7	0,1737	1,22	6,04	5,8	32
450	1	1258	86	70	95	119	152	205	1,31E+00	6,98E-04	-6,44E-04	92,5	0,1974	1,54	3,88	5,94	28,46
475	1	3903	89	48	70	96	132	200	2,26E+00	3,60E-04	-6,36E-04	62,4	0,2782	1,4	4,65	5,91	27,39
500	1	1679	102	141	256	418	685	1289	1,39E+00	5,48E-04	-3,55E-04	237,6	0,4089	0,84	2,56	1,46	8,04
525	1	9135	145	50	112	230	492	1393	2,65E+00	1,79E-04	-4,59E-04	72,5	0,7034	0,89	3,14	2,3	12
550	1	1556	57	298	379	460	564	742	1,74E+00	7,18E-04	-1,75E-04	407	0,171	13,63	10,81	29,99	74,31
575	1	6430	64	87	132	187	263	404	2,84E+00	2,70E-04	-3,50E-04	125,1	0,2718	0,59	1,81	1,84	9,06
600	1	1590	74	206	298	408	558	830	1,57E+00	6,44E-04	-2,54E-04	298,5	0,2527	5,55	24,35	2,3	4,4
625	1	4861	106	61	130	253	508	1288	2,29E+00	2,93E-04	-5,06E-04	99,1	0,6159	2,8	14,47	9,49	53,91
650	1	1144	105	148	189	230	281	357	1,08E+00	6,56E-04	-3,66E-04	193,3	0,1571	2,96	7,03	7,47	37,83
675	1	2145	98	144	172	199	230	277	1,61E+00	4,86E-04	-3,31E-04	177,2	0,1185	1,06	2,95	2,94	14,36

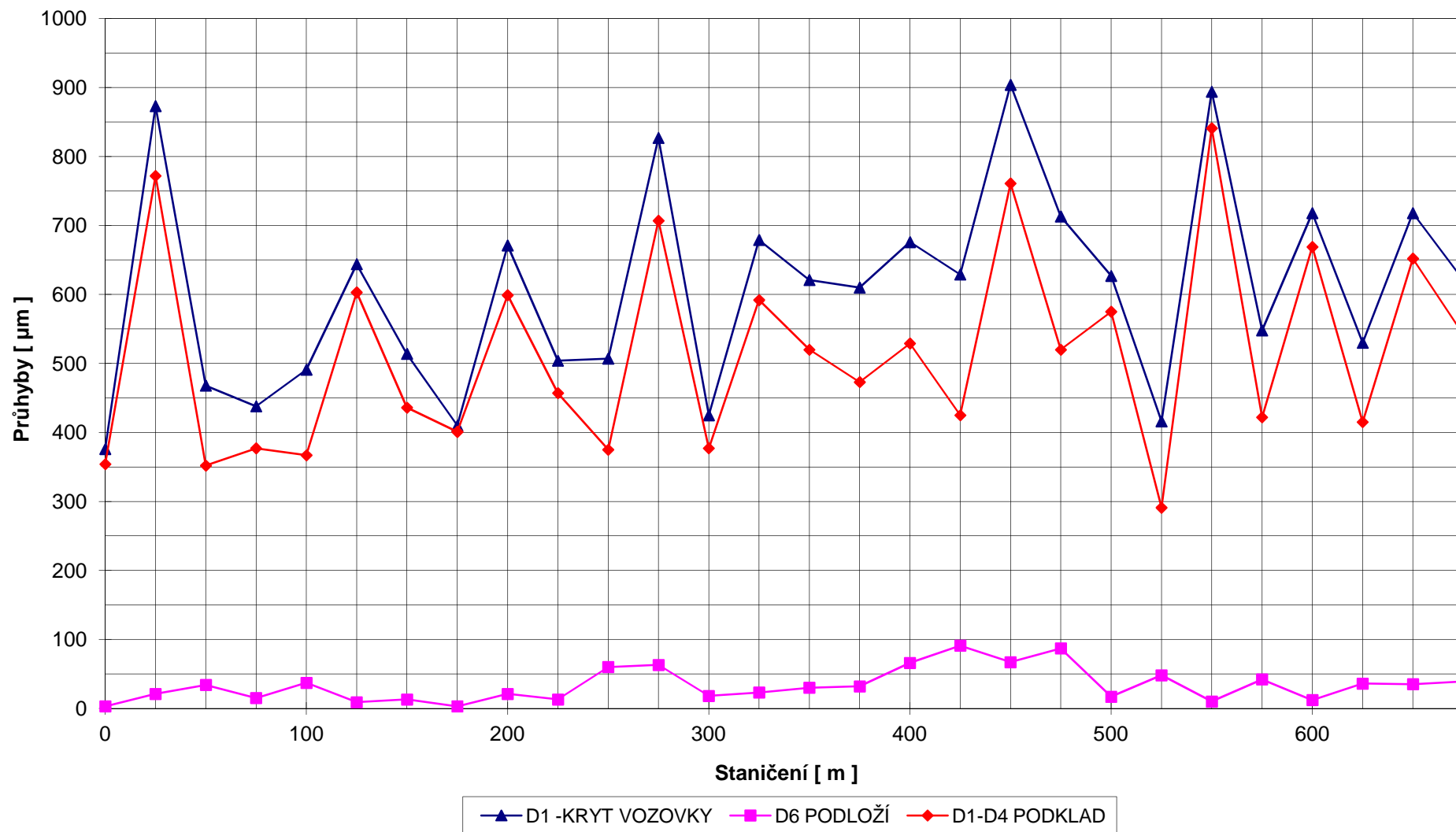
Silnice č. II/235 Mlečice

Staničení [m]	Číslo podúseku	Rázové moduly pružností (3-vrstvý zpětný výpočet)							Napětí a přetvoření ASFALT. VRSTVA		PODLOŽÍ		Přehled chyb				
		Asfalt. vrstvy 12 cm [MPa] 20°C	Podklad. vrstvy 45 cm [MPa]	Podloží hloubka 0 cm [MPa]	Podloží hloubka 60 cm [MPa]	Podloží hloubka 160 cm [MPa]	Podloží hloubka 260 cm [MPa]	Podloží hloubka 460cm [MPa]	Napětí	Tahové	Svislé	Nelineární	Nelineární	Průměr [%]	Max-Prů [%]	Průměr [μm]	Max-Prů [μm]
									v tahu	přetvoř.	přetvoř.	parametry	parametry				
									spod.líc asf. v. [MPa]	spod.líc asf. v. [1]	na povrchu pláně [1]	A	B				
Statistické zpracování																	
Průměr :	1	3864	102	150	305	656	1662	6322	1,90E+00	4,92E-04	-3,55E-04	239,10	0,35	16,48	18,38	30,41	110,49
Maximum :	1	9252	341	530	2382	7643	24705	110584	3,27E+00	3,08E-03	-8,23E-05	1078,20	1,00	260,04	257,34	476,17	2059,03
Minimum :	1	1144	30	48	70	92	113	148	3,64E-01	5,65E-05	-6,44E-04	62,40	0,00	0,59	1,40	0,81	2,54
Sm. odchylka	1	2624	62	111	433	1422	4663	21050	8,43E-01	5,27E-04	1,47E-04	210,07	0,27	48,02	46,69	88,89	378,86
85 % kvantil :	1	1387	57	62	109	129	153	208	2,87E+00	6,55E-04	-5,25E-04	366,62	0,66	23,41	19,46	29,50	91,24
50 % kvantil :	1	2639	89	132	175	267	471	799	1,78E+00	3,70E-04	-3,41E-04	161,60	0,28	2,17	7,06	4,96	15,34

**Průběh průhybů na snímačích D1 - D7
Silnice č. II/235 Mlečice**



Průběh průhybů krytu, podkladu a podloží Silnice č. II/235 Mlečice



Výpočet životnosti netuhých vozovek
kriterium:
poměrného protažení na spodním líci asfaltem tmelených vrstev - ϵ_t
svislého poměrného přetvoření na povrchu podloží (trvalá deformace) - ϵ_z

Identifikace úseku	Poměr. přetvoření		N_{max}	TNV/24h	N	Životnost	Zesílení
Název + (staničení)	[1 . 10E-06]		[mil]		[mil/rok]	[roky]	[mm]
Silnice č. II/235 Mlečice	ϵ_t	655	0,002721	47	0,004761	0,6	80
	ϵ_z	525	0,065497			13,8	20