

RODOS

ROZVOJ DOPRAVNÍCH STAVEB

Kralupská 2/47, 161 00 Praha 6

Tel. 235 361 220, 608 111 271

ZPRÁVA

č. 128/2017

**Diagnostika vozovky a návrh opravy
silnice č. II/110 a III/1103h
v úseku Benešov
křížení komunikací**

Zpracováno pro APIS s.r.o.

Zadavatel: **Ateliér projektování inženýrských staveb s.r.o.**
Ohradní 24b
140 00 Praha 4 - Michle
IČO 61853267
DIČ CZ61853267

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 živičných 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.	Lokalizace úseků	Datum měření	Teplota krytu vozovky	Konstrukce vozovky
II/110	Začátek: 0,035 km před středem křížení Konec: 0,035 km za středem křížení	16.8.2017	25 °C	Asfalt. vrstvy vč. PAM 10 cm Podklad. vrstvy 40 cm
II/1103h	Začátek: 0,035 km před středem křížení Konec: 0,035 km za středem křížení	16.8.2017	25 °C	Asfalt. vrstvy vč. PAM 20 cm Podklad. vrstvy 35 cm

II. Jádrové vývrty

Na úseku bylo provedeno 2 vrtané sondy na tl. konstrukce vozovky. Tloušťky vrstev jsou uvedeny v tabulce č. 3 v Příloze č. 1 se staničením, zjištěným nespojením vrstev a popisem. Fotodokumentace vývrťů je na přiloženém CD.

III. 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 snímačích, jejichž umístění je ve vzdálenostech 0, 300, 450, 600, 900, 1200, 1500, 1800 a 2100 mm od středu zatěžovací desky.

Zjištěné hodnoty:

Naměřené hodnoty průhybů na všech snímačích jsou uvedeny v tabulce č. 1.1 a 2.1. 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.

Průběh průhybů zaznamenaných na všech sedmi snímačích sledovaném úseku je pro ilustraci znázorněn v grafické podobě v grafu č. 1.1 a 1.2.

V grafu č. 2.1 a 2.2 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 grafů 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 velikostem průhybů. Z hlediska dopravního zatížení je úsek rovněž nehomogenní.

IV. 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. 1.1 a 2.1.

V. Stanovení zbytkové životnosti a návrh zesílení

Vypočtené hodnoty rázových modulů pružnosti na každém bodě a dopravní zatížení jsou dále vstupními veličinami analytického výpočtu zbytkové doby životnosti a tloušťky zesílení.

V případě, že není známo dopravní zatížení, provádí se výpočet zatížitelnosti, tj. stanoví se počet TNV pro stanovenou dobu životnosti, které vozovka unese.

Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1.2 a 2.2. Dále jsou zde uvedeny deformační charakteristiky vrstev, limitní počty vozidel, relativní porušení, kritická vrstva a přehled chyb výpočtu dle požadavků TP 87 „Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek“.

VI. Shrnutí výsledků:

Číslo úseku nebo podúseku	Název úseku nebo podúseku	Staničení začátku a konce (km)	Délka úseku (km)	Dopravní zatížení (TNV)	Tloušťka zesílení (mm)
1	II/110 - Benešov	0,000 – 0,070	0,070	655	120

Ve výše uvedené tabulce je uvedeno prosté zesílení vozovky v současném stavu pro zbytkovou dobu životnosti 25 let včetně predikovaného nárůstu.

Číslo úseku nebo podúseku	Název úseku nebo podúseku	Staničení začátku a konce (km)	Délka úseku (km)	Dopravní zatížitel- nost (TNV)	Tloušťka zesílení (mm)
2	III/1103h - Benešov	0,000 – 0,055	0,055	6	0

Ve výše uvedené tabulce je uvedena zatížitelnost vozovky v současném stavu pro zbytkovou dobu životnosti 25 let včetně predikovaného nárůstu. V následných návrzích oprav je pak vypočtena zatížitelnost po navržené opravě.

VII. Návrh opravy:

Návrh opravy vychází z výsledku výpočtů zesílení vozovky, vizuální prohlídky poruch vyskytujících se na úseku zaznamenaných na přiloženém CD, provedených jádrových vývrtů a sond.

V následujícím závěrečném doporučení je stručně shrnut návrh opravy pro jednotlivé podúseky.

Číslo úseku nebo podúseku	Název úseku nebo podúseku	Staničení začátku a konce (km)	Délka úseku (km)
1	II/110 - Benešov	0,000 – 0,070	0,070

Hodnocený úsek vykazuje prakticky vyčerpanou zbytkovou dobu životnosti.

Úsek je porušen hloubkovou korozí přecházející ve výtluky, zasahujícími místy i ložní vrstvu, opravovanými nátěry a asfaltovou směsí. Dále se vyskytují trhliny únavové, trhliny z nespojení a stárí vrstev a jejich rozpadu.

Konstrukce vozovky je tvořena asfaltovými vrstvami tl. 70 mm na penetračním makadamu pojeným dehtem.

Navrhují:

- ▶ odstranit konstrukční vrstvy vozovky v tloušťce 350 mm s odvozem kontaminovaných vrstev na skládku
- ▶ provést zhutnění podloží vozovky
- ▶ provést pokládku podkladní vrstvy vozovky z kameniva zpevněného cementem SC C8/10 tloušťky 180 mm
- ▶ provést spojovací postřík povrchu kationaktivní emulzí v množství 0,45 kg/m² asfaltu po vyštěpení
- ▶ provést pokládku podkladní vrstvy krytu v tloušťce cca 70 mm z asfaltové směsi typu asfaltový beton ACP 22 + dle ČSN EN 13 108-1
- ▶ provést spojovací postřík povrchu kationaktivní emulzí v množství 0,35 kg/m² asfaltu po vyštěpení
- ▶ provést pokládku ložní vrstvy krytu v tloušťce cca 60 mm z asfaltové směsi typu asfaltový beton ACL 16 S dle ČSN EN 13 108-1
- ▶ provést spojovací postřík povrchu kationaktivní emulzí v množství 0,35 kg/m² asfaltu po vyštěpení
- ▶ provést pokládku obrusné vrstvy krytu v tloušťce cca 40 mm z asfaltové směsi typu asfaltový beton SMA 11 SS dle ČSN EN 13 108-5

Poznámka:

Vzhledem k tomu, že se jedná o zatíženou křižovatku s pomalým pohybem a kanalizací stop vozidel je konstrukce navržena na vyšší třídu dopravního zatížení. Niveleta se nezvyšuje. Tato oprava je navržena pro dobu životnosti 25 let.

Číslo úseku nebo podúseku	Název úseku nebo podúseku	Staničení začátku a konce (km)	Délka úseku (km)
2	III/1103h - Benešov	0,000 – 0,055	0,055

- ▶ odstranit konstrukční vrstvy vozovky v tloušťce 150 mm, tj. místy i nátěr na PAM
- ▶ provést opravy lokálních poruch vozovky zjištěných na odfrézovaném povrchu dalším frézováním a znovu vyplněním asfaltovou směsí.
- ▶ provést spojovací postřík povrchu kationaktivní emulzí v množství 0,45 kg/m² asfaltu po vyštěpení
- ▶ provést pokládku podkladní vrstvy krytu v tloušťce cca 60 mm z asfaltové směsi typu asfaltový beton ACP 22+ dle ČSN EN 13 108-1
- ▶ provést spojovací postřík povrchu kationaktivní emulzí v množství 0,35 kg/m² asfaltu po vyštěpení
- ▶ provést pokládku ložní vrstvy krytu v tloušťce cca 50 mm z asfaltové směsi typu asfaltový beton ACL 16 S dle ČSN EN 13 108-1
- ▶ provést spojovací postřík povrchu kationaktivní emulzí v množství 0,35 kg/m² asfaltu po vyštěpení
- ▶ provést pokládku obrusné vrstvy krytu v tloušťce cca 40 mm z asfaltové směsi typu asfaltový beton SMA 11 S dle ČSN EN 13 108-5

Poznámka:

Celková tloušťka nově pokládaných vrstev je 150 mm. Niveleta se nezvyšuje. Tato oprava zvyšuje zatížitelnost vozovky na 220 TNV/24hod a je navržena pro dobu životnosti 25 let.

Praha 25.8.2017

RODOS
KRALUPSKÁ 2/47
161 00 PRAHA 6
TEL: 235 361 220

Ing. Pavel Herrmann
RODOS

Příloha č. 1

Měřené průhyby a jejich vyhodnocení

Silnice č. II/110 Benešov

Poloměr zat. desky: 150 mm

Referenční teplota: 20°C

Normováno na: 50 kN

Staničení [m]	Číslo podúseku	Zatížení [MPa]	Naměřené průhyby [μm]									Moduly pružnosti [MPa]		
			0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2100	ACO [10 cm]	SDB [40 cm]	Podloží ZEM_SP
0	1	0,707	576	145	120	99	66	50	40	32	30	375	340	191
5	1	0,707	393	289	256	220	155	107	76	58	49	15000	250	80
10	1	0,707	411	204	162	128	85	61	45	38	34	2193	373	134
15	1	0,707	398	338	258	219	150	109	94	76	61	15000	161	77
20	1	0,707	442	183	141	116	81	60	50	42	34	663	509	144
25	1	0,707	379	266	213	169	233	85	64	50	44	7580	453	79
30	1	0,707	522	164	133	115	85	65	52	41	38	375	483	152
35	1	0,707	881	353	199	160	112	77	56	48	50	774	136	110
40	1	0,707	463	194	164	140	104	78	62	52	40	391	791	115
45	1	0,707	526	321	256	206	143	106	86	69	61	3862	260	80
50	1	0,707	478	205	171	150	119	94	79	66	58	375	869	102
55	1	0,707	443	269	206	167	120	91	74	60	53	3881	332	95
60	1	0,707	492	217	162	132	82	56	46	39	33	1243	317	136
70	1	0,707	448	243	191	159	115	84	64	54	46	2031	398	103
Statistické zpracování:														
Průměr:	1	0,707	489	242	188	156	118	80	63	52	45	3839	405	114
Minimum:	1	0,707	379	145	120	99	66	50	40	32	30	375	136	77
Maximum:	1	0,707	881	353	258	220	233	109	94	76	61	15000	869	191
Sm. odchylka:	1	0,000	121	63	44	37	41	19	16	12	10	4951	203	32
85% kvantil:	1	0,707	529	322	256	206	150	106	79	66	58	375	246	80
50% kvantil:	1	0,707	455	230	181	154	113	81	63	51	45	1637	357	106

Silnice č. II/110 Benešov

Návrhová úroveň porušení: D0

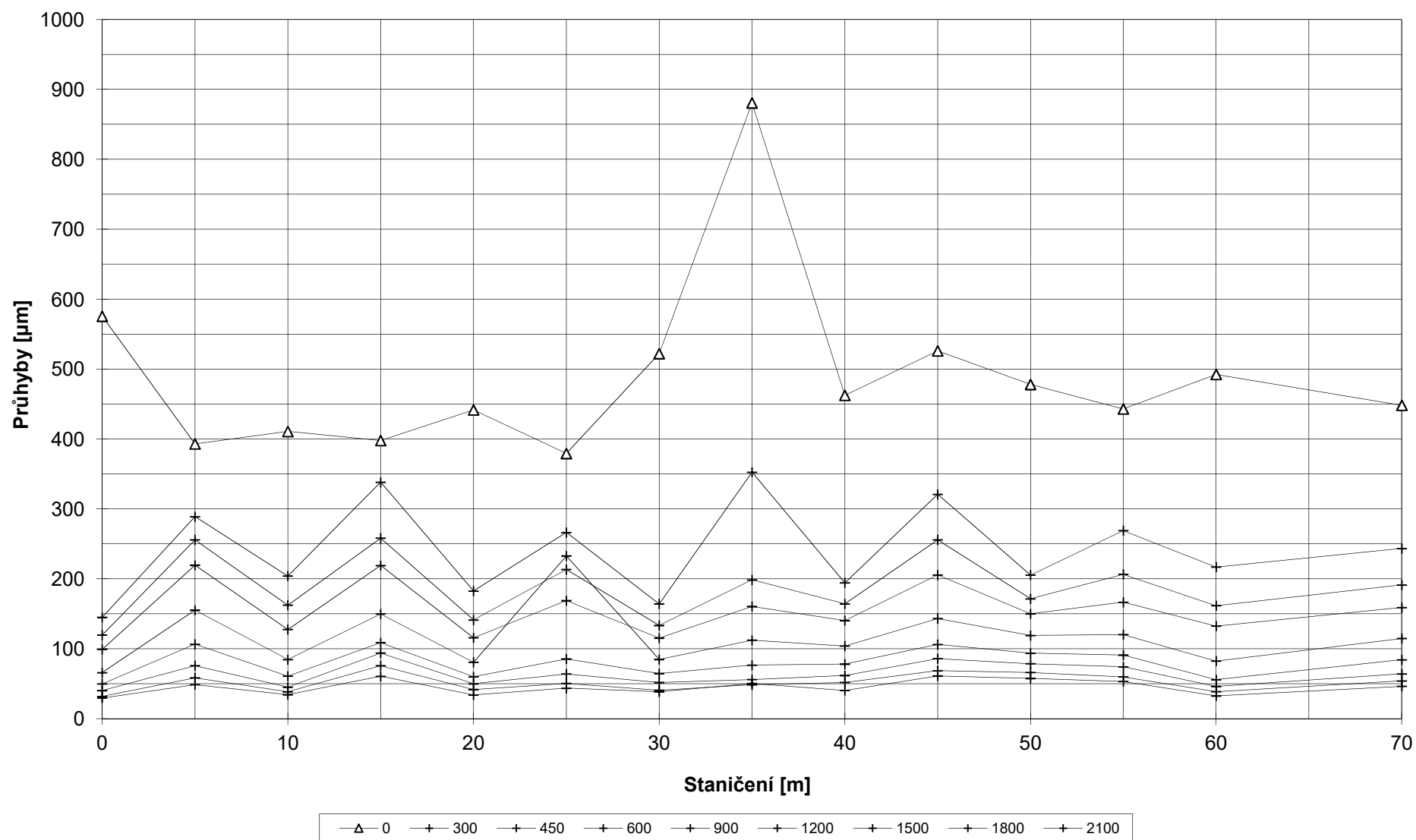
Délka návrhového období: 25

Intenzita dopravy: 655 TNV/24hod

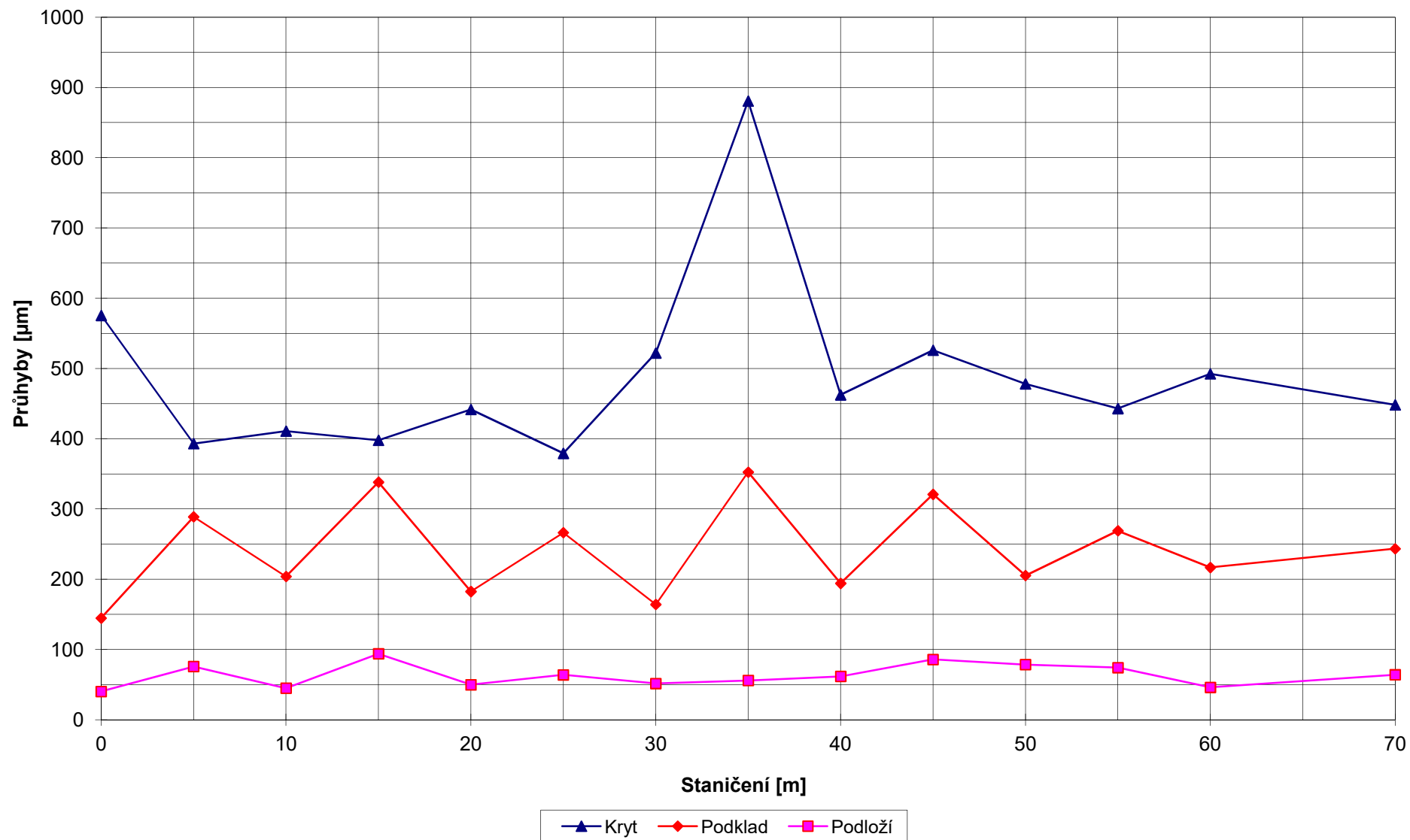
Celkový počet přejezdů: 3287275 TNV

Staničení [m]	Číslo podúseku	Zbytková životnost	Tloušťka zesílení	Klasifikační třída	Kritická vrstva	TNV lim	Relativní porušení	TNV po zes.	Rel. por. po zes.	Chyby				
										Eps1	Eps2	EpsZ	Průměr [%]	Průměr [um]
0	1	0,3	13	5	1	46757	70,306	4232223	0,777	3,09E-04	1,35E-04	-3,18E-04	8,28	6,81
5	1	8,9	4	4	3	1375405	2,390	4910861	0,669	1,18E-04	1,38E-04	-3,50E-04	10,13	10,64
10	1	1,6	9	5	1	240763	13,654	4471429	0,735	2,22E-04	1,39E-04	-3,30E-04	6,36	4,51
15	1	5,7	5	4	3	887736	3,703	5243406	0,627	1,34E-04	1,46E-04	-3,82E-04	7,19	21,63
20	1	3,2	9	5	1	500973	6,562	4192357	0,784	1,92E-04	1,33E-04	-3,18E-04	1,40	0,93
25	1	10,9	3	3	3	1685044	1,951	4537845	0,724	1,28E-04	1,38E-04	-3,36E-04	24,11	23,54
30	1	2,9	12	5	1	451589	7,279	4069396	0,808	1,96E-04	1,38E-04	-3,29E-04	6,92	5,78
35	1	0,0	17	5	1	1408	2334,712	5167384	0,636	6,22E-04	2,28E-04	-5,48E-04	5,77	6,15
40	1	16,3	1	3	3	2527863	1,300	4800924	0,685	9,14E-05	1,24E-04	-3,10E-04	1,77	1,29
45	1	1,3	9	5	1	200218	16,418	4951322	0,664	2,31E-04	1,90E-04	-4,58E-04	2,23	3,15
50	1	15,0	1	3	3	2317114	1,419	4445127	0,740	7,36E-05	1,24E-04	-3,15E-04	5,24	5,09
55	1	2,7	7	5	1	422277	7,785	4207950	0,781	1,99E-04	1,60E-04	-3,84E-04	0,76	0,58
60	1	0,4	12	5	1	63072	52,119	5312219	0,619	2,91E-04	1,55E-04	-3,67E-04	7,14	4,77
70	1	1,8	9	5	1	284322	11,562	4379865	0,751	2,15E-04	1,57E-04	-3,74E-04	3,27	2,75
Statistické zpracování:														
Průměr:	1	5,1	8	4	2	786039	180,797	4637308	0,714	2,16E-04	1,50E-04	-3,66E-04	6,47	6,97
Minimum:	1	0,0	1	3	1	1408	1,300	4069396	0,619	7,36E-05	1,24E-04	-5,48E-04	0,76	0,58
Maximum:	1	16,3	17	5	3	2527863	2334,712	5312219	0,808	6,22E-04	2,28E-04	-3,10E-04	24,11	23,54
Sm. odchylka:	1	5,3	5	1	1	821435	597,715	406519	0,061	1,31E-04	2,70E-05	6,35E-05	5,60	6,87
85% kvantil:	1	0,4	12	5	3	62256	53,029	4207170	0,781	2,92E-04	1,62E-04	-3,88E-04	8,37	11,19
50% kvantil:	1	2,8	9	5	1	436933	7,532	4504637	0,730	1,97E-04	1,39E-04	-3,43E-04	6,06	4,93

Průběh průhybů na všech snímačích Silnice č. II/110 Benešov



Průběh průhybů krytu, podkladu a podloží Silnice č. II/110 Benešov



Silnice č. III/1103h Benešov

Poloměr zat. desky: 150 mm

Referenční teplota: 20°C

Normováno na: 50 kN

Staničení [m]	Číslo podúseku	Zatížení [MPa]	Naměřené průhyby [μm]									Moduly pružnosti [MPa]		
			0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2100	ACO [20 cm]	MZ [35 cm]	Podloží ZEM_SP
0	1	0,707	500	330	265	215	142	102	83	61	58	1800	130	87
5	1	0,707	335	209	198	179	135	93	57	26	17	6312	66	142
10	1	0,707	426	345	303	250	156	109	75	62	50	5271	37	108
15	1	0,707	438	296	244	196	134	89	67	51	44	2522	110	102
20	1	0,707	590	391	307	225	141	95	81	65	56	1576	79	92
25	1	0,707	286	226	201	174	128	97	71	54	47	8100	118	104
30	1	0,707	576	351	254	192	114	68	51	44	35	1358	75	126
35	1	0,707	484	345	275	228	146	97	69	52	39	2839	64	104
40	1	0,707	403	270	225	179	110	72	55	46	41	2829	100	124
45	1	0,707	537	369	303	244	160	105	81	65	56	2176	80	86
50	1	0,707	760	432	333	249	138	97	67	59	51	908	69	92
55	1	0,707	568	364	304	253	174	119	89	72	62	1552	126	74
Statistické zpracování:														
Průměr:	1	0,707	492	327	268	215	140	95	71	55	46	3104	88	103
Minimum:	1	0,707	286	209	198	174	110	68	51	26	17	908	37	74
Maximum:	1	0,707	760	432	333	253	174	119	89	72	62	8100	130	142
Sm. odchylka:	1	0,000	122	63	42	29	17	14	11	12	12	2153	28	19
85% kvantil:	1	0,707	581	377	305	249	157	107	82	65	56	1484	65	87
50% kvantil:	1	0,707	492	345	270	220	140	97	70	56	49	2349	79	103

Silnice č. III/1103h Benešov

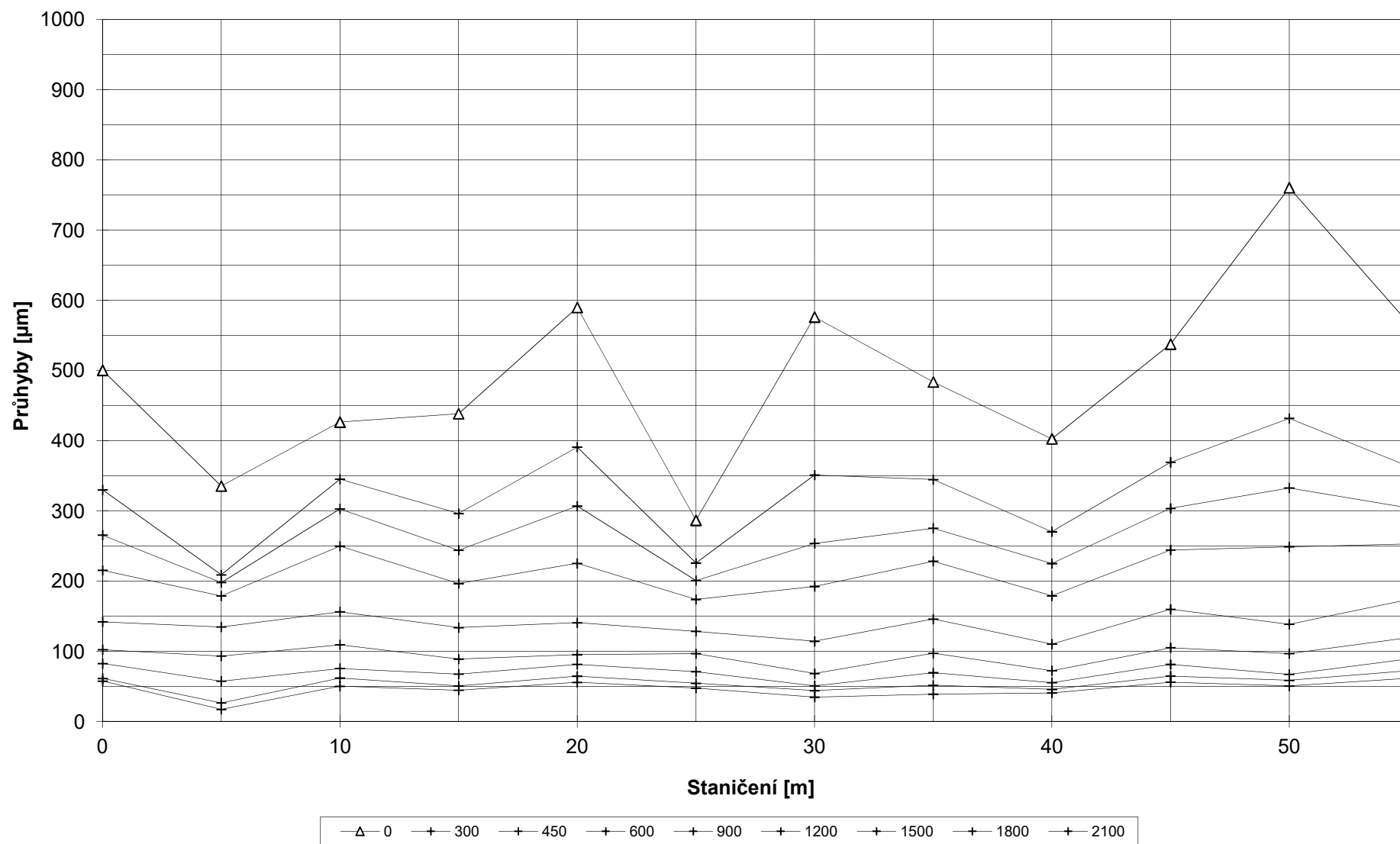
Návrhová úroveň porušení: D0

Délka návrhového období: 25

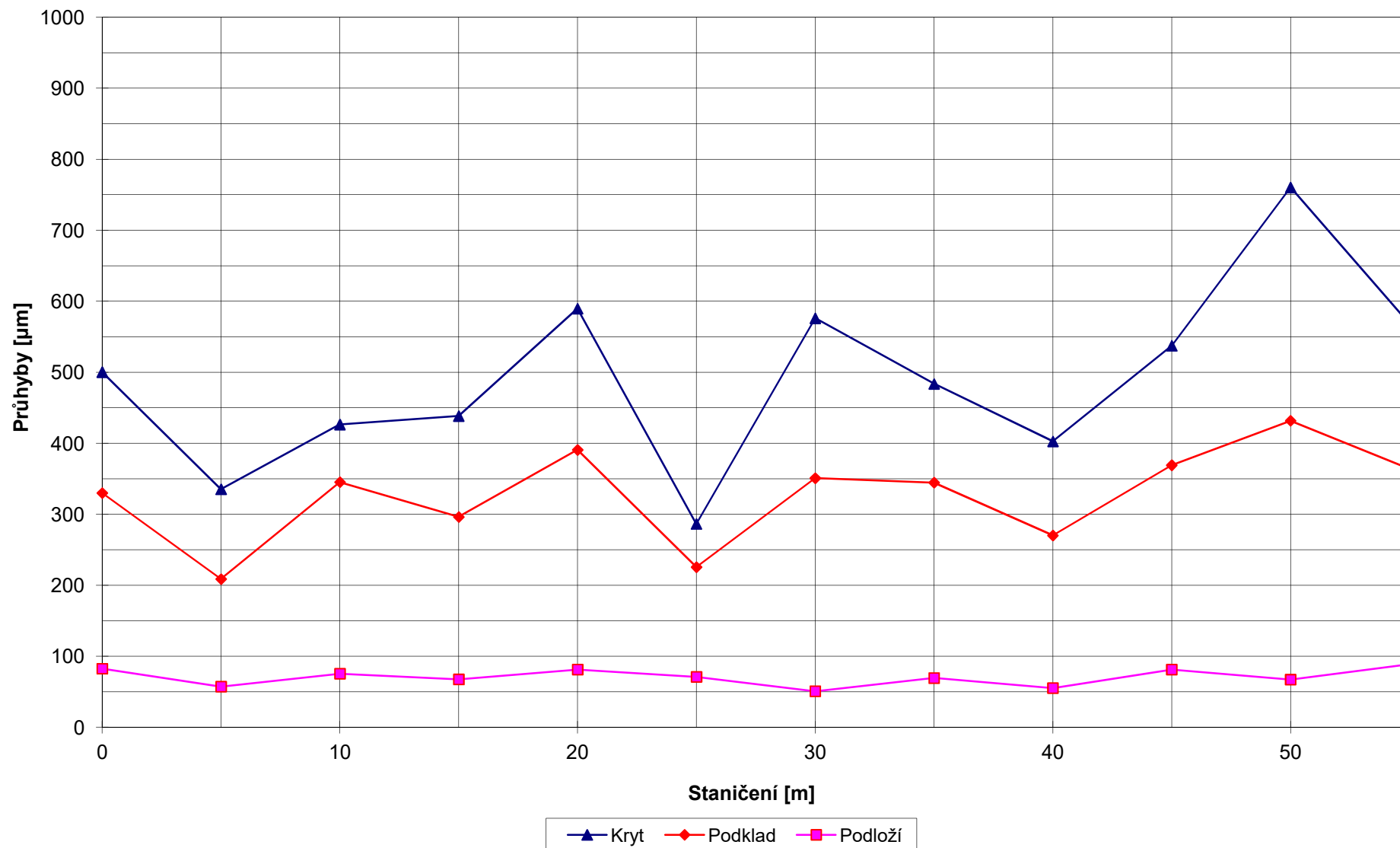
Výpočet zatížitelnosti vozovky

Staničení [m]	Číslo podúseku	Zbytková životnost	Zatížiteln ost	Klasifikač ní třída	Kritická vrstva	TNV lim	Relativní porušení	TNV dovolené	Rel. por. dovolené	Chyby				
										Eps1	Eps2	EpsZ	Průměr [%]	Průměr [um]
0	1	25,0	24	1	1	143750	1,000	122187	0,850	2,47E-04	1,38E-04	-3,59E-04	1,86	2,06
5	1	25,0	931	1	1	5496979	1,000	4672432	0,850	1,19E-04	3,94E-05	-1,38E-04	24,97	16,15
10	1	25,0	270	1	1	1596557	1,000	1357073	0,850	1,52E-04	4,01E-05	-1,58E-04	3,94	4,79
15	1	25,0	54	1	1	321725	1,000	273466	0,850	2,10E-04	1,04E-04	-2,85E-04	3,33	3,48
20	1	25,0	7	1	1	42210	1,000	35878	0,850	3,15E-04	1,26E-04	-3,52E-04	3,23	3,88
25	1	25,0	3331	1	1	19668426	1,000	16718162	0,850	9,22E-05	6,10E-05	-1,79E-04	1,83	2,11
30	1	25,0	5	1	1	27170	1,000	23094	0,850	3,44E-04	9,73E-05	-2,83E-04	3,21	2,66
35	1	25,0	41	1	1	244294	1,000	207650	0,850	2,22E-04	8,01E-05	-2,48E-04	4,06	3,90
40	1	25,0	74	1	1	438930	1,000	373090	0,850	1,97E-04	8,17E-05	-2,35E-04	2,14	2,90
45	1	25,0	20	1	1	119727	1,000	101768	0,850	2,56E-04	1,18E-04	-3,32E-04	1,73	3,00
50	1	25,0	1	1	1	6438	1,000	5472	0,850	4,59E-04	1,48E-04	-4,10E-04	3,52	5,43
55	1	25,0	14	1	1	84677	1,000	71975	0,850	2,74E-04	1,64E-04	-4,20E-04	4,64	6,72
Statistické zpracování:														
Průměr:	1	25,0	398	1	1	2349240	1,000	1996854	0,850	2,41E-04	9,98E-05	-2,83E-04	4,87	4,76
Minimum:	1	25,0	1	1	1	6438	1,000	5472	0,850	9,22E-05	3,94E-05	-4,20E-04	1,73	2,06
Maximum:	1	25,0	3331	1	1	19668426	1,000	16718162	0,850	4,59E-04	1,64E-04	-1,38E-04	24,97	16,15
Sm. odchylka:	1	0,0	920	0	0	5429750	0,000	4615287	0,000	9,71E-05	3,91E-05	9,07E-05	6,13	3,68
85% kvantil:	1	25,0	6	1	1	36946	1,000	31404	0,850	3,25E-04	1,42E-04	-3,77E-04	4,26	5,88
50% kvantil:	1	25,0	33	1	1	194022	1,000	164919	0,850	2,34E-04	1,01E-04	-2,84E-04	3,28	3,68

**Průběh průhybů na všech snímačích
Silnice č. III/1103h Benešov**



Průběh průhybů krytu, podkladu a podloží Silnice č. III/1103h Benešov



Křižovatka II/110 x III/1103h, Benešov

Tloušťky asfaltem tmelených vrstev zjištěné z vývrtů					
Vývrt č.	Staničení	Tloušťka nespoj. [cm]	Tloušťka celkem [cm]	Podklad	Poznámka
1	střed křiž.		7	10 cm PM, > 20 cm štěrk	dehet
2	III/1103h	5,5	20,5	> 20 cm štěrk	nespojené, rozpadlé vrstvy

**Tloušťky asfaltem tmelených vrstev
Křižovatka II/110 x III/1103h, Benešov**

