

Ing. Josef V a n í č e k, VÚHU

Elektrické odklizové lokomotivy hmotnosti 180 t na povrchových dolech
a jejich vliv na kolejový svršek

V rámci racionalizačních opatření na n. p. DVIL v Komořanech byl vypracován návrh programu mechanizace a racionalizace traťového hospodářství. VÚHU vědom si důležitosti tohoto programu převzal k řešení některé body z tohoto programu, které nemohl sám národní podnik z různých příčin řešit vlastními silami (ani ostatní útvary revíru) a VÚHU se ujal i řešení problematiky vlivu el. lokomotiv typu 26 Em o hmotnosti 180 t a nápravovém tlaku 294 kN (30 Mp) na kolejový svršek. Od roku 1972 nasazované el. lokomotivy 26 Em, jejichž obrázek je v příloze č. 1 jsou výkonnější než dosud používané el. lokomotivy typu E 2 E nebo 14 E o hmotnosti 150 t a nápravovém tlaku 245 kN (25 Mp), neboť instalovaný hodinový výkon trakčních motorů mají 2520 kW proti 1650 kW a trvalý výkon 2190 kW proti 1260 kW. Tímto svým zvýšeným výkonem umožňují například na dole Jan Šverma i Obránců míru vozit na tratích se stejným stoupáním ve skryvkových soupravách o jeden LH vůz více, to je 10 LH vozů, na dole Jan Šverma v uhelných soupravách o jeden Ta vůz více, to je 8 vozů Ta a na dole Obránců míru uhelné soupravy se šesti vozy Ta s jednou lokomotivou, místo souprav se sedmi vozy Ta a se dvěma lokomotivami hmotnosti 150 t.

Již z předchozích měření VÚHU bylo známo, že běžně používaný kolejový materiál (kolejnice tvaru T /S 49/, stálé koleje s kladem 42 ks pražců ve 25 m poli nebo 33 ks ve 20 m poli (klad "d"), pohyblivá kolej s kladem 36 ks pražců ve 25 m poli) je při provozu el. lokomotiv hmotnosti 150 t plně využíván obzvláště, když kolejnice mají již nějaké opotřebení. Po zasazení el. lokomotiv hmotnosti 180 t zvýšil se počet lomů kolejnic, tím se zvýšila možnost vykolejení a havárií a snížila bezpečnost kolejového provozu. Jevílo se proto nutné stanovit maza opotřebení kolejnic dosud užívaných tvarů eventuálně doporučit vhod-

nější tvar kolejnic i překontrolovat zatížení pražců a tím umožnit názor na rozklad tlaků v kolejovém loži a stanovit jeho potřebnou výšku.

Železniční svršek se od většiny běžných stavebních konstrukcí liší především tím, že je za provozu přímo vystaven účinkům stálých i proměnných sil od pohybujících se vozidel na něm. Jeho rozměry závisí nejen na velikosti těchto sil vyvozovaných vozidly, ale v podstatné míře též na pružnosti podkladu, na němž kolejový rošt spočívá.

Určit tuto pružnost matematicky je velmi obtížné, protože pružná poddajnost podpor kolejnic, již se vyjadřuje ve výpočtech pružnost podkladu, je dána součtem deformací závislých na konstruktivním uspořádání kolejového roštu, na pružnosti kolejového lože i pláň spodku. Většina uvedených hodnot, zejména pružnost kolejového lože, je prakticky stále proměnná, a to v místě i čase. V této okolnosti tkví největší nespolehlivost všech výpočtů statických hodnot konstrukce železničního svršku.

Bylo prokázáno různými autory, že dosud žádný z navržených empirických vzorců nedává výsledky shodné se skutečným stavem napětí v konstrukci kolejového svršku, a proto je nejvýhodnější provést měření jednotlivých hodnot přímo v provozu. To jsou výsledky poznatků s kolejemi veřejných drah, které je snad možno porovnat se stálými důlními kolejemi, ale u důlních pohyblivých kolejí jsou poměry ještě složitější, a proto u nich ke zjištění napětí v konstrukci je nutno hodnoty měřit výhradně v provozu. Při zadání úkolu bylo proto dohodnuto, že hodnoty potřebné k řešení budou získávány na základě výsledků tenzometrických měření v provozu, a to porovnáváním hodnot zjištěných pro soupravy s el. lokomotivami hmotnosti 150 t a 180 t při jejich průjezdech měřicími místy.

Napětí v kolejnici byla při měření snímána elektrickými drátkovými odporovými průtahoměry - tenzometry, podélného tvaru pro měření deformací v tahu i tlaku typu M 120 o elektrickém odporu $120 \Omega \pm 0,5 \%$ s gauge faktorem $G = 2,1$. Tenzometry byly přitmeleny v podélném směru na povrchu profilu kolejnice v zaměřených místech uprostřed mezi praž-

ci. Změny elektrických odporů tenzometrů vyvolávaných deformacemi kolejnic při jejich zatěžování průjezdem vozidel, byly zaznamenávány soupravou šesti kusů tranzistorových můstek Philips ve spojení s osmi-smyčkovým oscilografem RFT s fotografickým záznamem snímaného jevu. Použitá aparatura umožňovala snímat současně ze čtyř míst napětí na kolejnici a přenášené tlaky ze dvou protilehlých podkladnic. Celá souprava byla napájena střídavým proudem z vlastního agregátu 220 V, 50 Hz.

Zjištěná napětí v měřených místech profilu kolejnice byla, dle pravděpodobného průběhu napětí v kolejnici - podle již dříve provedených měření VÚHU (přímkového, neboť převládá ohyb) - převedena na krajní vlákna a tak byla zjištěna maxima cyklů napětí v krajním vlákně hlavy i paty kolejnice, která za provozu nastala.

Do detailního vyhodnocení byly pojety jen nejvyšší, to je nejne-příznivější hodnoty z průjezdu souprav. Měření byla prováděna na pro-vozních kolejích bez jakýchkoliv úprav, aby byly zjištěny skutečné pro-vozní hodnoty. Ojetí profilu kolejnice bylo měřeno Fricovou měrkou pro tvar "T" upravenou ve VÚHU na odečítání pěti hodnot. U kolejnice tvaru "R 65" byla použita táž měrka. Byla přiložena k profilu hlavy a stojny kolejnice a naměřené hodnoty byly pak porovnáním obou profilů přepoč-teny na profil tvaru "R 65". Naměřené hodnoty opotřebení kolejnic byly pro každé měřené místo převedeny na srovnané ojetí. Zjištěná maximální napětí krajních vláken profilu kolejnice pro srovnané ojetí byla pak přepočtena na nulové ojetí a na srovnané ojetí 10 mm a 20 mm ze vztahu

$$\sigma_x = \sigma_a \frac{I_a}{I_x},$$

kde σ_x = napětí při srovnaném ojetí kolejnice (0, 10, 20 mm)

σ_a = vyčíslená napětí pro naměřené srovnané ojetí

I_a = moment setrvačnosti profilu kolejnice pro naměřené srovná-né ojetí

I_x = moment setrvačnosti profilu kolejnice pro srovnané ojetí

0, 10, 20 mm pro tvar "T" 1862, 1560, 1273 cm⁴
pro tvar "R 65" 3573, 3008, 2366 cm⁴

Kolejnice jsou namáhány převážně v ohybu cyklicky a pro jejich životnost je rozhodující únavová bezpečnost, a proto získané maximální hodnoty cyklů byly porovnávány s mezí únavy materiálu kolejnic v ohybu. Kolejnice dodávané povrchovým dolům jsou v současné době vyráběny z oceli třídy 10 800 první a druhé jakosti. V provozu jsou však kolejnice i z dřívějších dodávek z oceli třídy 10 750 a 10 700, a to i třetí jakosti. Proto pro zjištění únavové bezpečnosti byl porovnáván materiál s nejnižšími hodnotami, tj. uhlíková ocel s maximální pevností $\sigma_p = 686,5 \text{ MPa}$ (70 kp/mm^2).

Pro tento materiál byl sestrojen Smithův diagram meze únavy a do něj zakresleny maximální hodnoty cyklů přepočtené na krajní vlákna profilu kolejnice pro srovnání ojetí 0, 10, a 20 mm. Smithův diagram byl sestrojen na základě těchto hodnot:

a) mez únavy v ohybu σ_c

$$\sigma_c = \sigma_{oc} \cdot b \cdot c = 323,6 \cdot 0,93 \cdot 0,75 = 225,6 \text{ MPa} \text{ (23 kp/mm}^2\text{)},$$

kde σ_{oc} = mez únavy v ohybu malé leštěné zkušební tyčinky =
= $323,6 \text{ MPa}$ (33 kp/mm^2)

b = součinitel jakosti povrchu - u kolejnic 0,93

c = součinitel velikosti součástí - u kolejnic tvaru "T" a vyšších = 0,75

b) mez kluzu σ_K

$$\sigma_K = 0,6 \sigma_p = 0,6 \cdot 686,5 = 411,9 \text{ MPa} \text{ (42 kp/mm}^2\text{)}$$

c) mez únavy při míjivém napětí σ_{hc}

$$\sigma_{hc} = 0,25 (\sigma_p + \sigma_K) + 49 = 0,25 (686,5 + 411,9) + 49 =$$

$$= 323,6 \text{ MPa} \text{ (33 kp/mm}^2\text{)}$$

Únavová bezpečnost je poměr svislice omezené diagramem s cyklujícím napětím vynesným v diagramu na středním napětí.

Přenos tlaku z kolejnice na pražec byl měřen snímači vloženými mezi patu kolejnice a podkladnicí. Snímače - měřicí dózy byly válcového tvaru s vrchní částí mírně kuželovitou. Uvnitř snímače byl přitmelena

odporový tenzometr typu M 120 o elektrickém odporu $120 \Omega \pm 0,5 \%$, který snímá napětí v tahu na dolních vlákmecch klenby snímače při zatížení. Snímače byly zapuštěny do podkladnic tak, aby kolejnice tlačila na hrot jeho kuželu.

Do každé podkladnice byly umístěny dva snímače v sériovém zapojení, aby bylo možno přímo měřit celkový tlak kolejnice na podkladnici, tj. podporovou reakci. Cejchování snímačů v podkladnici bylo provedeno ve VÚHU na hydraulickém lisu. Aby při cejchování byly co nejvíce napodobeny provozní podmínky, byla na podkladnici se snímači upevněna část kolejnice, přes kterou byl tlak při cejchování přenášen.

Z dřívějších měření namáhání kolejového lože u stálých i pohyblivých kolejí prováděných VÚHU byl získán graf rozkladu tlaků v kolejovém loži, z něhož je možno určit optimální výšku kolejového lože u kolejí I. a II. řádu podle použitého materiálu lože v závislosti na únosnosti podloží (příloha č. 2). Tento graf sloužil k posouzení, zda se vystačí v provozu s lokomotivami 180 t s výškou kolejového lože stanovenou ON 73 6361 a ON 73 6363, i když graf byl zpracován z naměřených hodnot v provozu s lokomotivami 150 t.

Při řešení úkolu byly posouzeny též používané druhy prážců, materiál pro kolejové lože i výhybky položené na ocelových deskách v pohyblivé koleji.

Pro zpracování úkolu byla provedena rozsáhlá měření na stálých kolejích z kolejníc tvaru "T" i "R 65" a na pohyblivých kolejích z kolejníc tvaru "T" na dřevěných i ocelových prážcích a tvaru "R 65" na ocelových prážcích pro běžně užívané klady prážců.

Měřeno bylo vždy nejméně šest jízd souprav s lokomotivou hmotnosti 150 t i 180 t. Z oscilografických záznamů o průběhu napětí v kolejnici v měřených místech profilu kolejnice (ukázka v obr. č. 3) byly vyhodnoceny naměřené hodnoty maxim cyklů. Tyto hodnoty byly pak převedeny graficky na krajní vlákna profilu kolejnice pro dvojice tenzometrů 1 - 3 a 2 - 4 (příklad obr. 4). Maximální hodnoty cyklů napětí byly pak přepočteny na srovnané ojetí kolejnice 0, 10 a 20 mm (tab. č. 5).

Výsledky jsou sestaveny v přehledné tabulce pro průjezdy el. lokomotiv 180 t i 150 t a pro ložené LH vozy. Již z této tabulky je zřejmé výhoda ocelových pražců i kolejnic tvaru "R 65", neboť cyklující hodnoty napětí jsou zde menší než u dřevěných pražců. U pohyblivých kolejí na ocelových pražcích z kolejnic "R 65" při kladu pražců "b" jsou cyklující hodnoty napětí skoro stejné jako u koleje z kolejnic "T" s kladem 36 ks pražců ve 25 m poli.

Výsledné maximální hodnoty cyklů byly pak vyneseny pro jednotlivé případy do Smithova diagramu a z něj pak vypočtena únavová bezpečnost materiálu kolejnic v ohybu jak je zřejmé na příkladu v obr. č. 6. Přehled minimálních hodnot únavové bezpečnosti materiálu kolejnic při průjezdu el. lokomotiv i vozů je uveden v tabulce č. 7.

Z oscilografických záznamů o přenosu sil z kolejnice na pražec (příklad v obr. č. 8) byly vyčísleny maximální hodnoty sil pod kolem i pod celou nápravou při průjezdu lokomotiv i vozů v tabulce č. 7. V ní jsou též stanoveny maximální specifické tlaky pražce na kolejové lože při jízdě el. lokomotiv hmotnosti 180 t za předpokladu, že pražcem přenášená síla se rozloží rovnoměrně a porovnány s grafem v příloze č. 2. Jen při průjezdu 180 t lokomotivy na koleji z kolejnic "T" na dřevěných pražcích je specifický tlak vyšší než ca 0,4 MPa (4 kp/cm²), který byl zjištěn pro 150 t lokomotivy při zpracování grafu.

Zároveň byly porovnány dřevěné a ocelové pražce obou vyráběných typů DVIL a HDBS, jejichž obrázky jsou v příloze č. 9 a 10. Zatímco měřený rozchod na dřevěných pražcích měl toleranci $\begin{smallmatrix} + 18 \\ - 4 \end{smallmatrix}$ mm, to je celkem 22 mm na 20 m délky pohyblivé koleje, měl na téže koleji na ocelových pražcích toleranci $\begin{smallmatrix} + 12 \\ + 3 \end{smallmatrix}$ mm, tj. celkem jen 9 mm. Pro stavbu nových kolejí na ocelových pražcích je třeba adjustovat pražce tak, aby byl dodržen jmenovitý rozchod s tolerancí $\begin{smallmatrix} + 5 \\ - 0 \end{smallmatrix}$ mm a ne jako dosud u pražců DVIL rozšířený o 10 až 15 mm a u pražců HDBS o 16 až 21 mm, neboť vozidla používaná v důlním provozu mají zaručenou průjezdnost v obloucích i o nejmenším dovoleném poloměru dle § 11, odst. 3, PTP - D, tj. 140 m bez rozšíření.

V době řešení úkolu byla na dole Jan Šverma položena v pohyblivé koleji výhybka na ocelových deskách (obr. č. 11). I když výhybka byla položena na nedostatečně odvodněném loži, projela přes ni do konce srpna 1973 těžba $7,834\,436\text{ m}^3$ skrývky jen při běžné údržbě bez podbíjení a udržela si rozehod v tolerancích jako výhybka na dřevěných pražcích s projetou poloviční zátěží a plnou údržbou.

Na základě popsaných provedených měření a výpočtů i s posouzením dalších provozních okolností doporučuje se pro provoz souprav s elektrickými lokomotivami o hmotnosti 180 t v důlním provozu:

1. u stálých kolejí I. a II. řádu při kladu pražců "d" přednostně používat kolejnice tvaru "R 65". Pokud je nutno pojíždět na hlavních kolejích z kolejníc tvaru "T" nebo "S 49" připustit na nich provoz jen do srovnaného ojetí kolejníc 10 mm. Používat u hlavních kolejí šterkové kolajové lože výšky 30 cm (dle ON 73 6361), které plně vyhovuje provozu pokud údržba trati zaručí únosnost železničního spodku (podloží) 0,1 MPa (ca 1 kp/cm²). Na vedlejších kolejích bez automatického zabezpečovacího zařízení vyhoví i škvárové lože.
2. u pohyblivých kolejí přednostně používat ocelových pražců, a to u koleje z kolejníc tvaru "T" nebo "S 49" s kladem 36 ks pražců ve 25 m poli. Zvýšení sil, přenášených z kolejnice na pražce při provozu el. lokomotiv hmotnosti 180 t, je plně kompensováno větší šířkou ocelových pražců proti šířce pražců dřevěných. Na koleji I. a II. řádu na dřevěných pražcích připustit provoz jen do srovnaného ojetí kolejníc 10 mm.

Na provozně důležitých hlavních pohyblivých kolejích I. a II. řádu používat kolaje z kolejníc tvaru "R 65" s kladem 27 ks ocelových pražců ve 20 m poli (klad "b"). Výška škvárového lože 40 cm dle ON 73 6363 je vyhovující.

Přednostně pro stavbu nových pohyblivých kolejí používat pražce typu HDBS, neboť po pevnostní stránce provozu vyhovují a jsou levnější než pražce typu DVIL. Podkladnice na ocelové pražce přivářet tak, aby kolej měla jmenovitý rozehod s tolerancí $\begin{matrix} + 5,0 \\ - 0,0 \end{matrix}$ mm a po přestavbách

pražce vyrovnávat do kolmého směru na osu koleje. Již při výstavbě trati a při překládání kolejí dbát na únosnost kolejového spodku a řádným odvodněním ji udržovat.

Pokládat výhybky na ocelové desky šířky 1,5 m všude tam, kde výhybka bude položena na delší dobu, desky budou uloženy na loži celou plochou a bude zaručeno odvodnění výhybkového lože.

Recenzoval Ing. Bohuslav Korb

S h r n u t í

Elektrické odklizové lokomotivy hmotnosti 180 t na povrchových dolech a jejich vliv na kolejový svršek

V článku se popisují metody měření, výsledky měření a vyhodnocení namáhání konstrukce kolejového svršku za provozu el. odklizových lokomotiv o hmotnosti 180 t. Závěrem se doporučují provozní opatření u stálých i pohyblivých kolejí, která mají zaručit bezpečný provoz i využití těchto těžších a výkonnějších lokomotiv nasazených v důlním provozu.

Р е з ю м е

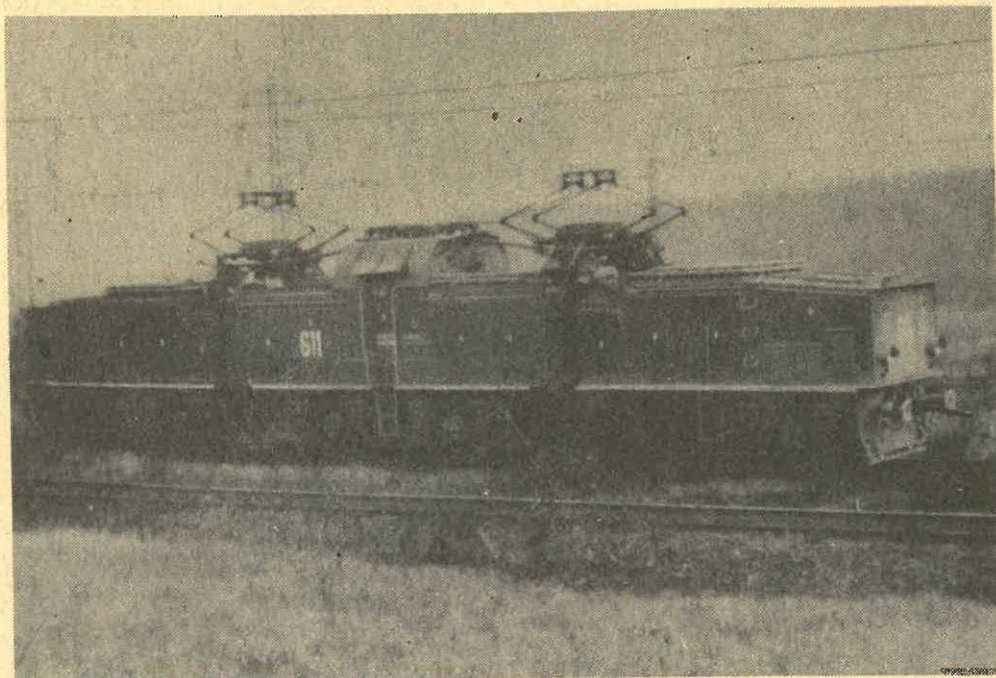
Карьерные электровозы сцепным весом 180 тонн для вывоза в отвал вскрышных пород и их воздействие на верхнее строение железнодорожного пути

В статье описаны методы измерения и их результаты вместе с обсуждением условий нагрузки верхнего строения железнодорожного пути при эксплуатации вскрышных электровозов сцепным весом 180 тонн. В заключение даются некоторые рекомендации насчет мер по обеспечению безопасной эксплуатации стационарных и передвижных карьерных путей в условиях применения, в нормальном производстве, электровозов повышенного веса и производительности.

Z u s a m m e n f a s s u n g

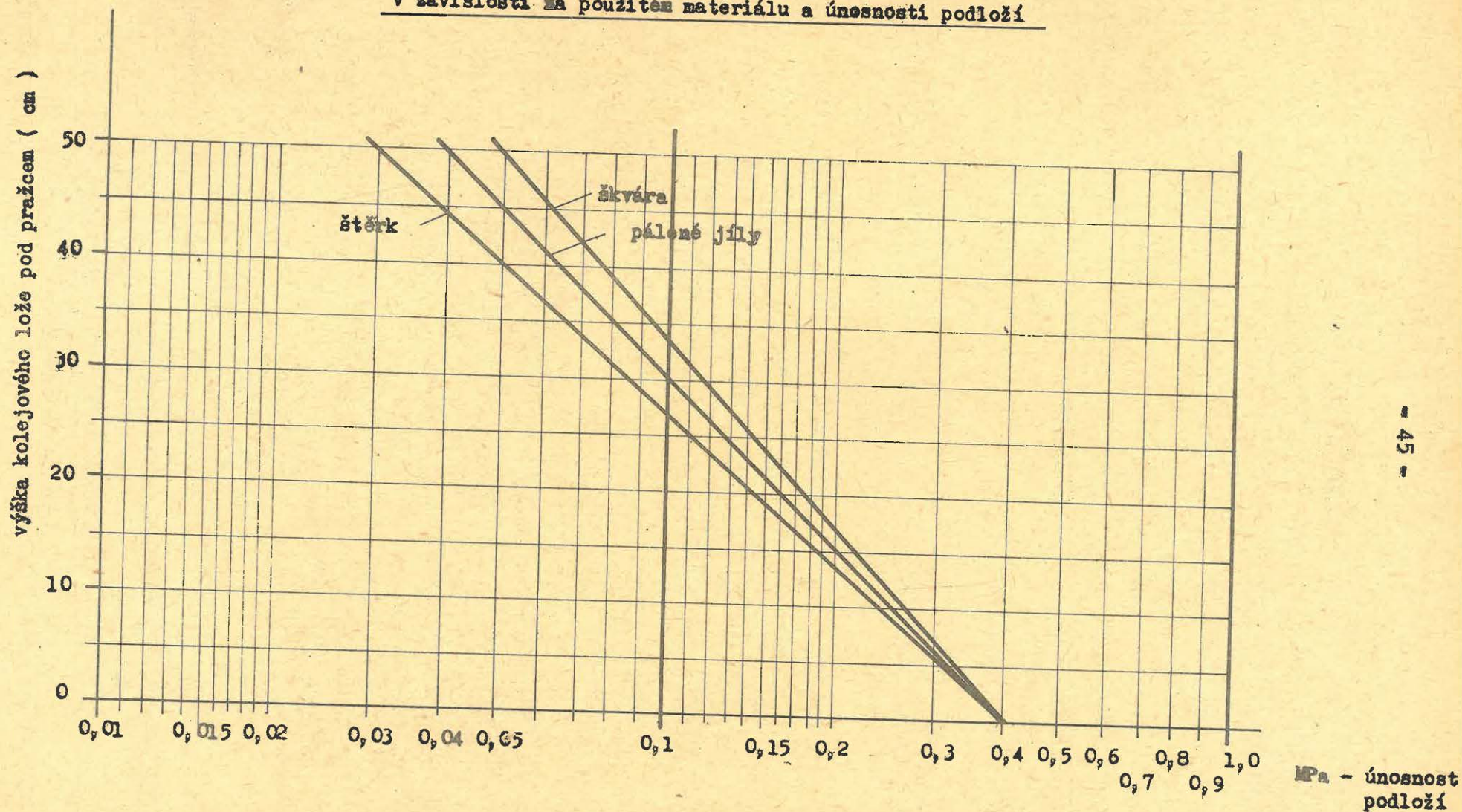
Elektrische Abraumlokomotiven mit einer Masse von 180 t in den Tagebauen und ihr Einfluss auf den Gleisoberbau

In dem Artikel werden die Messmethoden, die Ergebnisse der Messungen und die Einschätzung der Beanspruchung des Gleisoberbaues während des Betriebes der Abraumlokomotiven mit einer Masse von 180 t beschrieben. Am Ende des Artikels werden Massnahmen für ortsfeste sowie rückbare Gleise empfohlen, die einen sicheren Betrieb und die Ausnützung dieser schwereren und leistungsfähigeren im Bergbaubetrieb eingesetzten Lokomotiven gewährleisten sollen.



Obr. č. 1 - El. lokomotiva 26 Em - 180 t

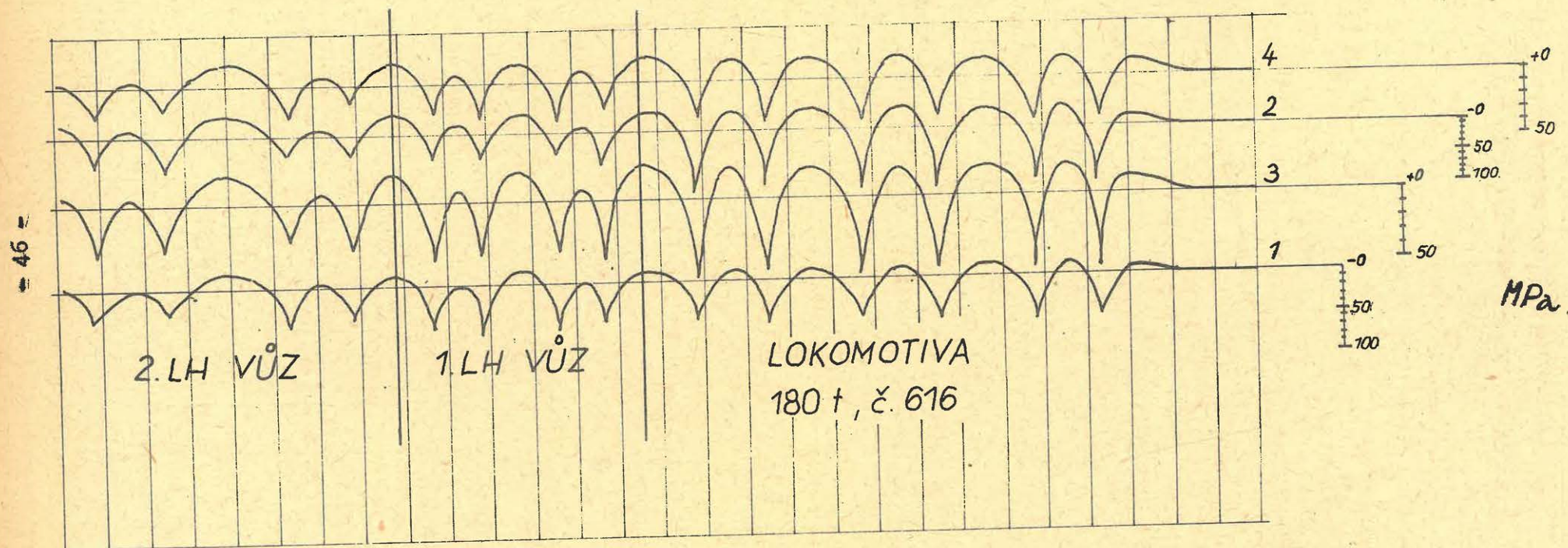
Optimální výšky kolejového lože u kolejí I. a II. řádu
v závislosti na použitém materiálu a únosnosti podloží



Obr. 3. 2 - Rozklad tlaků v kolejovém loži

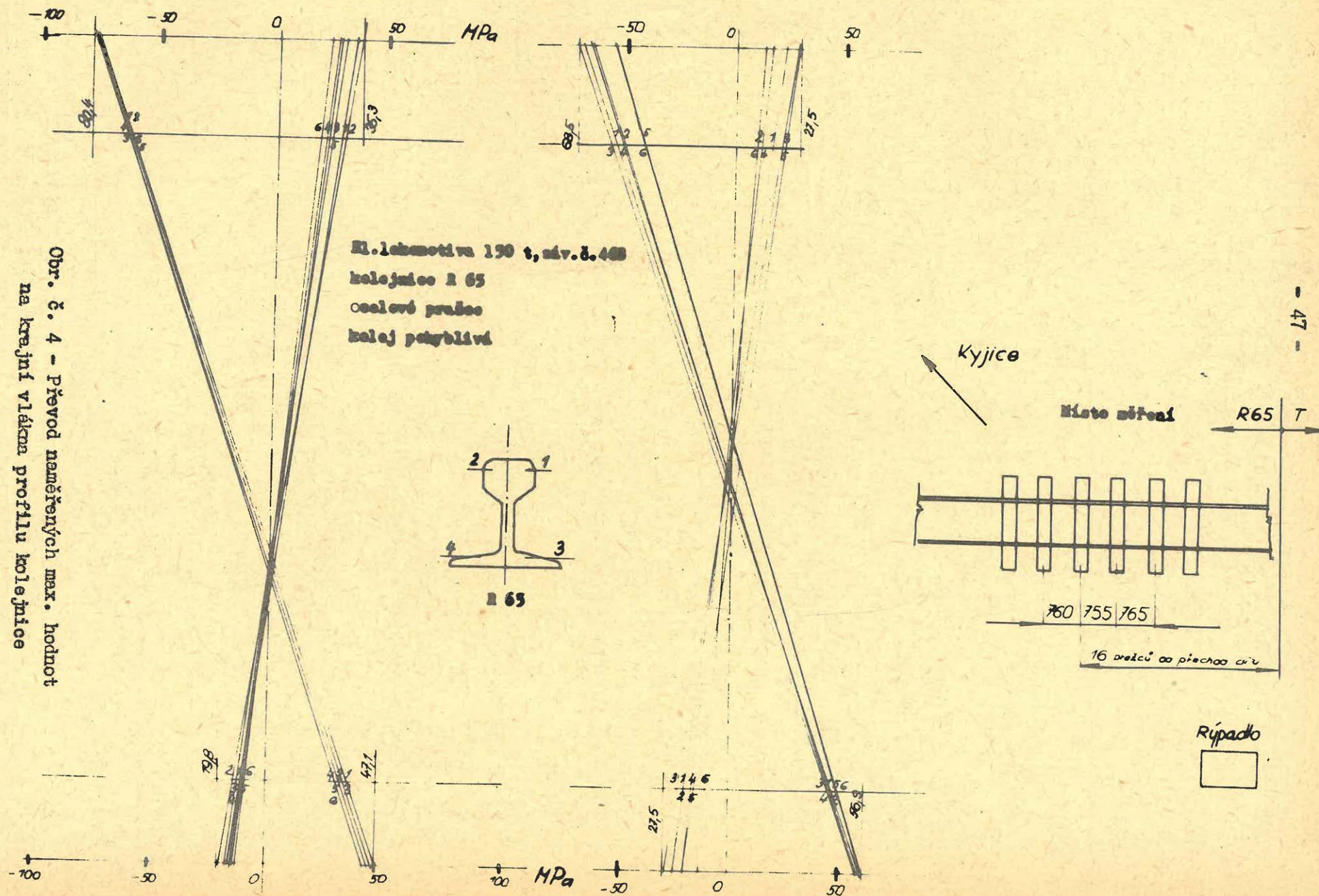
Průběh napětí v kolejnici při rychlosti vlakové soupravy 5,4 m/s - příklad

Měřeno dne 16.10.1974 - pohyblivá kolej, kolejnice R 65 - lože škvárové, pražce ocelové
3. jízda



Obr. č. 3 - Oscillografický záznam o průběhu napětí v kolejnici - příklad

Obr. č. 4 - Převod naměřených max. hodnot
na krajní vlákna profilu kolejnice

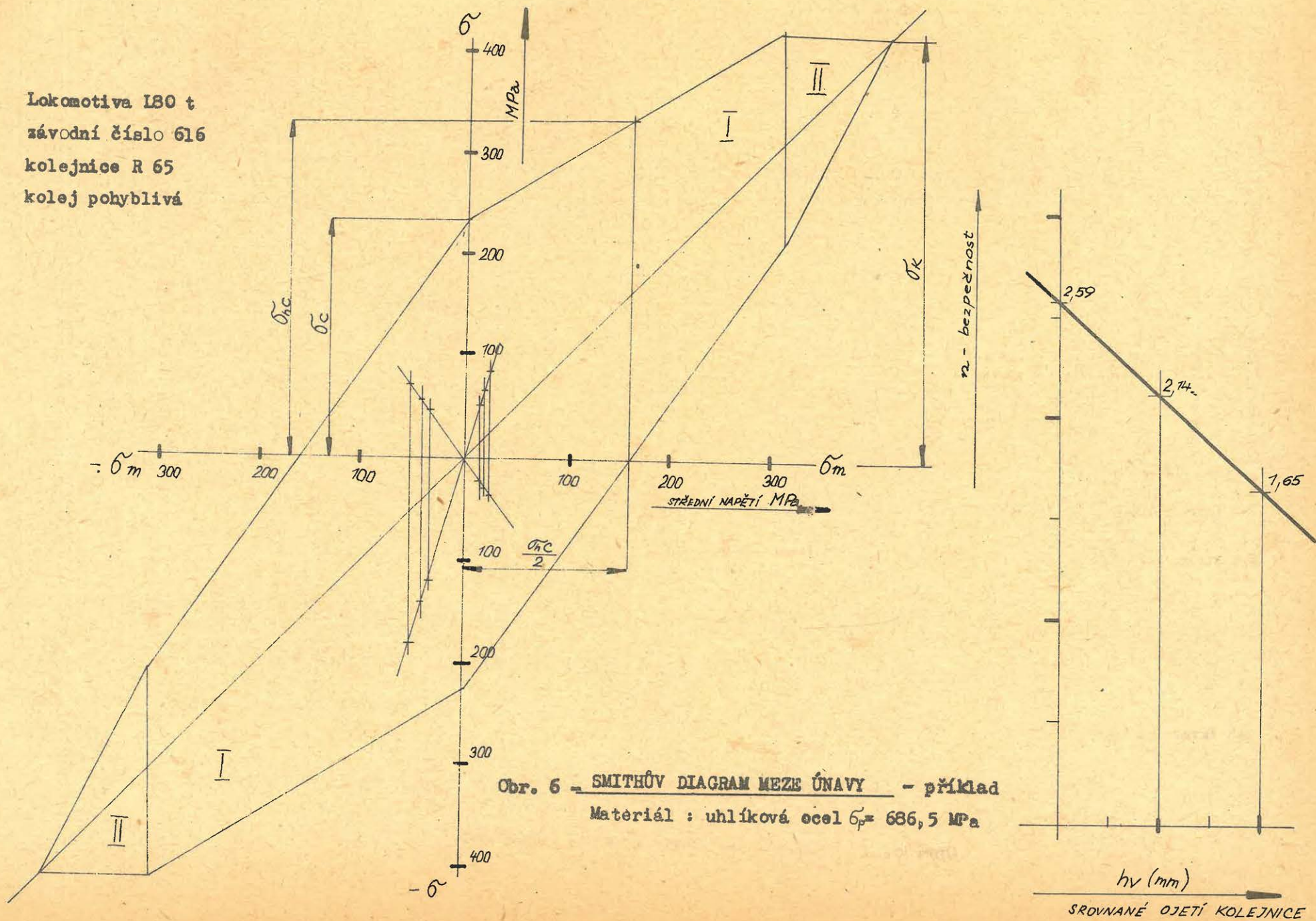


Rozmezí namáhání krajních vláken kolejnic MPa

V sídle	Kolej	Lože	Pražce	Srovnané ojetí kolejnice (mm)									
				Klad	Namáhání	Měřené		0 mm		10 mm		20 mm	
						od	do	od	do	od	do	od	do
el. lokomotiva hmotnost 180 t	stálá	štěrk	dřevěné	42/25=d	pata	96,0	-118,8	94,8	-117,0	113,0	-139,8	138,9	-172,2
					hlava	-168,8	127,5	-165,2	126,0	-199,0	150,0	-243,5	184,0
				33/20=d	pata	44,1	-50,0	44,0	-49,8	52,2	-59,0	66,2	-75,0
					hlava	-70,6	68,7	-70,2	68,2	-83,4	81,0	-106,0	110,0
	pohyblivá	škvára	ocelové dřev.	36/25	pata	135,5	-47,1	134,0	-46,6	159,0	-55,1	194,0	-67,2
				=(b-c)	hlava	-141,2	45,1	-139,8	44,6	-164,9	52,7	-200,0	64,3
				36/25	pata	87,3	-59,8	86,4	-59,3	110,0	-70,1	134,4	-85,8
				=(b-c)	hlava	-89,2	57,9	-88,2	57,4	-105,0	67,7	-132,4	82,4
				27/20=b	pata	69,6	-29,4	69,6	-29,4	82,9	-35,0	105,2	-44,5
					hlava	-117,8	46,1	-117,8	46,1	-139,9	54,9	-177,5	69,6
el. lokomotiva hmotnost 150 t,	stálá	štěrk	dřevěné	42/25=d	pata	108,0	-98,1	106,3	-96,6	127,0	-115,2	155,5	-141,2
					hlava	-117,8	82,4	-116,0	81,2	-138,8	96,9	-169,9	118,8
					pata	37,2	-46,1	37,1	-45,9	44,0	-54,5	55,9	-69,1
				33/20=d	hlava	-62,8	35,3	-62,4	35,1	-74,0	41,7	-94,2	53,0
	pohyblivá	škvára	ocelové dřev.	36/25=(b-c)	pata	93,2	-46,1	92,2	-45,6	112,8	-53,9	140,2	-65,7
					hlava	-93,2	51,0	-92,2	50,5	-112,8	59,6	-140,2	72,6
				36/25=(b-c)	pata	52,0	-49,0	51,5	-48,5	60,8	-57,4	73,0	-70,1
					hlava	-64,7	51,0	-64,0	50,5	-76,0	59,8	-92,6	72,6
					pata	56,9	-27,5	56,9	-27,5	67,6	-32,7	85,9	-41,5
				27/20=b	hlava	-80,4	35,3	-80,4	35,3	-95,7	42,0	-121,8	53,3
M. viz - ložný	stálá	štěrk	dřevěné	42/25=d	pata	56,9	-91,2	55,7	-89,8	67,0	-107,2	82,0	-131,8
					hlava	-78,5	121,8	-77,0	119,2	-92,4	143,0	-113,0	175,5
					pata	29,4	-49,0	29,2	-48,6	34,7	-57,8	44,1	-73,5
				33/20=d	hlava	-63,8	31,4	-63,3	31,2	-75,1	37,0	-95,6	47,1
	pohyblivá	škvára	ocelové dřev.	36/25=(b-c)	pata	59,8	-57,9	59,3	-57,2	70,1	-67,6	85,3	-82,6
					hlava	-80,4	46,1	-79,5	45,6	-94,1	53,9	-114,8	65,7
				36/25=(b-c)	pata	41,2	-42,2	40,7	-41,7	48,5	-49,3	56,9	-59,4
					hlava	-42,2	47,1	-41,7	46,5	-49,3	55,1	-59,4	66,8
				27/20=b	pata	54,9	-25,5	54,9	-25,5	65,4	-30,3	83,0	-38,4
					hlava	-66,6	45,1	-66,6	45,1	-79,4	53,6	-100,7	68,2

Obr. č. 5 - Rozmezí namáhání krajních vláken kolejnic - příklad

Lokomotiva 180 t
závodní číslo 616
kolejnice R 65
kolej pohyblivá



Obr. 6 - SMITHŮV DIAGRAM MEZE ÚNAVY - příklad

Materiál : uhlíková ocel $\sigma_p = 686,5$ MPa

Přehled maximálních hodnot výsledků měření a výpočtů pro řešení využití kolejového materiálu při nasazení do provozu elektrických lokomotiv hmotnosti 180 t

K l o j	Tvar kolejnice	Kolejové lože	Pražce	Klad pražců kg/m	Přenos max. sil z kolejnice na pražce						Únavová bezpečnost materiálu kolejnic při průjezdu												Max. spec. tlak praž. na kolej. lože s lokom. 180t	Výševí výška lože (cm)	dl. OS	
					lok. 180 t		lok. 150 t		lož. LH 40 m ³		lok. 180 t				lok. 150 t				lož. LH 40 m ³							
					kolen	náprav.	kolen	náprav.	kolen	náprav.	pro srovnání ojetí kolejnice (mm)															MPa
					kN		kN		kN		0	10	20	0	10	20	0	10	20	pod kolejn.	pod nápr.					
Stálá	T	štěrka dřevěná	42/25	=d	108,5	195,0	89,8	166,0	75,5	150,0	1,54	1,29	1,05	2,22	1,86	1,52	2,27	1,91	1,55	0,33	40	7363				
	R65	štěrka dřevěná	33/20	=d	69,1	128,5	53,5	105,4	66,2	104,0	3,25	2,75	2,16	4,61	3,88	3,05	4,74	3,98	3,14	0,21	30					
Pohyblivá	T	škvára dřevěná	36/25		137,3	175,5	108,0	142,2	127,5	159,0	2,24	1,87	1,51	3,08	2,59	2,08	3,47	2,93	2,39	0,52	40	7363				
	T	škvára ocelové	36/25		110,0	163,0	82,4	124,5	98,1	131,4	3,01	2,53	2,01	3,9	3,27	2,68	5,08	4,29	3,55	0,108	40					
	R65	škvára ocelové	27/20	=d	67,7	113,8	45,1	84,6	45,1	84,4	2,59	2,14	1,65	3,74	3,12	2,43	3,97	3,32	2,56	0,190	40					

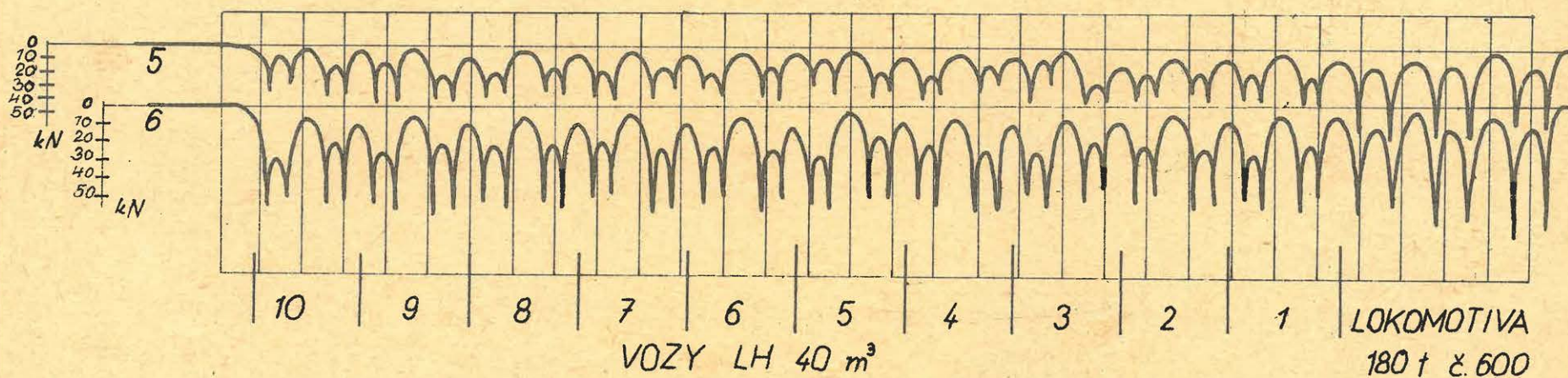
x) za předpokladu, že se lože

x) za předpokladu, že se lože postupně shutají

Obr. č. 7 - Minimální hodnoty únavové bezpečnosti

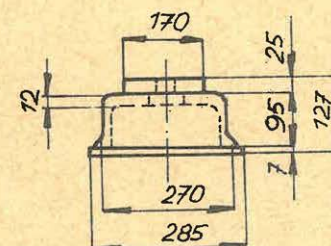
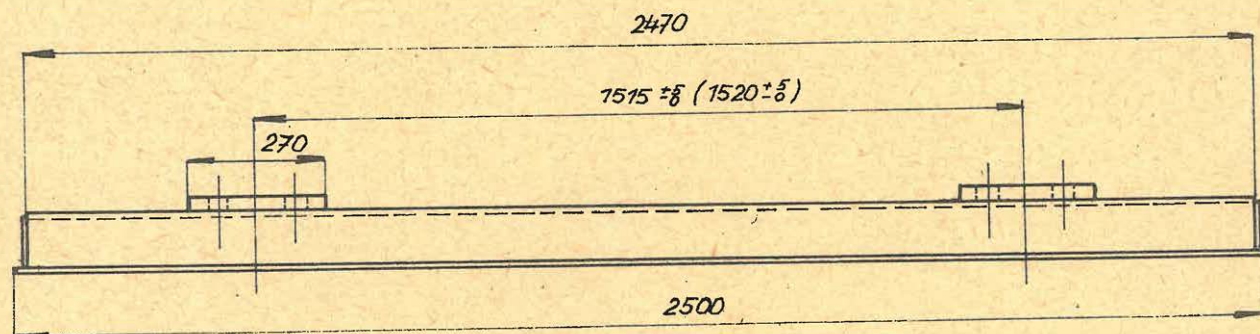
Průběh podporové reakce pražce na loži při rychlosti soupravy 3,9 m/s

Měřeno dne 2.11.1972 - pevná kolej, kolejnice R 65 - pražce dřevěné

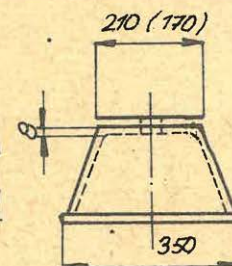
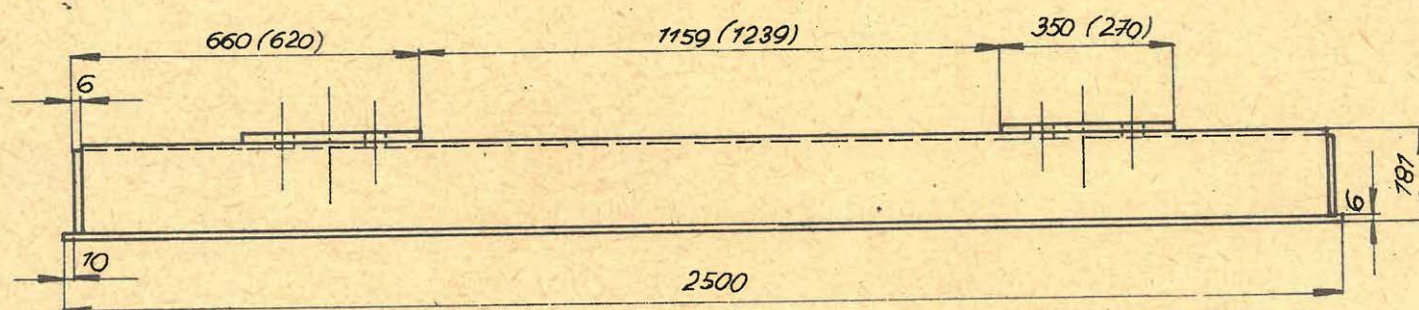


Obr. č. 8 - Oscillografický záznam přenosu sil - příklad

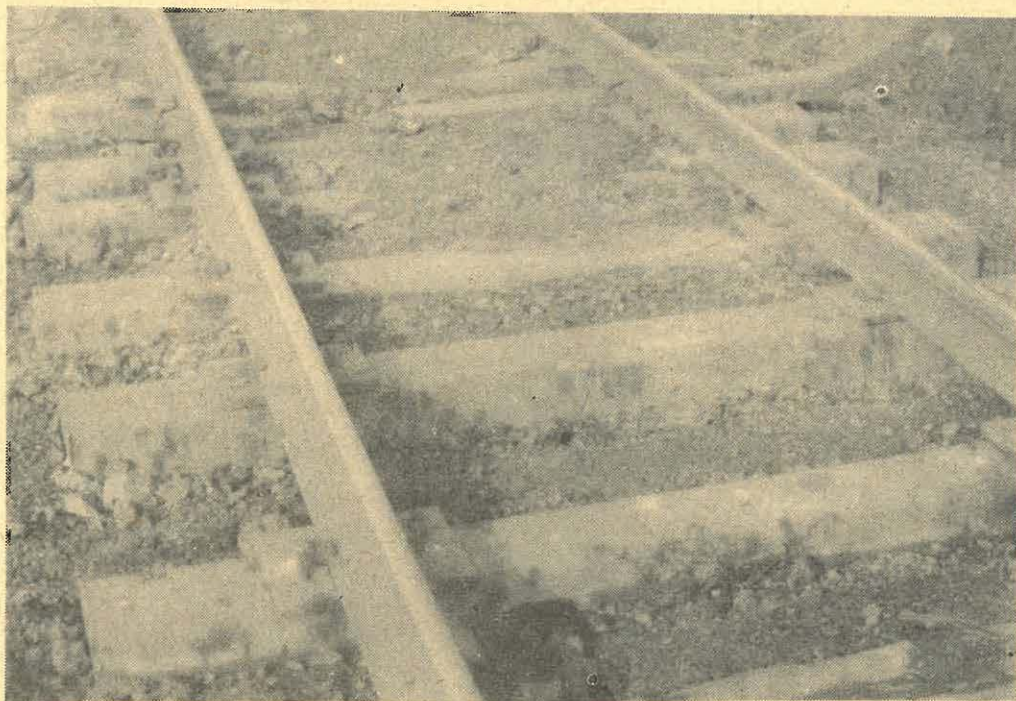
Ocelový dutý pražec - HDBS



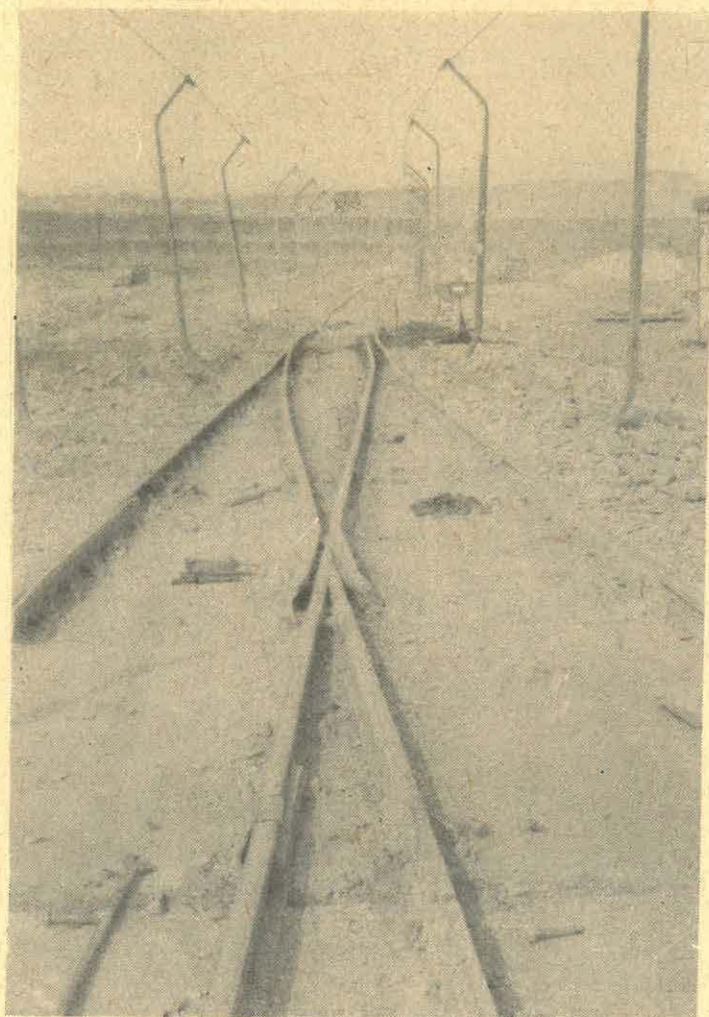
Ocelový dutý pražec - DVIL



Obr. č. 9 - Profil ocelových pražců typu DVIL a HDBS



Obr. č. 10 - Pohyblivá kolej na ocelových pražcích DVIL



Obr. č. 11 - Výhybka na ocelových deskách