

# Prípadová štúdia Brúsenie výhybiiek - úspory počas životného cyklu



» Výsledky rozsiahlej štúdie  
na tratiach ÖBB

» Preventívne brúsenie výhybiiek a  
koľajových križovatiek pomáha  
znížiť náklady na údržbu a výluky

» Možná miera úspor sa dostáva na  
úroveň 40 % a životnosť výhybiiek  
dosahuje až 30 rokov

Railway Gazette International | August 2016

Dr. Michael Mach, Vedúci odboru správy tratí, ÖBB Infra AG

Dr. Rudolf Schilder, ARTS GmbH

**HYDROBETON**  
s.r.o.



## Brúsenie výhybiek prináša úspory počas ich životného cyklu

Rakúska štúdia poukazuje na skutočnosť, že pravidelné brúsenie výhybiek a koľajových križovatiek by malo byť neoddeliteľnou súčasťou režimu údržby výhybiek, a to ako kvôli zlepšeniu kvality, tak aj kvôli minimalizácii nákladov počas ich celého životného cyklu

**Výhybky a križovatky sú finančne nákladné konštrukcie ako na investície, tak aj na údržbu. Investičné náklady na bežný meter výhybiek sú približne štvornásobne vyššie ako pri bežnej trati, kým náklady na údržbu sú až 11 krát vyššie<sup>1</sup>. To znamená, že je nevyhnutné udržiavať náklady na údržbu pod kontrolou. Najlepší spôsob ako to pre výhybky dosiahnuť, je vytvorenie balíka údržby na mieru s cieľom dosiahnuť najnižšie možné náklady na životný cyklus.**

Aby sme v praxi lepšie pochopili náklady na údržbu, sme v spolupráci s rakúskymi železnicami ÖBB uskutočnili rozsiahlu štúdiu, kde sme sa zamerali na zvyklosti pri údržbe výhybiek a koľajových križovatiek na hlavnom západnom ťahu medzi Viedňou a Innsbruckom. Sledovali sme vysokovýkonnú trať so zmiešanou prevádzkou, po ktorej sa ročne prepraví 35 miliónov hruboton; nápravový tlak je limitovaný na 22,5 tony a osobné vlaky môžu premávať rýchlosťami až do 250 km/h.

Brúsenie koľajníc je jednou zo základných aktivít potrebných na zabezpečenie požadovaného stavu výhybiek. Brúsenie je všeobecne používané za účelom predĺžovania životnosti koľajníc na širšej trati a hoci sú výhybky považované za oveľa komplexnejšie koľajové konštrukcie než

sú traťové úseky, kvalita použitej ocele je rovnaká. Spôsoby poškodzovania povrchov výhybiek sa nelíšia od ostatných úsekov tratí. Teoreticky by teda spôsob údržby mal byť rovnaký, avšak konštrukcia samotnej výhybky nám predurčuje určité prispôbenie procesov údržby.

### Skúsenosti

ÖBB má viac ako 20 ročné skúsenosti s brúsením výhybiek. Pôvodne sa vykonávali iba opravné brúsenia, avšak dobré skúsenosti s preventívnym prebrúšaním viedli asi pred 10 rokmi k zmenám pravidiel, ktoré priniesli do praxe režim periodických brúsení.

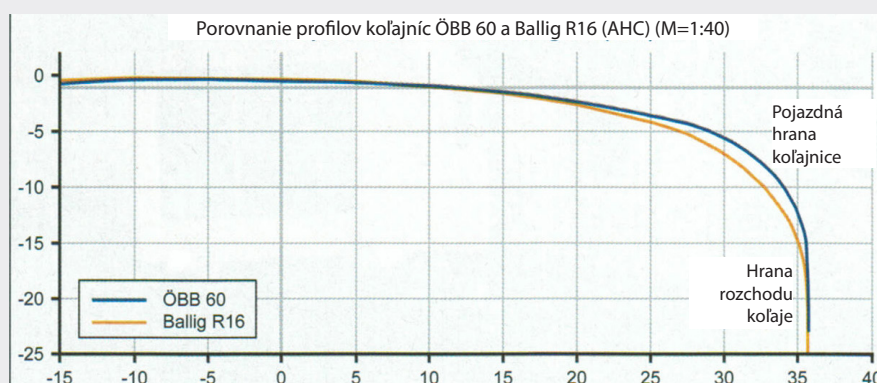
Všetky brúsiace práce sa vykonávajú podľa predpisu ÖBB "Starostlivosť o povrch koľajníc" (RW 07.06.02)<sup>2</sup>. Predpis ÖBB je dokonca detailnejší ako európska špecifikácia uvádzaná v EN 13231-3:2012-04 ("Železnice. Železničný zvršok. Preberanie prác. Časť

3: Preberanie reprofiliácie koľajníc na trati"), nakoľko obsahuje aj dodatočné informácie, ktoré sú špecifické pre rakúske podmienky<sup>3</sup>. Taktiež poskytujú informácie o výskytoch a charakteristikách poškodení povrchu koľajníc.

*"Výhybky a koľajové križovatky sú drahé ako v kapitálových nákladoch, tak aj v údržbe"*

V predpise ÖBB sa tiež uvádzajú informácie o brúsení, ako je prvotné brúsenie nových koľajníc, pravidelné preventívne a korekčné brúsenie.

Špecifické state predpisu ÖBB opisujú cieľový profil koľajnice (špeciálny profil ÖBB 60, obr. 1). Dokument ďalej definuje práce, ktoré sa musia vykonať pred vykonaním brúsenia, napríklad potreba skontrolovať upevnenia koľajníc, merať mieru opotrebenia koľajníc, lokalizovať a chrániť káble



Obr. 1. ÖBB prijalo špeciálne cieľové profily pre svoje koľajnice typu 60.



a pod. Poskytnuté sú tiež informácie o zaznamenávaní údajov a plánovaní prác, ako je napríklad intervenčná hodnota opotrebovania a organizácia programu brúsenia.

Kedže Rakúsko je členskou krajinou EÚ, kritéria ÖBB sú plne v súlade s platnou normou EN 13231-3:2012-04 (*“Železnice. Železničný zvršok. Preberanie prác. Časť 3: Preberanie reprofiliácie koľajníc na trati.”*)

Z hľadiska tolerancie a odchýlok profilu koľajníc ÖBB požaduje maximálnu odchýlku profilu o +0,0/-1,0 mm pri tratiach s rýchlosťami pod 140 km/h (zodpovedajúce triede R podľa EN) a +0,0/-0,6 mm pre trate s rýchlosťami nad 160 km/h (EN trieda Q). Medzi týmito limitmi je špecifikovaná maximálna odchýlka +0,0/-0,8 mm.

V prípade pozdĺžneho profilu nie je rozdiel medzi týmito dvomi dokumentmi, a to isté platí pre stav povrchu koľajníc. Jediným rozdielom je nižšia hodnota nerovnosti povrchu “Ra”. ÖBB definuje 8 mikrónov oproti 10 mikrónom podľa EN.

## Modelovanie nákladov životného cyklu

Prvky infraštruktúry musia mať vo všeobecnosti dlhú životnosť. Pre koľaj a výhybky je to zvyčajne 20 až 30 rokov alebo viac, v závislosti od prevádzkového zaťaženia a údržby. Na vytvorenie komplexného obrazu nákladov je potrebné vziať do úvahy všetky údržbové činnosti počas celej životnosti konštrukcie.

Aby bolo možné porovnať rôzne prístupy údržby, je potrebné tieto činnosti kvantifikovať súčtom súvisiacich investícií, údržby a prevádzkových nákladov počas celého životného cyklu výhybky. Štúdia bola preto vypracovaná na základe matice ukazujúcej rôzne pracovné cykly a celého radu scenárov pre každý režim údržby.

Medzi činnosťami údržby patria:

- podbíjanie, úprava smerového a výškového vedenia koľaje
- rotačné brúsenie,
- výmena jazykov a oporníc,
- výmena krížení,
- výmena pridržníc,
- zváranie, naváranie hlavy koľajníc a opravy,
- odstraňovanie prevalkov,
- výmena podložiek pod päť koľajníc,
- obnova koľajového kameniva,
- výmena krídlových koľajníc,
- iná ostatná údržba.

V každom z prípadov sa štúdia pridržiavala nákladov tak ako boli definované v rozpočte ÖBB. Podobne aj čas potrebný pre každú činnosť bol stanovený s úmyslom vypočítať náklady na výluky a obmedzenia prevádzky.

## Scenáre údržby

Zvolené scenáre údržby boli zoskupené do skupín podľa cyklov brúsenia a očakávanej životnosti:

**Scenár 0** odráža situáciu bez brúsenia a 20 ročný životný cyklus,

**Scenáre 1 až 3** odrážajú dvoj-, alebo trojročné intervaly brúsenia a životný cyklus medzi 25 a 30 rokmi,

**Scenár 4** v zásade odráža súčasné praktiky ÖBB so životným cyklom 30 rokov.

Tiež boli skúmané dodatočné varianty scenárov 0, 3 a 4.

Parametre pre každý scenár boli podrobne popísané s cieľom preskúmať ako rôzne činnosti údržby ovplyvnili celkové výsledky. Pre všetky scenáre bol výpočet vykonaný štyrmi spôsobmi s cieľom vytvoriť komplexné posúdenie nákladov: metóda peňažných tokov (Cash Flow), metóda čistej súčasnej hodnoty (ČSH) s použitím 4 % úrokových sadzieb, výpočty s a bez nákladov na prevádzkové obmedzenia a výluky.

Boli preskúmané všetky štandardné typy jednoduchých výhybiek: EW190, EW300, EW500, EW760 a EW1200.

V každom uvedenom prípade číslice za EW reprezentujú polomer oblúka odbočnej vetvy výhybky (m).

Ďalej boli preštudované dva špeciálne prípady oblúkových výhybiek: jedna s polomerami medzi 600 až 3000 m (typ lv BW) a druhá s polomerami od 200 do 600 m (typ sv BW). V týchto

prípadoch však boli výpočty vykonané iba pre najnázornejšie scenáre 0 a 4.

Oblúkové výhybky sú z titulu nerovnosti koľajníc charakterizované oveľa vyššími dynamickými silami, čo môže spôsobiť rýchlejšie zhoršenie celkového stavu a strmší vývoj deformácií pojazdovanej plochy koľajníc. Z toho vyplýva, že životnosť komponentov a celej výhybky je kratšia a požiadavky na údržbu sú v porovnaní s výhybkami v priamej trati náročnejšie.

## Výsledky

Všetky výsledky výpočtov Cash Flow a ČSH boli usporiadané do tabuliek a do grafov. Použité boli absolútne hodnoty ročných nákladov v eurách. Pre uľahčenie tohto porovnania boli vypočítané aj percentuálne hodnoty.

Scenár 0 slúži ako referencia (východisková hodnota) s celkovými nákladmi vyhodnotenými ako 100 %. V tomto prípade sa výsledky rozdelili spôsobom aby zobrazovali náklady na investície, údržbu a prípadné výluky.

Pre každý typ výhybky bol vypočítaný vplyv každej činnosti údržby na celkový výsledok. To odhalilo do akej miery by ďalšia preventívna akcia zmenila náklady životného cyklu (tabuľka I.).

## Interpretácia výsledkov

Pri pohľade na náklady na životný cyklus, porovnanie odhaľuje konštantné poradie pri všetkých typoch výhybiek, či sú alebo nie sú zahrnuté výpočty peňažného toku podľa Cash Flow či ČSH, alebo či sú alebo nie sú zahrnuté náklady na výluky. Za povšimnutie stojí skutočnosť, že podiel celkových nákladov sa mení len o niekoľko percentuálnych bodov.

Zavedenie cyklického brúsenia tak ako je definované v Scenári 1, s brúsením každý druhý rok a s odhadovaným predĺžením životnosti o 5 rokov, bolo dosiahnuté zníženie celkových nákladov o 12,0 % až 14,8 % (metóda Cash Flow, bez výluk) a 19,3 % až 20,2 % (ČSH vrátane nákladov na výluky).

Brúsenie každý tretí rok podľa Scenára 2, by zredukovalo celkové

náklady o 14,0 % až 16,3 % (Cash Flow bez nákladov na výluky) a o 20,6 % až 21,2 % (ČSH vrátane nákladov na výluky); pričom v tomto scenári nie je započítaná žiadna ďalšia redukcia údržbových prác, predĺženie životnosti komponentov a funkčnosti výhybiek.

Scenár 3 predstavuje situáciu s dvojročným cyklom brúsenia a zahŕňa aj iné údržbové aktivity, ktorých výsledkom je očakávaná hranica životnosti na úrovni 30 rokov.

ÖBB za súčasného režimu údržby dosahuje typickú životnosť výhybiek až 30 rokov. Optimalizovaný variant zobrazený ako Scenár 4b, ponúka ďalšie zvýhodnenie nákladov. Pri použití metódy Cash Flow bez nákladov na výluky sa celkové náklady znížili od 32,5 % až do 32,6 % pri použití metódy ČSH. To sa rovná úspore 36,9 % až 37,3 % bez nákladov na výluky.

**TABUĽKA I.**  
**VPLYV ÚDRŽBY NA ŽIVOTNÝ CYKLUS VÝHYBIEK**

<b>Prehľad nákladov pri výmene častí výhybiek (jedného jazyka a jednej opornice)</b>				
Scenár	1	2	3	4
Doba životnosti roky	30	30	30	30
Cash Flow eur	26121	26863	27515	28166
ČSH eur	18571	19127	19465	19764
Pohyb Cash Flow eur	-651	0	651	1303
Pohyb Cash Flow %	97.58	100	102.42	104.85
Pohyb ČSH eur	-376	0	341	637
Pohyb ČSH Flow %	98.04	100	101.78	103.33
<b>Prehľad nákladov na výmene križovatiek</b>				
Scenár	1	2	3	4
Doba životnosti roky	30	30	30	30
Cash Flow eur	24940	25901	26863	27825
ČSH eur	18070	18624	19127	19565
Pohyb Cash Flow eur	-1923	-962	0	962
Pohyb Cash Flow %	92.84	96.42	100	103.58
Pohyb ČSH eur	-1057	-503	0	438
Pohyb ČSH Flow %	94.47	97.37	100	102.29

Rozptyl hodnôt nákladov zodpovedajúci rôznym typom výhybiek je celkom malý. Naše zistenia ukázali, že pomocou optimalizovaných stratégií údržby, typ výhybky nemá zásadný dopad na celkové dosiahnuteľné úspory.

Porovnanie Scenárov 1 a 2 ukazuje, že skrátenie intervalu brúsenia z troch rokov



na dva roky znamená síce 50 % nárast objemu brúsenia, spôsobí však iba 1,3 % nárast nákladov, čo zodpovedá poklesu dosiahnuteľných úspor o 5 %. Toto pomáha manažmentu pri rozhodovaní o tom, či brúsiť alebo nie. Potenciál zlepšenej kvality povrchu hláv koľajníc umožňuje vynechať, alebo oddialiť iné práce údržby. Za pozornosť stojí aj to, že zavedenie dodatočného brúsneho cyklu do 30 ročnej periódy zvýši celkové náklady iba o 0,3 % až 0,7 %, v závislosti od typu výhybiek a načasovania prác.

Samotné zníženie intervalu podbíjania zvyšuje celkové náklady o 0,7 % až 1,6 %, opäť v závislosti od načasovania, kým skrátenie intervalu podbíjania z troch rokov na dva roky spôsobí nárast nákladov o 2,1 %.

Variovanie doby životnosti má dôležitý vplyv na celkové náklady. Ak sa

predpokladaná 30-ročná priemerná životnosť výhybky EW500 skrúti čo len o jeden rok, celkové náklady stúpnu o 3,1 %. Pokles životnosti o ďalší rok by priniesol nárast nákladov až o 6,4 %.

Výhybka po ktorej sa prepraví 35 miliónov HRT ročne nemôže bez brúsenia dosiahnuť cieľ zvýšenia úspor o 35 %. V absolútnych číslach skrátenie životnosti o jeden rok bude stáť medzi 17 226 eur a 20 735 eur, v závislosti od typu výhybky a od spôsobu zahrnutia strát z výluk a prevádzkových obmedzení.

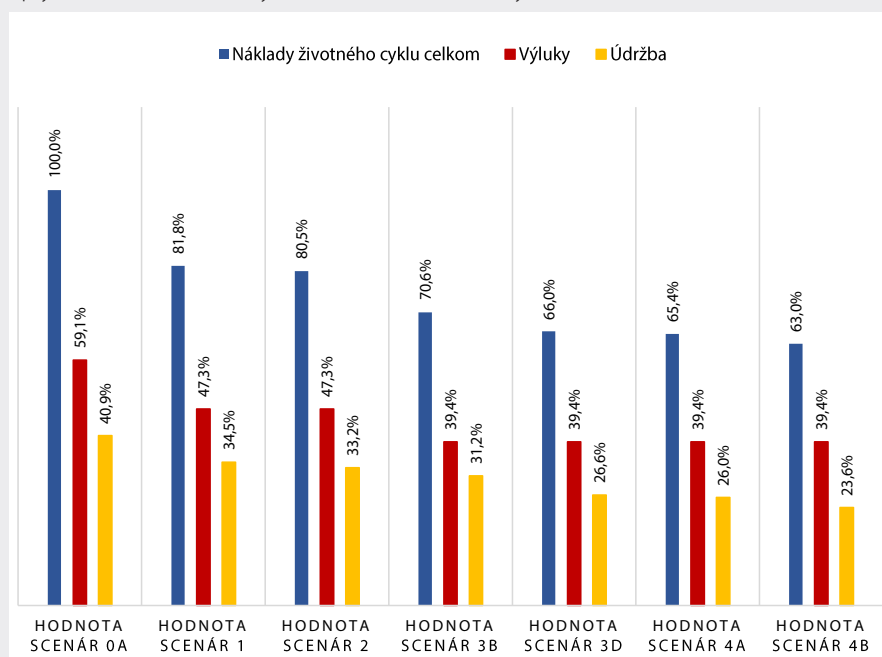
Takéto straty dokážu rýchlo narastať do významných hodnôt. Relatívne malá sieť ako je ÖBB má okolo 2000 výhybiek pracujúcich za podmienok opísaných v tejto štúdii. Ak sa hoci len o jeden rok skrúti životnosť 10 % výhybiek z ich celkového počtu, bude to znamenať straty na úrovni 3,45 milióna eur.

Podobnú stratu, 3,44 milióna eur, by spôsobilo skrátenie životnosti 5 % výhybiek z 30 na 28 rokov.

V porovnaní s najhorším variantom, bez brúsenia, dosiahnuteľná celková úspora siaha až do výšky 37 %. Tu však rozhoduje aj skutočnosť, ktorá metóda kalkulácie nákladov (Cash Flow vs. ČSH) sa použije a ako sú zahrnuté náklady na výluky. Možné zníženie nákladov na výhybku počas jej plánovanej životnosti 30 rokov sa môže pohybovať v rozmedzí 200 000 až 300 000 eur.

Vplyv pravidelného brúsenia sa ešte vo výraznejšej miere prejavuje na výhybkách v oblúkoch, kde sa možná miera úspor dostáva na hranicu až 40 %. Tu sa životnosť 27 rokov bez strojného brúsenia prakticky dosiahnuť nedá. Všetky ďalšie výhody spojené s optimalizáciou režimu údržby môžu priniesť celkové úspory v rozsahu 255 000 až 425 000 eur na výhybky v oblúkoch s polomerom nad 600 m. V oblúkoch malého polomeru, s polomerom menším ako 600 m, sú úspory ešte markantnejšie. S predpokladanou životnosťou výhybiek v oblúkoch 23 rokov sa úspora odhaduje v rozsahu 240 000 až 509 000 eur.

Vypočítané úspory sú na konzervatívnej strane, v praxi sa totiž brúsenie často vykonáva iba na širšej trati a nie na výhybkách, kde brúsenie v každom druhom cykle údržby neznižuje celkovú kvalitu výhybky. V štúdii náklady zahŕňajú brúsenie na opotrebovanej





**“Optimalizácia režimu údržby pre 100 výhybiek prinesie v čase ich prevádzkovej životnosti úsporu najmenej 20 miliónov eur.”**

**TABUĽKA II. - MAXIMÁLNA ROČNÁ ÚSPORA V EUR PRI ČŠH**

Typ výhybky	S nákladmi na výluky	Bez nákladov na výluky
190	8 430	5 060
300	10 840	7 070
500	11 290	7 190
760	12 920	8 150
1200	16 210	10 680

trati pri každom zásahu, avšak neboli zohľadnené žiadne ďalšie úspory, napríklad tie, ktoré sa týkajú prevádzky signalizačného zariadenia.

Výpočty prinášajú stabilné výsledky ukazujúce prítomnosť pozitívnych ekonomických vplyvov v dôsledku zavedenia strategických a optimalizovaných režimov údržby (tabuľka II). Výsledky poukazujú aj na možné dosiahnutie úspor až do 37 % pri súčasnom predĺžení životnosti výhybiek a ich prvkov.

Uvedené predpokladá použitie kvalitných prvkov v celej konštrukcii výhybky (vrátane podvalov s podpodvalovými podložkami, ktoré sú v tejto štúdii už zahrnuté v obstarávacej cene výhybky) a korektný zásah v správnom čase.

Pri skúmaní variantov podbíjajúcich a brúsnych cyklov sa ukazuje, že obe akcie vedú k zníženiu nákladov na životný cyklus. Malý nárast celkových nákladov spôsobený zavedením dodatočného cyklu brúsenia vo veľkej

miere prevyšuje možné zníženie životnosti výhybky spôsobenej zníženými výdavkami na údržbu, čo by viedlo k oveľa vyšším nákladom na životný cyklus.

Toto sa týka aj výmeny ťažkých komponentov nakoľko doba prevádzkovej životnosti výhybky má výrazný efekt. Ak vezmeme výhybku EW500 ako príklad, skrátenie jej životnosti o jeden rok spôsobí nárast nákladov o viac ako 17 000 eur. Na druhej strane predĺženie doby životnosti výhybky o ďalší rok prinesie úsporu viac ako 14 000 eur.

## Poznámka k prekladu

K slovenskej lokalizácii pôvodného textu je potrebné uviesť fakt, že ÖBB má už vyše 20 rokov zapracované vo svojich štandardoch povinné používanie podpodvalových podložiek, výsledky uvedené v tejto štúdii už použitie podpodvalových podložiek teda zahŕňajú.

Zdroje:

1. Príručka železničnej infraštruktúry, Fendrich a Fengler, kpt. 21, 2. vydanie 2013
2. Starostlivosť o povrch koláji. špecifikácia ÖBB RW 07.06.02.
3. EN 13231-3:2012-04 železničné aplikácie.

Preklad z anglického originálu, publikovaného v *Railway Gazette International*, august 2016

## HYDROBETON s.r.o.

Staviteľská 3, 831 04 Bratislava  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA

tel.: +421 2 4363 21 32  
fax: +421 2 4363 21 33  
e-mail: info@hydrobeton.sk

Bratislava +421 911 725 727  
Košice +421 948 024 495

www.HYDROBETON.sk