

**Metodický postup ve formě příručky pro navrhování železničních staveb, jejich přípravných a realizačních prací podle kritérií nákladů v průběhu životního cyklu**

## **Výhybka a náklady životního cyklu**

Materiál vznikl za podpory programu **Centra kompetence Technologické agentury České republiky (TAČR)** v rámci projektu **Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI)**, číslo projektu TE01020168.

**Autor: fakulta stavební ČVUT v Praze**

Doc. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.

Doc. Ing. Dana Měšťanová, CSc.

Doc. Ing. Aleš Tomek, CSc.

Ing. Eduard Hromada, Ph.D.

Ing. Stanislav Vitásek

prosinec 2017

## CÍLE

1. Cílem metodiky je stanovení vstupů a postupu pro kalkulaci nákladů pro železniční výhybky v životním cyklu.
2. Očekávaný přínos je v optimalizování nákladů výhybku.
3. Efekt se předpokládá ve snížení celkových nákladů stavby v projekční fázi.

## VSTUPNÍ PODMÍNKY

1. Výpočet LCC výhybky je třeba provést po jednotlivých etapách životního cyklu.
2. Pro optimalizaci a kalkulaci jsou nezbytné údaje::
  - náklady- resp. Ceny výhybek pořizovací
  - náklady za výstavbu resp. montáž
  - náklady na provoz
  - informace z oblasti související legislativy
  - četnost jízd
  - zatížení trati
  - životnost
  - náklady na údržbu
  - přístupnost
  - náklady na likvidaci

## MODEL PRO HODNOCENÍ

1. metodický přístup je založen na technicko - ekonomických disciplínách
2. pro výběr optimálního řešení se vytvoří nástroje pro hodnocení užítku
3. soustředí se a vypočtou ceny
4. stanoví se kritéria pro rozhodování.

## PARAMETRY

1. Optimalizace na maximální rychlost  $V_{\max} = 120$  km/h,
2. Modernizace na maximální rychlost  $V_{\max} = 160$  km/h.
  - zvýšení rychlosti až na 160 km/h,
  - zvyšování traťové třídy zatížení,
  - modernizace zabezpečovacího zařízení,
  - ostrovní nástupiště s bezbariérovým přístupem.

## STÁVAJÍCÍ STAV

Česká Republika disponuje celkem 9 492 km, z toho tratí jednokolejných 7 618 km a tratí dvou a více kolejných 1 874 km.

Z celkové dráhy železniční sítě bylo v roce 2014 tratí normálního rozchodu 9 470 km a tratí úzkorozchodných 22 km.

Podíl elektrizovaných tratí činil celkem 3 038 km. Celková stavební délka kolejí obnášela 15 477 km o 25 235 výhybkách.

## KATEGORIE

- dráha celostátní, dráha regionální, vlečka, speciální dráha, dráha místní

## POTŘEBY

### Tranzitní železniční koridory

- 1. koridor: (Německo) – Bad Schandau/Děčín – Praha – Pardubice – Česká Třebová – Brno – Břeclav/Hohenau – (Rakousko),
- 2. koridor: (Slovensko) – Kúty/Lanžhot – Přerov – Ostrava – Petrovice u Karviné/Zebrzydowice – (Polsko),
- 3. koridor: (Německo) – Schirding/Cheb – Plzeň – Praha – Olomouc – Ostrava – Mosty u Jablunkova/Čadca – (Slovensko),
- 4. koridor: (Německo) – Bad Schandau/Děčín – Praha – Veselí n. L. – Č. Budějovice Horní Dvořiště/Summerau – (Rakousko), s větví Veselí n. L. – Č. Velenice/Gmund – (Rakousko).

### Vysokorychlostní tratě

- Z finančního hlediska je pro ČR důležité využít čerpání dotací z EU.
- Čerpání v období 2014 až 2020 není reálné.
- Pouze pro informaci: náklad na vybudování nové vysokorychlostní tratě s rychlostí 300 km/h je v průměru 600 mil. Kč/km
- pokud by se tedy např. jednalo o VRT Praha-Brno-Ostrava o délce přibližně 340 km, vyšla by na cca 200 mld. Kč.
- Při úvaze patnáctileté doby výstavby by ročně na vybudování této VRT připadalo 13,33 mld. Kč.

## FINANCOVÁNÍ

- Z hlediska financování rozlišujeme peněžní toky na zajištění provozování železniční dopravní cesty, její opravu a údržbu (provozoschopnost) a modernizaci a rozvoj.
- Modernizace a rozvoj spadá do investičních výdajů a jejich úhrada je zajišťována SFDI.
- Při výběru tratí, které budou modernizovány přednostně, je třeba brát ohled na hlavní přepravní směry, kde je přepravováno velké množství cestujících i zboží.
- Jedná se především o dálkovou dopravu mezi velkými městy a regionální dopravu v okolí těchto měst a aglomerací.

## NÁKLADY V ŽELEZNIČNÍ STRUKTUŘE

- Železniční infrastruktura je sestavena z prvků železniční svršek, nástupiště, železniční přejezdy, sdělovací a zabezpečovací technika, napájecí soustava včetně trakčního vedení, související pozemky, budovy a zařízení pro údržbu a výstavbu dopravní cesty.
- Tyto prvky, nezbytné pro provoz dopravy, mají svou ekonomickou hodnotu.

- Prvky se navzájem liší životností.
- Náklady lze rozčlenit na náklady běžné (udržovací), kapitálové (investiční) a ostatní náklady (související s činnostmi zajišťující údržbu a výstavbu infrastruktury).
- Běžné náklady tvoří cca 60 – 70 % výdajů na dopravní síť.
- Potřebu údržby ovlivňují mimo charakteru předmětu samotného i faktory další jako je splnění podmínek předepsaných legislativou (signalizace, značení, péče o přírodní porosty, atd.), ovlivnění klimatickými podmínkami, vytíženost daného prvku (opotrebovává se rychleji).
- Udržovací (běžné) náklady mají podstatu v udržení stavu.
- Zatímco kapitálové náklady spočívají v přírůstku majetkové (kapitálové) hodnoty rozvojem sítě, ať už výstavbou železničních cest nových nebo radikální rekonstrukcí těch stávajících.

## SUBJEKTY

### Správa železniční dopravní cesty (SŽDC)

SŽDC při modernizaci a rozvoji železniční dopravní cesty klade důraz především na:

- dokončení modernizace tranzitních koridorů,
- zajištění trvalého udržení provozuschopnosti a bezpečnosti prvků dopravní cesty (údržbou, obnovou),
- odstranění trvalých omezení přechodnostních a rychlostních parametrů,
- modernizaci zabezpečovacích zařízení,
- zvýšení bezpečnosti dopravy na železničních tratích a přejezdech,
- zabezpečení interoperability,
- zlepšení dopravní obslužnosti obcí a měst.
- 

## TERMINOLOGIE

### Železniční výhybky a výhybkové konstrukce

kolejová křižovatka slouží pouze pro křížení kolejí, aniž by byl možný přejezd z jedné koleje na druhou

Výhybky umožňují přechod železničních vozidel bez přerušování jízdy z jedné koleje na druhou

Z hlediska konstrukce se výhybky rozdělují:

- jednoduché,
- obloukové jednostranné/oboustranné,
- křižovatkové poloviční/celé,
- kolejové spojky jednoduché/dvojitě.

Hlavní části jednoduché výhybky:

- výměnová část (opornice, jazyky), srdcovka, výhybkové koleje.

## Jednotlivé zásady

- Výměna je pohyblivou částí, kde se jedna kolej rozvětjuje ve dvě.
- V srdcovce se protíná vnější kolejnicový pás odbočné koleje a vnitřní pás hlavního směru, tvoří tak vlastní křížení kolejnic.
- Část mezi výměnou a srdcovkou se nazývá „středová, střední část“
- Opornice tvoří podporu pro okolky nápravy a jedná se o krajní kolejnice celé výhybky.
- Jazyky určují, kterým směrem náprava vozidla projede výhybkou.
- Výměny jsou přestavovány ručně nebo ústředně pomocí přestavníku.
- Srdcovková část je místem, ve kterém dochází ke křížení přímé a odbočné větve.
- Srdcovky jsou v
- Srdcovka je jedním z nejvíce namáhaných míst v celém železničním svršku.
- Při přejezdu přes srdcovku dochází k rázům, které mají vliv jednak na komfort jízdy, ale i na životnost srdcovky.
- Pro zmenšení dynamických rázů při přechodu kola z kolejnice na klín srdcovky a naopak může být hlava kolejnice tvarována tak, aby její temeno bylo navýšeno na klín srdcovky.
- Existuje mnoho konstrukcí srdcovek, od montovaných, přes svařované a s částmi z lité oceli s vysokým obsahem manganu.
- Nově se vyrábí srdcovky s pohyblivým hrotem, které zabezpečují nepřerušovanou jízdní dráhu, což přispívá ke snížení dynamických rázů. Jejich použití je podmíněno úhlem odbočení a rychlostí přes výhybky.
- Střední část je tvořena kolejnicemi normálního tvaru, které jsou buď přímé, nebo ohnuté v požadovaném poloměru. Střední část výhybky tvoří spleť kolejí. Propojuje výměnu a srdcovkovou část.

## Namáhání a ojetí kolejnice výhybek

- Kolejnice je v obecném případě namáhána svislými silami a silami vodorovnými podélnými a příčnými.
- Svislá síla je vyvozována kolovou silou.
- Zatížení od kolové síly se v jednotlivých částech konstrukce železničního svršku směrem dolů snižují vlivem rozdílných stykových ploch.
- Hnací kola lokomotiv při přenosu tažné síly a všechny kola při brzdění vyvozují v kolejnici podélné osově síly.
- Podélné síly jsou také vyvolávány teplotní roztažností kolejnic, nemůže-li kolejnice volně dilatovat.

## Ojetí kolejnice výhybek

- Hlava kolejnice patří k nejvíce opotřebovávaným částem kolejnic.
- Tvar ojíždění závisí na směrových poměrech tratě a velikost ojíždění na intenzitě provozu.
- V přímých úsecích dochází k víceméně rovnoměrnému výškovému ojíždění.
- V obloucích se přidává i ojetí boční.
- Někdy dochází k vytlačování materiálu mimo původní profil hlavy, dochází k tvoření tzv. převalků, které se následně odlupují v dlouhých třískách.

- Velikost ojetí kolejnic závisí na jejich tvaru a materiálu, konstrukci a stavu železničního svršku, na hmotnosti na nápravu, na rychlosti poježdění, intenzitě provozu apod.
- Z hlediska materiálů závisí ojetí na poměru tvrdosti kolejnic a obruče kol železničních vozidel.
- Za optimální se považuje poměr tvrdosti kol a kolejnic cca 1,2.
- Ke snížení ojetí kolejnic přispívá mazání styčné plochy kola a kolejnice mazivy, především ve směrových obloucích. Mazníky se nacházejí přímo v koleji anebo dochází k mazání kol hnacích vozidel.

### Vady kolejnic výhybek

- Vady kolejnic jsou zpravidla výsledkem namáhání kolejnic na únavu na kontaktu kolo – kolejnice. Vady způsobené vnitřním porušením, rozvíjející se z hloubi průřezu hlavy.
- Zjištění těchto vad je velmi obtížné a provádí se především ultrazvukem.
- Tyto vady vznikají obvykle při výrobě nesprávným ochlazováním.
- Dojde-li k lomu ještě dříve, než je vada viditelná, je lomová plocha bílá. Jestliže je vada před lomem viditelná, je lomová plocha tmavá – zkorodovaná.
- Rozvrstvení hlavy kolejnic, tzv. shelling.
- Odlupování z poježděné plochy postihuje zpravidla konce kolejnic v pásech oblouku, kde je vlivem mazání potlačeno oježdění materiálu kolejnic.
- Prasklinky jsou zvláště náchylné k lomu kolejnice.
- Vydroleniny a trhliny na stycích, které se liší podle průběhu trhliny na takové, které nezasahují stojinu nebo procházejí prvním otvorem pro spojkový šroub nebo trhlina prochází všemi otvory pro spojkové šrouby nebo kolem nich.
- Otláčení (zhmoždění) poježděné plochy kolejnice, které se projevují důlky, na kterých silné rázy od kol železničních vozidel mohou vyvolat lom, vznikají především v okolí styků kolejnice.
- Dalším lomovým místem je část, kde dochází k prudkému brzdění nebo kde se vlaky rozjíždějí v nepříznivých směrových či výškových podmínkách, přičemž dochází k prokluzům hnacích kol, zahřátí kolejnic, změně struktury materiálu a následné tvorbě důlků (zakalená skvrna s oválným obvodem).
- Vady svarů kolejnic, kde nejčastější příčinou jsou dutiny ve svaru nebo hrubozrnná struktura svaru. Lomy ve svarech se vyskytují nejčastěji během velkých mrazů nebo při změnách teplot vlivem velkého dynamického namáhání.
- Vady na poježděné ploše, které se projevují jako vlnky především na přímých úsecích tratě (kde vznik není ještě zcela objasněn, ale k tvorbě vlnek v menší míře přispívá různorodost dopravy) nebo naopak v obloucích o relativně malém poloměru, kde vznik spočívá v prokluzu vnitřního kola.
- Vada projevující se vtiskem na temeni kolejnice, která bývá způsobena poškozením obruče kol cizími tělesy, obručkami s ploškami, které na kolejnicích vytvářejí opakované stopy po úderu nebo vznikají po vykolejení železničních vozidel.
- Relativně nová vada nazvaná belgrospis, která byla identifikována na tratích poježděných rychlostí 200 km/h a více se vyskytuje v souvislosti s vlnovitostí koleje a projevuje se shlukem trhlín, které se periodicky opakují a mohou vést až k vylupování materiálu na poježděné ploše.

- Ostatní vady, mezi které patří lomy, trhliny a vydroleniny vyvolané místním poškozením, nerovnoměrným a nepřipustně velkým ojížděním.
- Vady kolejnic, zejména geometrické vady na pojížděných plochách mohou způsobit velké dynamické účinky.
- Jedinou možností opravy těchto vad je opracování hlav kolejnic, k čemuž se používají dvě technologie. Broušení pomocí brusných kotoučů a kamenů nebo hoblování, které je účinné především v případech, kdy je hlava kolejnice výrazně deformována. Broušení se používá i při prevenci proti rozvoji vad. Základní myšlenkou je uměle zvyšovat ojetí materiálu tak, aby k vadě z kontaktního namáhání nedošlo.

## Životnost železničních výhybek

Jako u ostatních produktů, tak i u výhybek jsou různí činitelé, kteří mohou životnost výhybek prodloužit či zkrátit. Mezi faktory ovlivňující životnost patří:

- namáhání a ojetí s ohledem na druh dopravy (např. těžká nákladní, osobní),
- druh trati (např. trať rychlostní),
- typ rychlosti (návrhová vs. reálná),
- kvalita a projektového zpracování,
- kvalita a realizační provedení,
- místo (klimatické podmínky, nadmořská výška),
- hustota provozu (počet přejezdů přes výhybku),
- četnost údržby (mazání, broušení výhybek),
- záruka, údržba v záruční době,
- rozmrazovací zařízení – resp. EO, POV (ohřev výhybek)

Při samotném užívání nejvíce ovlivňují životnost tyto činitelé:

- namáhání kolejnic na únavu,
- rozvrstvení hlavy kolejnic (tzv. shelling),
- vydroleniny a trhliny,
- vady svarů kolejnic,
- vlnky,
- geometrické vady,
- ojetí kolejnic.

Životnost železničních výhybek se dá primárně rozdělit do dvou rovin: úřední vs. faktická.

- Úřední životnost železničního svršku je stanovena Ministerstvem dopravy na 30 let.
- Odpisová doba pro železniční výhybky vychází z Přílohy č. 1 k zákonu ČNR č. 586/1992 Sb. - Třídění hmotného majetku do odpisových skupin.
- Dle tohoto zařazení patří železniční výhybky do odpisové skupiny 4, položka 4-9 s klasifikací 212123 Svršek drah železničních dálkových – výhybky, doba odpisování je tedy 20 let.

- Skutečná životnost je závislá na několika faktorech (vyjma případů dopravní nehody nebo přírodní katastrofy).
- Rozpětí životnosti je obrovské, jsou případy, kdy výhybka nevydrží bez zásahu ani po dobu své záruky, některé výhybky naopak mohou vydržet i 100 let.
- I tak je vždy životnost betonu v případě použití nových betonových pražců mnohonásobně vyšší než životnost oceli.
- Větší roli než například intenzita dopravy nebo rychlost samotných přejezdů po výhybce hraje právě kvalita použitého materiálu.
- Nejnáchylnější na opotřebení jsou srdcovky a jazyky výhybky (výměnová část).
- Velkou roli na životnost má vhodné zvolení typu výhybky na dané místo, v ideálním případě tak, aniž by při jejím používání bylo dosahováno jejích limitů.
- Např. pokud bude po výhybce tvaru 1:12-500-I, která má max. rychlost v odbočné větvi 60 km/h, přejížděno průměrnou rychlostí nižší, než je tato rychlost, vydrží ve skutečnosti podstatně déle, než by zaručovala její životnost.
- Při posuzování délky životnosti výhybky je třeba zohlednit například i jejich umístění v převýšení, k čemuž dochází nejčastěji u jednostranných obloukových výhybek.
- V případě výstavby železniční výhybky z nového materiálu platí standardně záruka od zhotovitele po dobu 5 let.
- Pokud je výhybka z materiálu užitého nebo se jedná o výhybku, která již byla použitá jinde a prošla regenerací či nutným ošetřením (obroušení, výměna částí apod.), snižuje tato skutečnost její záruční dobu na 2 roky.
- Údržba výhybek se provádí striktně dle předpisů, vychází především z polohy výhybky a je stanovena na základě kontrol probíhajících nejběžněji:
  - měsíčně,
  - čtvrtletně,
  - ročně (při komplexní prohlídce).

## Údržba

- Údržby jsou prováděny buď dodavatelem (externí firmou) nebo zaměstnanci SŽDC.
- V druhém případě je vedena interní evidence ve formě denních hlášenek a cena takové údržby je stanovena z ceníku buď normovou cenou za výkon nebo hodinovou sazbou/pracovníky.
- V případě zadané údržby je vybrána firma na základě výběrového řízení a vysoutěžená cena je stanovena ve smlouvě dle rozsahu udržovacích prací.

## Použití výrobků do konstrukce železničního svršku drah ČR

- Směrnice GŘ č. 16/2005 – Zásady modernizace a optimalizace vybrané železniční sítě ČR,
- Technické normy ČSN 73 6360 – Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha (rozdělené na dvě části) až po vnitřní předpis SŽDC S3 se zohledněním dalších limitů vycházejících z ostatních předpisů.



- Před použitím nového výrobku musí v souladu se systémem péče o kvalitu uplatňovaným v návaznosti na obecně platné právní předpisy proběhnout schvalovací proces na Správě železniční a dopravní cesty.
- Odbor traťového hospodářství ředitelství SŽDC se při schvalování řídí Směrnicí SŽDC č. 67.
- Výsledkem jsou OTP (obecné technické podmínky) nebo TPD (technické podmínky dodací) schválené generálním ředitelstvím SŽDC.
- Bez tohoto schválení může být výrobek použit pouze za určitých podmínek v tzv. ověřovacím provozu.
- Při ověřovacím provozu je stanoveno: kam bude prvek umístěn, jaká bude povolená rychlost jeho přejezdu, v jaké míře a jak často budou prováděny kontroly a jakým způsobem budou tyto kontroly vyhodnoceny.
- Dále je stanovena doba, jak dlouho bude ověřovací provoz trvat, nejčastěji se jedná o dobu jednoho roku nebo déle.
- Výsledkem ověření je závěrečná zpráva, díky které může dojít ke schválení TPD nebo OPT.
- Technické podmínky dodací jsou uzavřeny mezi SŽDC a dodavatelem a jsou koncipovány jako technická specifikace budoucích kupních smluv na příslušné výrobky. Vztahují se konkrétně na každý jednotlivý prvek a jsou uvedeny v obecných technických podmínkách, vyhláškách UIC nebo normách ČSN.
- Při použití výrobků na tratích TNT musí být splněna i další kritéria, která vycházejí z nařízení dané evropskými směrnici.

## Technické specifikace interoperability

- min. průjezdný průřez,
- min. poloměr oblouku,
- rozchod koleje,
- max. namáhání koleje,
- min. délka nástupiště,
- výška nástupiště,
- mezní charakteristiky vnějšího oblouku a vibrací,
- řízení a zabezpečení,
- max. síly působící na kolej,
- hmotnost na nápravu,
- max. délka vlaku, obrys vozidla,
- limity vnějšího i vnitřního hluku,
- požadavky na dopravu osob se sníženou pohyblivostí atd.
- 

## Náklady životního cyklu výhybky

Životní cyklus je časový vývoj, který zahrnuje všechny fáze železniční výhybky - od jejího návrhu až po likvidaci. Jedná se o součet všech opakujících se i jednorázových nákladů od těch prvotních na samotné pořízení, manipulaci, instalaci, provoz, údržbu, opravy nebo rekonstrukce až po náklady na likvidaci.

## Investiční náklady

- Investiční (pořizovací) náklady obvykle zahrnují inženýrské činnosti, dodání a montáž výhybky. Projekčnímu řešení je potřeba věnovat nejvyšší možnou pozornost, protože jednoznačně ovlivní celý životní cyklus výhybky.
- Např. bude-li výhybka umístěna v zatížené koleji s montovanou srdcovkou, k jejímu opotřebení případně destrukci dojde velmi rychle (a bude nutno ji vyměnit celou).
- Naopak pokud se vloží výhybka se srdcovkou monolitickou z lepšího materiálu a ještě také s nadvýšenými křídlovými kolejnicemi zlepšujícími průjezd kola srdcovkou, bude odolávat mnohem déle do případné výměny (obdobně je to s jazyky).
- K ocenění projekčních a inženýrských prací se používají výkonové a honorářové řády, zveřejňované firmou UNIKA nebo samotným ČKAITem (Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků). Kde výpočet nákladů je odvislý od předpokládané ceny stavebního díla.

Konkrétní sumu nákladů za dodání a montáž výhybky si sestavuje dodavatelská firma. V českém prostředí pro sestavení celkových nákladů na určitou měrnou jednotku (např. ks, m<sup>2</sup>) slouží kalkulační vzorec:

- Materiálové náklady
  - Náklady za výhybku a pomocný materiál k její montáži
  - Náklady za dopravu materiálu
- Náklady na mzdy
  - Náklady spojené s pracovníky, kteří budou výhybku přímo instalovat (hrubá hodinová/ úkolová mzda)
- Náklady na stroje
  - Náklady za stroje sloužící k montáži výhybky (náklady za provozní hmoty a dopravy stroje na stavbu)
- Ostatní přímé náklady
  - Náklady určené k odvodu na sociální a zdravotní pojištění za pracovníky, kteří se přímo podílejí na montáži výhybky
  - Náklady na technologickou dopravu výhybky (související s přepravou materiálů atd.)
- Režijní náklady a zisk
  - Tato skupina slouží k zařazení všech nepřímých nákladů související s dodávkou a montáží výhybky (např. na chod firmy, platy THP pracovníků, nákup strojů atd.)

Výsledné celkové pořizovací náklady ovlivňuje mnoho faktorů. Např. typ použitých pražců, délky výhybky, použité srdcovky, úpravy materiálu kolejnic atd. Závisí také na tom, zda se jedná o výhybku standardní geometrie nebo transformovanou do oblouku (v případě transformace, která ještě nebyla použita, je nutné zpracovat výkresovou dokumentaci – prodražení).

## Provozní náklady

Výhybky železničních tratí se skládají z nákladů na kontrolu stavu, údržby (broušení, podbíjení, mazání, drobné zásahy jako seřizování dílčích zařízení), obnovy, rekonstrukce, inženýrskou činnost

(monitoring, plánování, projekční příprava, dohled nad montáží atd.). Naleznutí a ocenění všech potřebných dat při tvorbě modelu, pouze z investorského záměru je velice komplikované. A proto se používají odborné odhady získané od specialistů s patřičnými zkušenostmi.

## Náklady v likvidační fázi

Zastupuje obvykle náklady spojené s demontáží, přepravou, ekologickou likvidací a administrativou.

## Vzorový příklad výpočtu LCC výhybky

Pro vytvoření příkladového výpočtu LCC výhybky u výstavby nového úseku se použily informace získané od zástupců jak soukromých firem, tak z SŽDC. Potřebné informace o různých skupinách nákladů se v kalkulaci objevují jako odborné odhady. Vstupy pro výpočet do modelu jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1: Vstupy pro kalkulaci LCC výhybky

Hodnotící období	30 let	Typ výhybky	J60E2 1:14-760, beton. pražce
Diskontní sazba	5,0 %	Počet přestavování výhybky	100 – 150/ den
Návrhová rychlost	200 km/ h	Druh dopravy	kombinovaná
Roční růst mezd	2,0 %	Inflace	1,1 % roční navýšení o 0,2 %
Doba výstavby	14 dnů	Počet generálních oprav	2

### 1) Investiční náklady

- a. Pořizovací cena výhybky- od dodavatele  
Typ J60E2 1:14-760 s cenou 3 349 800 Kč
- b. Doprava na staveniště- odborný odhad  
50 000 Kč
- c. Montáž výhybky kolejovým jeřábem- odborný odhad  
2 322 900 Kč
- d. Inženýrská činnost- odborný odhad  
8 % z pořizovacích nákladů výhybky 457 816 Kč

### 2) Náklady na provoz

- a. Náklady na obnovu  
MD ČR uvádí životnost železničního svršku 30 let = 0 Kč
- b. Náklady na údržbu
  - i. Mazání- odborný odhad

- průměrná roční spotřeba pro zatíženou výhybku (mazání 1 x za 9 dnů) činí zhruba 1,2 kg maziva = 110 000 Kč/rok
- ii. Kontrola stavu- odborný odhad  
měřící vůz pro železniční svršek 17 000 Kč/rok,  
zaměstnanci zajišťující měření výhybek 30 000 Kč/rok
  - iii. Ošetření, očištění a seřízení součástí výhybek- odborný odhad  
40 000 Kč/rok
- c. Náklady na generální opravu (rekonstrukci)- odborný odhad
- i. Inženýrská činnost- odborný odhad  
15 % z nákladů na stavební práce 85 841Kč/oprava x 2 = 171 682 Kč
  - ii. Stavební práce- odborný odhad (podpořený několika stavebními rozpočty)  
10 % z pořizovacích nákladů výhybky 572 270 Kč/oprava x 2 = 1 144 540 Kč
  - iii. Zajištění výluky- odborný odhad  
S opravou výhybky se budou provádět i revitalizační práce na jiných železničních prvcích. Na samotnou výhybku z celkového harmonogramu připadnou tři dny. Na méně vytížené trati z kratší vzdálenosti zajištění náhradní dopravy vyjdou náklady na den 115 000 Kč.  
115 000 Kč/den x 3 = 345 000 Kč

### **Náklady na likvidaci**

- d. Demontáž- odborný odhad  
kolej na betonových pražcích 1 590 Kč/m, délka výhybky je zhruba 25 m, 25 x 1 590 = 39 750 Kč
- e. Odvoz- odborný odhad  
20 000 Kč

Z výše vyjádřených hodnot za jednotlivé etapy životního cyklu výhybky lze vypočítat LCC. Jednotlivé vstupní a výstupní hodnoty jsou shrnuty v tabulce níže.

Tabulka č. 2: Souhrn nákladů v kalkulaci LCC výhybky

Etapa LCC	Typ nákladu výhybky	Četnost výskytu	Celkový náklad [Kč]	Diskontovaná suma nákladů v LCC [Kč]
Investiční náklady	Pořízení	1 x životnost	3 349 800	<b>6 180 516</b>
	Doprava	1 x životnost	50 000	
	Montáž	1 x životnost	2 322 900	
	Inženýrská činnost	1 x životnost	457 816	
Náklady na provoz	Údržba	1 x rok	110 000	<b>3 939 238</b>
	Kontrola stavu	1 x rok	47 000	
	Ošetření, očištění a seřízení	1 x rok	40 000	
	Inženýrská činnost (oprava)	1 x 15 let	171 682	
	Stavební práce (oprava)	1 x 15 let	1 144 540	
	Zajištění výluky (oprava)	1 x 15 let	345 000	
Náklady na likvidaci	Demontáž	1 x životnost	39 750	<b>15 358</b>
	Odvoz	1 x životnost	20 000	

Na základě vypočtených hodnot se sestavil graf s poměry jednotlivých etap v LCC výhybky. Dominantní fáze se projevila jako investiční, což je typické pro inženýrské stavby. Proto je vhodné této etapě nákladů životního cyklu věnovat co největší pozornost.

## Závěr metodiky

Technicko - ekonomické hodnocení údržby, obnovy a výměny výhybek železničních tratí v LCC je ovlivnitelné:

- Při návrhu stavby je nutné, aby se projektant zabýval komplexní ekonomickou stránkou projektu, a nejen pořizovacími náklady.
- U železničních staveb platí také – projektuje-li se výhybka v hlavní koleji na tranzitním koridoru, je zřejmé, že projetá zátěž bude velmi vysoká (údaje sleduje SŽDC, kde jaká zátěž projede).
- Je proto vhodné např. navrhnout výhybku např. s odlévanou srdcovkou, tepelně upravenými (perlitizace) prvky (např. jazyky) za účelem zvýšení otěruvzdornosti a tedy životnosti.
- Výhybka zvyšuje cenu trati na 1 km a její vložení je nezbytné.
- Vynechání výhybky ve stanici obvykle není z provozního hlediska možné, projektant může ovlivnit polohu, geometrii, atd. ale nemůže ve většině případů ovlivnit, jestli daná výhybka ve stanici bude nebo

ne, jelikož je z dopravního hlediska nutné umožnit přeježdění mezi kolejemi.

### **Stárnutí výhybky založený na faktorech ovlivňující životnost výhybky modelu LCC**

- Ojetí ploch, které jsou v kontaktu s koly vozidel (pojízdné plochy).
- Pokud je výhybka v zatížené koleji, dřív než nastanou problémy např. s korozí, nastane nepoužitelnost v důsledku ojetí.
- Pokud je výhybka v málo zatížených kolejích, může dojít k degradaci vlivem atmosférických vlivů – např. dřevěné pražce mají životnost 20 – 60 let, pokud bude výhybka umístěna v horších klimatických podmínkách, může dojít k uhnutí pražců dříve než k opotřebení nebo degradaci ocelového materiálu.
- Obvykle lze životnost výhybek prodloužit výměnou opotřebovaných dílů (nová srdcovka, nové jazyky, výměna shnilých pražců, atd.).

### **Ekonomické hodnocení životnosti v modelu LCC**

- Ospravedlnitelné vyšší investice získáním delší životnosti – jsou obzvláště u zpružněné výhybky.
- Investice umožňují snížení provozních nákladů a na údržbu.
- Vyšší roční náklady na kontrolu a údržbu vynahrazují prodloužení životnosti;
- Neplatí zcela u zpružněné výhybky – u té se nepředpokládají vyšší náklady na kontrolu a údržbu
- Výhybky v koridorových tratích (v hlavních kolejích) se používají výhradně nové.

### **Optimalizace návrhu výhybek**

- Postup umožní SŽDC posoudit navržené typy výhybek podle pořizovacích nákladů a také podle nákladů na provoz a údržbu v průběhu životního cyklu výhybky vč. obnovy.
- Bilance sestavená na základě dílčích částí výhybky (pražce, srdcovka atd.).
- Optimalizace bude patrná ze součtových čar.

- Po sledované životnosti se mohou preference obrátit díky zahrnutí cyklů opravy a údržby - dražší pořizovací náklady se v životním cyklu vrátí.

**Cílem OPTIMALIZOVANÉHO návrhu je výběr hospodárné, efektivní a účelné varianty návrhu železniční trati s důrazem na návrh výhybek, které významně ovlivňují cenu výstavby a tím celé LCC.**

## Seznam zkratk

ENPV	Economic net present value (Ekonomická čistá současná hodnota)
IRR	Internal Rate of Return (Vnitřní výnosové procento)
LCC	Life cycle cost (Náklady životního cyklu)
TEN-T	Trans-European Transport Networks (Transevropská dopravní síť)
OTP	Obecné technické podmínky
ROA	Return On Assets (Rentabilita vložených prostředků)
ROE	Return On Equity (Rentabilita vlastního kapitálu)
RTLM	Railway Track Life-Cycle Model (Model životního cyklu koleje)
SFDI	Státní fond dopravní infrastruktury
SWOT	<b>S</b> trengths, <b>W</b> eaknesses, <b>O</b> pportunities, <b>T</b> hreats (Silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby)
SZZ	Staniční zabezpečovací zařízení
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
TPD	Technické podmínky dodací
TSI	Technické specifikace interoperability
ÚOHS	Úřad pro ochranu hospodářské soutěže
VRT	Vysokorychlostní tratě
ŽPSV	Železniční průmyslová stavební výroba

## Seznam použité literatury a pramenů

- [1] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. *Udržitelné pořízování staveb: ekonomické aspekty*. Vyd. 1. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011, 256 s. ISBN 978-80-7357-642-4.
- [2] DAAMEN, Winnie., Christine. BUISSON a S. P. HOOGENDOORN. *Traffic simulation and data: validation methods and applications*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015. ISBN 9781482228700.
- [3] KUŘINOVÁ, Hana. *Výhled modernizace železnic v ČR*. Praha, 2013. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. Vedoucí práce Doc. Ing. Dana Měšťanová, CSc.
- [4] Vysokorychlostní tratě [online]. [cit. 2016-11-11]. Dostupné z: <http://vrt.fd.cvut.cz>
- [5] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/12/ES ze dne 26. února 2001, kterou se mění směrnice Rady 91/440/EHS o rozvoji železnic Společenství*. In: Brusel, 2001, 2001/12/ES.
- [6] *Směrnice 2001/14/ES Evropského parlamentu a rady ze dne 26. února 2001 o přidělování kapacity železniční infrastruktury a zpoplatnění použití železniční infrastruktury a o bezpečnostní certifikaci*. In: Brusel, 2001, 2001/14/ES.
- [7] *Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 884/2004/ES ze dne 29. dubna 2004, kterým se mění rozhodnutí č. 1692/96/ES o hlavních směrech Společenství pro rozvoj transevropské dopravní sítě*. In: Brusel, 2004, 884/2004/ES.
- [8] *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/50/ES ze dne 29. dubna 2004, kterou se mění směrnice Rady 96/48/ES o interoperabilitě transevropského vysokorychlostního železničního systému a směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/16/ES o interoperabilitě transevropského konvenčního železničního systému*. In: Brusel, 2001, 2001/16/ES
- [9] *Zákony, vyhlášky, nařízení vlády a jiné právní normy České republiky*. Business Center [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://business.center.cz/business/pravo/zakony/>
- [10] *Informace o kategorizaci železniční sítě*. Ministerstvo dopravy [online]. [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Drazni-doprava/Zeleznicni-infrastruktura/Informace-o-kategorizaci-zeleznicni-site?returl=/Dokumenty/Drazni-doprava/Zeleznicni-infrastruktura>
- [11] *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/>
- [12] *SŽDC provoz na dráze* [online]. [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: <http://provoz.szdc.cz/>
- [13] *Ministerstvo dopravy* [online]. [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/>
- [14] *Ústav územního rozvoje* [online]. [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: <http://www.uur.cz/>
- [15] *Hlavní koncepce rozvoje v sektoru doprava. Ústav územního rozvoje* [online]. [cit. 2016-11-28]. Dostupné z: [http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2007/2007-03/08\\_hlavni.pdf](http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2007/2007-03/08_hlavni.pdf)
- [16] *Zákon č. 266/1994 Sb., o drahách. Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-266>
- [17] CHODOROVÁ, Jana. *Ekonomická životnost prvků železničních staveb*. Praha, 2017. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. Vedoucí práce Doc. Ing. Dana Měšťanová, CSc.
- [18] *Priority axes and projects of TEN-T*. Eurostat [online]. [cit. 2016-11-28]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Priority\\_axes\\_and\\_projects\\_of](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Priority_axes_and_projects_of)



- [19] Dopravní politika ČR pro období 2014-2020. DataPlán [online]. [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: [https://www.dataplan.info/img\\_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/dopravni-politika-2014-2020-schvalena.pdf](https://www.dataplan.info/img_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/dopravni-politika-2014-2020-schvalena.pdf)
- [20] Evropská unie na železnici [online]. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: [http://www.mdcr.cz/cs/Drazni\\_doprava/Evropska\\_unie\\_na\\_zeleznici/](http://www.mdcr.cz/cs/Drazni_doprava/Evropska_unie_na_zeleznici/)
- [21] Dotace v infrastruktuře [online]. 2016 [cit. 2016-07]. Dostupné z: [18] <http://www.dotacni.info/zlepseni-infrastruktury-pro-vyssi-konkurenceschopnost-a-vetsi-vyuziti-zeleznicni-dopravy/>
- [22] Dopravní stavby. Časopis stavebnictví [online]. [cit. 2016-11-19]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/realizace-staveb-dopravni-stavby\\_R90](http://www.casopisstavebnictvi.cz/realizace-staveb-dopravni-stavby_R90)
- [23] ČD [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://www.cd.cz/>
- [24] Železničný zvršok, 3. časť – výhybky a koľajové križovatky, diel prvý. Vlaky.net [online]. [cit. 2016-12-20]. Dostupné z: <http://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/002481-Zeleznicky-zvrsok-3-cast-vyhybky-a-kolajove-krizovatky-diel-prvy/>
- [25] Železniční svršek. [online]. [cit. 2016-12-26]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/provozuschnost-drahy/technicke-pozadavky/zeleznicni-svrsek.html>
- [26] PLÁŠEK, Otto. *Železniční stavby I: Výhybky a výhybkové konstrukce*. Brno: Vut v Brně, 2007.
- [27] Prvky mechanického ZZ. Publi [online]. [cit. 2016-12-27]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/147/02.html>
- [28] DT - Výhybkárna a strojárna, a.s. [online]. [cit. 2016-12-09]. Dostupné z: <http://www.dtmv.cz/>
- [29] Předpisy skupiny S - S3 Železniční svršek [online]. [cit. 2016-12-26]. Dostupné z: [http://iwan.eu07.pl/jw/john\\_woods2008/predpisy/S/S.htm](http://iwan.eu07.pl/jw/john_woods2008/predpisy/S/S.htm)
- [30] DAAMEN, Winnie., Christine. BUISSON a S. P. HOOGENDOORN. *Traffic simulation and data: validation methods and applications*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015. ISBN 9781482228700.
- [31] TOWEY, Donald. *Cost management of construction projects*. Chichester, West Sussex, U.K.: Wiley-Blackwell, c2013. ISBN 9781118473771.
- [32] FAVRE, B. *Introduction to sustainable transports*. 2014. ISBN 978-111-8625-644.