UNIVERZITA PARDUBICE

Dopravní fakulta Jana Pernera

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky
Oddělení kolejových vozidel

PROGRAM RAILCALC 2.0, TECHNICKÁ A UŽIVATELSKÁ DOKUMENTACE

Číslo dokumentu:	**SGS2021-TM-01**
Projekt:	ev. č. **SGS_2021_010** **„Vybrané aspekty z oblasti dopravních prostředků a infrastruktury řešené na DFJP“**
Řešitelé:	**Bc. Zdeněk FIŠR** **Ing. Tomáš MICHÁLEK, Ph.D.**
Termín řešení:	2021
Počet stran textu:	22
Počet stran příloh:	2

Dopravní fakulta Jana Pernera, Studentská 95, 532 10 Pardubice
Dislokované pracoviště Česká Třebová, Nádražní 547, 560 02 Česká Třebová
tel.: +420 466 037 428, e-mail: tomas.michalek@upce.cz

Obsah

1 Úvod 3

2 Základní charakteristika programu RailCalc 2.0 4

3 Manuál pro práci s programem RailCalc 2.0 6

3.1 Umístění a spuštění programu 6
3.2 Definice vstupních dat 7
3.2.1 Definice tratí 7
3.2.2 Definice vozidel 10
3.2.3 Definice souprav 12
3.2.4 Nastavení dalších parametrů výpočtu 14
3.3 Numerická simulace jízdy vlaku 18
3.4 Výsledky provedených výpočtů a možnosti jejich exportu 19

Literatura 22

Příloha: Licenční podmínky pro užití programu RailCalc 2.0 23

1 Úvod

Program **RailCalc 2.0** byl vyvinut na Dopravní fakultě Jana Pernera Univerzity Pardubice v rámci řešení projektu Studentské grantové soutěže Univerzity Pardubice ev. č. SGS_2021_010 „*Vybrané aspekty z oblasti dopravních prostředků a infrastruktury řešené na DFJP*“ v roce 2021. Tento software vznikl dopracováním původního programu „RailCalc“, který byl vytvořen v rámci řešení bakalářské práce [1]. Program slouží pro realizaci trakčních výpočtů definovaných vlakových souprav na definovaných tratích, tedy primárně pro **výpočty jízdních dob a spotřeby trakční energie** v železniční dopravě.

Tento dokument je technickou a uživatelskou dokumentací k vytvořenému programu; je zde stručně popsána jeho struktura a funkce. Dokument je zároveň návodem, který popisuje, jakým způsobem lze s tímto softwarovým nástrojem pracovat.

Program RailCalc 2.0 je určen výhradně pro nekomerční využití; licenční podmínky pro užití software jsou uvedeny v příloze tohoto dokumentu.

2 Základní charakteristika programu RailCalc 2.0

Program RailCalc 2.0 umožňuje provádět trakční výpočty definovaných vlakových souprav v definovaných traťových úsecích. Jak parametry vozidel, tak i charakteristiku traťového úseku definuje uživatel na základě svých potřeb. Program slouží k výpočtu tachogramů (tzn. závislosti rychlosti jízdy vlaku na ujeté dráze, popř. na čase), resp. **k výpočtu jízdních dob a ukazatelů energetické náročnosti dopravy**. Jízda vlaku je v programu modelována jako pohyb tělesa o jednom stupni volnosti podél jízdní dráhy. Samotné řešení jízdy vlaku je proto založeno na numerické integraci pohybové rovnice vlaku (viz též např. [2]), tedy na řešení rovnice ve tvaru:

$$\left(\sum_{(i)}(m_{vi}+m_{ri})+m_n\right)\cdot\frac{\mathrm{d}(v^2)}{2\cdot\mathrm{d}x}=F_{ok}-O_v-O_t, \tag{1}$$

kde význam jednotlivých veličin je následující:

- m_{vi} představuje hmotnost jednotlivých vozidel zařazených ve vlaku, která může (ale nemusí) zahrnovat kromě vlastní hmotnosti vozidel i hmotnost případného nákladu, resp. cestujících,
- m_{ri} představuje ekvivalentní hmotnost rotujících hmot pro jednotlivá vozidla, kterou lze také stanovit s využitím vztahu:

$$m_{ri}=m_{vi}\cdot\rho_i, \tag{2}$$

- kde ρ_i je bezrozměrný součinitel rotačních hmot pro jednotlivá vozidla, který však musí být vždy stanoven pro aktuální celkovou hmotnost daného vozidla;
- m_n představuje hmotnost nákladu, kterou je možno díky zvolené formě zavedení do pohybové rovnice vlaku definovat nezávisle na hmotnosti vozidel samotných;
- F_{ok} je celková síla působící na obvodu kol, tedy tažná, nebo brzdná síla,
- O_v je celkový vozidlový odpor vozidel zařazených ve vlaku, jenž může zahrnovat i zvýšení aerodynamického odporu při jízdě vlaku tunelem (viz dále vztah (4)),
- O_t je celkový traťový odpor vozidel zařazených ve vlaku, jenž je dán součtem odporu ze sklonu koleje O_s a odporu z jízdy obloukem O_r, tedy:

$$O_t=O_s+O_r, \tag{3}$$

- v je aktuální rychlost jízdy
- a x je ujetá dráha.

V principu je možné strukturu programu RailCalc 2.0 – podobně jako u jiných výpočetních softwarů – rozčlenit do tří základních bloků:

- definice vstupních dat – v tomto případě spočívající zejména v zadání:
  - parametrů kolejových vozidel, zařazených do vlaku,
  - charakteristik vyšetřovaných traťových úseků;
- provedení samotného numerického výpočtu jízdy vlaku,
- prezentace výsledků provedených výpočtů v požadovaném rozsahu a v požadované formě.

V rámci definice vstupních dat je nutné zadat charakteristiku vyšetřovaného traťového úseku (polohu míst zastavení, rychlostní profil, sklonový a směrový profil apod.), parametry vozidel, ze kterých bude sestavena vyšetřovaná vlaková souprava (hmotnost, délku, charakteristiku vozidlového odporu, trakční charakteristiku apod.) a definovat složení soupravy vlaku. K tomu slouží správci jednotlivých úloh, jejichž popis a způsob práce s nimi jsou uvedeny dále. Tato vstupní data jsou archivována v externích souborech ve složce „`/data`“ ve formátu `*.csv`, což mj. umožňuje vytvářet databáze tratí, souprav a vozidel pro další použití, bez nutnosti jejich opětovného zadávání před každým výpočtem.

Samotné výpočtové jádro programu řeší při simulaci jízdy vlaku pohybovou rovnici, definovanou vztahem (1), a to numericky, s dráhovým krokem Δx konstantní délky (tzv. *segment*). V jednotlivých segmentech, kterým lze přiřadit různé charakteristiky (podélný sklon, nejvyšší dovolená rychlost apod.), přitom použitý algoritmus předpokládá konstantní zrychlení, jehož velikost je určena buď velikostí výslednice vnějších sil (tažná, příp. brzdná síla na obvodu kol, celkový jízdní odpor vlaku), které působí na vlak na počátku daného kroku řešení, nebo požadovanou hodnotou zpomalení v případě brzdění. V rámci numerického výpočtu je zohledňována délka vlaku.

V průběhu každého výpočtu jsou sledované veličiny uchovávány v paměti a vybrané výsledky (jízdní doby v dílčích úsecích, dráhový tachogram apod.) jsou ihned vykreslovány. V případě potřeby je však možné zobrazit podrobnější výsledky výpočtu a tyto také exportovat do výstupních souborů pro případné další zpracování. Při tomto exportu lze též blíže specifikovat rozsah vypisovaných veličin. Bližší podrobnosti týkající se funkce programu jsou zřejmé z manuálu pro práci s programem (kap. 3).

3 Manuál pro práci s programem RailCalc 2.0

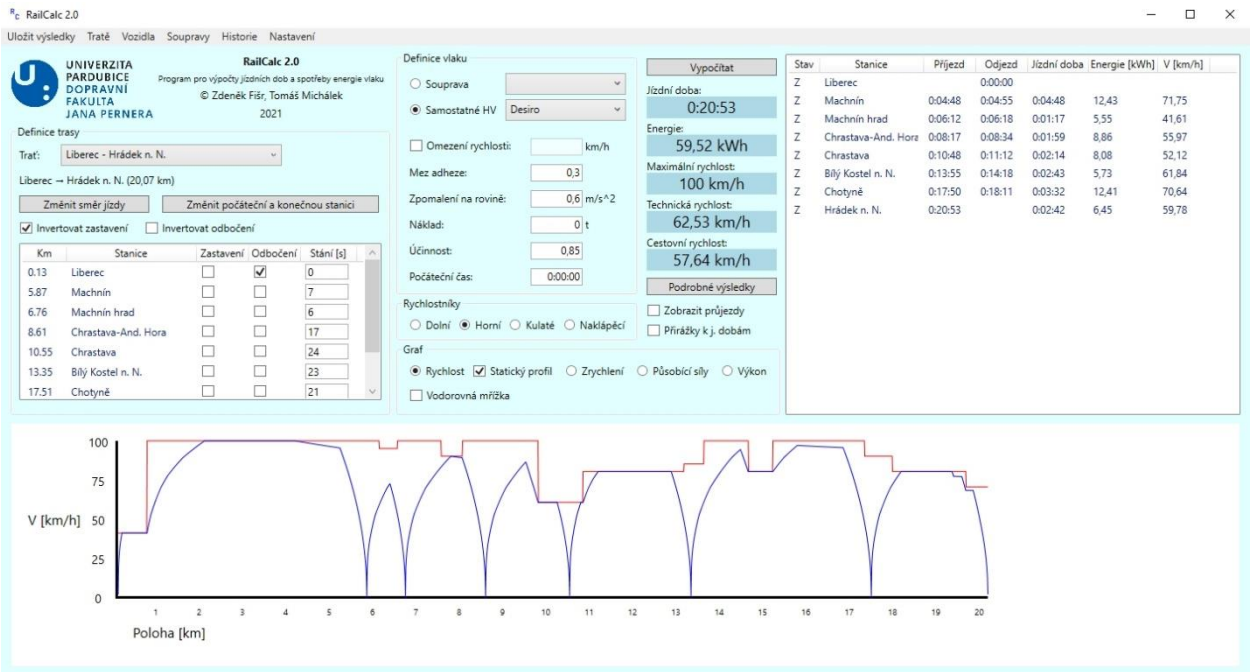
Tato kapitola obsahuje základní informace týkající se obsluhy programu RailCalc 2.0 a jsou zde rovněž popsány základní principy funkce tohoto softwarového nástroje.

3.1 Umístění a spuštění programu

Pro spuštění programu **RailCalc 2.0** není potřeba jej instalovat. Pro zajištění správné funkce programu (včetně možnosti práce s databázemi jednotlivých vozidel, vlakových souprav a tratí) se však spustitelný soubor **`RailCalc.exe`** musí nacházet v jedné složce spolu s dalšími podsložkami, a to:

- „**`/data`**“, tedy složka obsahující databázi vstupních dat pro trakční výpočty;
- „**`/results`**“, tedy složka, kam se primárně zapisují výsledky provedených výpočtů.

Program RailCalc 2.0 tedy lze spustit pomocí spustitelného souboru **`RailCalc.exe`**[1]. Pro spuštění programu je nejprve nutné potvrdit **souhlas s licenčními podmínkami** (viz také přílohu). Následně je otevřeno **základní uživatelské rozhraní programu RailCalc 2.0** (viz obr. 1), pomocí kterého je možné provádět další potřebné úkony (definice vstupních dat – tratí, vozidel a souprav, nastavení parametrů samotného výpočtu, spuštění výpočtu, export výsledků) a kde se také zobrazují výsledky právě provedeného výpočtu.



Obr. 1 Základní uživatelské rozhraní programu RailCalc 2.0.

[1] Vzhledem ke skutečnosti, že program při některých činnostech mění záznamy ve složce „`/data`“, může být spustitelný soubor programu detekován antivirovým programem jako potenciálně škodlivý. V takovém případě je potřeba, aby uživatel programu provádění těchto změn povolil. Dále může v některých případech docházet k pádu programu v případě, kdy podsložky a soubory v nich nejsou zapsány ve správném formátu.

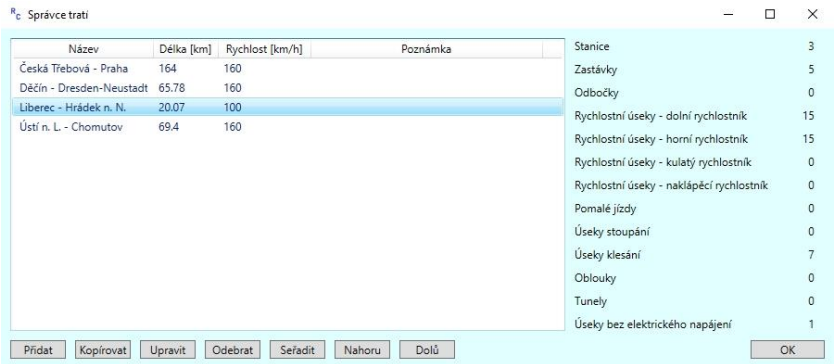
3.2 Definice vstupních dat

Prvním krokem k realizaci trakčních výpočtů je definice vstupních dat. Vstupní data, jež jsou pro tyto výpočty nezbytná, lze rozdělit na charakteristiku vyšetřovaných traťových úseků (k editaci se využívá **správce tratí**), charakteristiku jednotlivých vozidel (k editaci slouží **správce vozidel**), definici vlakových souprav (k editaci slouží **správce souprav**) a definici dalších parametrů a možností výpočtu. Tato kapitola se blíže zabývá právě definicí vstupních dat, tzv. *preprocessingem*.

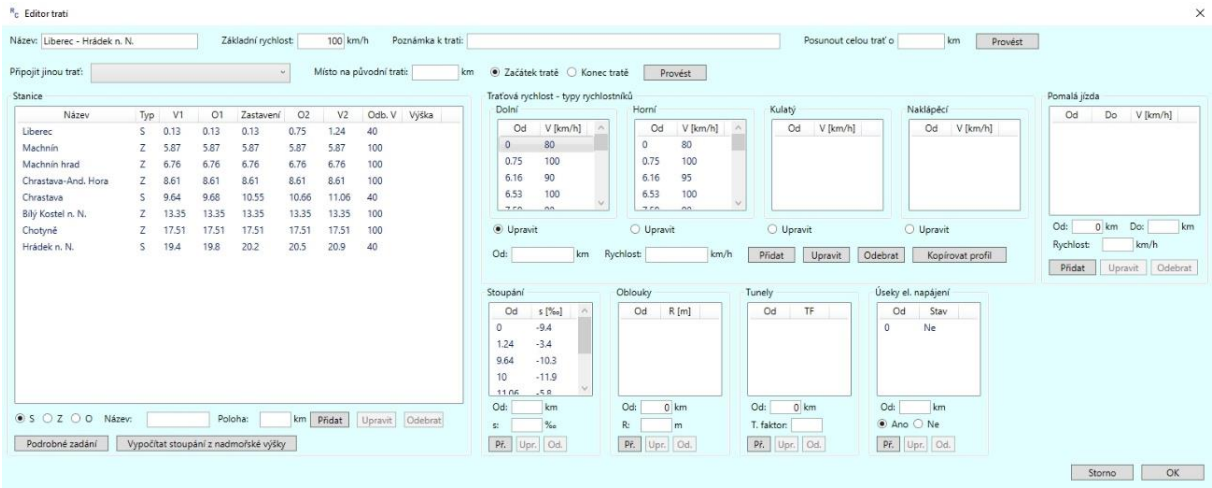
3.2.1 Definice tratí

Definice jednotlivých tratí se provádí s využitím **správce tratí**, který lze spustit kliknutím na nabídku „**`Tratě`**“ v hlavním menu základního uživatelského rozhraní. Při požadavku na spuštění správce tratí se tento otevře v novém okně (viz obr. 2), které má následující strukturu:

- tabulka v levé části obsahuje seznam tratí obsažených v databázi tratí[2]. V této tabulce je vždy uveden název trati, její délka, maximální traťová (základní) rychlost a případně poznámka;
- v pravé části se zobrazují základní statistické charakteristiky vybrané trati;
- v dolní části jsou tlačítka pro práci s jednotlivými tratěmi.



Obr. 2 Dialogové okno správce tratí.



Obr. 3 Dialogové okno editoru tratí.

[2] V případě prvního spuštění programu správce tratí obsahuje čtveřici defaultně předdefinovaných tratí.

Pro potřeby definice, příp. editace parametrů jednotlivých tratí slouží **editor tratí**. Ten je dostupný po kliknutí na tlačítko „**Přidat**“ v případě požadavku na definici nové trati, nebo „**Upravit**“ v případě požadavku na editaci parametrů již vytvořené tratě. Prostřednictvím editoru tratí (viz obr. 3) se zadávají zejména tyto údaje a parametry vyšetřovaného traťového úseku:

- *název trati* – slouží pro identifikaci;
- *základní rychlost* – základní hodnota traťové rychlosti, která bude na trati uvažována, nebude-li v konkrétním úseku stanoveno jinak;
- *stanice* (typ „S“), případně *zastávka* (typ „Z“) nebo *odbočka* (typ „O“) – ty se vkládají po zadání názvu a kilometrické polohy pomocí tlačítka „**Přidat**“, jež je umístěno pod seznamem stanic v levé části dialogového okna. Pomocí tlačítka „**Upravit**“ (příp. přímo zadáváním stanice prostřednictvím volby „**Podrobné zadání**“) pak lze definovat další parametry stanic:
    - volba *typu stanice* (*stanice – zastávka – odbočka*);
    - poloha *vjezdu* a *odjezdu* – tyto polohy definují počátek a konec omezení rychlosti jízdy tzv. *odbočnou rychlostí*, přičemž vjezd/odjezd označený číslicí 1 („V1“/„O1“) se nachází blíže začátku trati a vjezd/odjezd označený číslicí 2 („V2“/„O2“) se nachází na opačném zhlaví stanice[3,4];
    - poloha *místa zastavení* – udává místo, kde vlak zastavuje[4,5];
    - tzv. *odbočná rychlost*, tedy dovolená rychlost jízdy při vjezdu a odjezdu (příp. průjezdu) stanicí odbočkou (viz výše), která se uplatňuje mezi polohami dříve projetého vjezdu a později projetého odjezdu;
    - volitelně také *nadmořská výška stanice*, která může být následně využita pro výpočet přibližného sklonového profilu trati, pokud nejsou k dispozici přesnější údaje – k tomu slouží tlačítko „**Vypočítat stoupání z nadmořské výšky**“ (viz dále);
- *rychlostní profily* – v principu lze definovat pro konkrétní trať až čtyři různé rychlostní profily, které jsou v rozhraní programu – v souladu s českými zvyklostmi – označeny příslušným typem *rychlostníků* (*„dolní“*, *„horní“*, *„kulatý“* a *„naklápěcí“*). Při definici rychlostních profilů se vždy zadává kilometrická poloha místa, od něhož daný rychlostník platí; pro usnadnění editace trati je možné jednotlivé profily mezi sebou také kopírovat. V případě, že některý rychlostní profil není definován, a přesto je následně v základním uživatelském rozhraní vybrán, uplatňuje se při výpočtu omezení dané definovanou *základní rychlostí* (viz výše). Základní rychlost by přitom neměla být nižší než hodnoty uvedené v rychlostních profilech, neboť ta nebude během výpočtu překročena;

---

[3] S ohledem na využití v trakčních výpočtech je obvykle vhodné zadávat jako *vjezd* polohu vjezdového návěstidla z příslušného směru a jako *odjezd* místo, kde může vlak po průjezdu zhlavím opět začít zvyšovat rychlost (např. poslední výhybka). V případě, že jde o *zastávku*, se pochopitelně – na rozdíl od *stanice* a *odbočky* – místa vjezdu a odjezdu nedefinují, resp. jsou identická s místem zastavení.

[4] Pokud je *stanice* (příp. *zastávka* nebo *odbočka*) zadána zjednodušeně prostřednictvím tlačítka „Přidat“, je definovaná kilometrická poloha přiřazena jak *místu zastavení*, tak i polohám obou *vjezdů* a *odjezdů* – případné upřesnění je možné opět provést v příslušném dialogovém okně, které je dostupné tlačítkem „Upravit“.

[5] Poloha příslušných *míst zastavení* rovněž udává délku trati, resp. vyšetřovaného traťového úseku, a slouží i k výpočtům průměrných hodnot rychlosti (cestovní rychlost, technická rychlost).

- kromě standardních rychlostních profilů je pak možné v příslušné sekci editoru tratí definovat ještě *pomalé jízdy*, jež jsou dány kilometrickou polohou svého počátku a konce a samozřejmě také příslušným rychlostním omezením;
- *traťové poměry*, které zahrnují:
    - *sklonový profil* – zadává se hodnota podélného sklonu v promilích a kilometrická poloha místa, od které se na trati nachází tato hodnota stoupání, příp. klesání[6]. Nejsou-li dostupné bližší údaje o hodnotách podélného sklonu, lze též aplikovat zjednodušený výškový profil, vytvořený na základě zadaných nadmořských výšek jednotlivých stanic (zastávek a odboček), a to automaticky – kliknutím na tlačítko „**`Vypočítat stoupání z nadmořské výšky`**“. V tomto případě je mezi definovanými místy na trati uvažována vždy konstantní hodnota podélného sklonu;
    - *směrové poměry* – zadává se poloměr oblouku a kilometrická poloha, od níž se na trati příslušný oblouk nachází[6]. Není-li poloměr oblouku zadán, předpokládá se přímá kolej, resp. se v případě přímé trati udává náhradní hodnota poloměru oblouku: R = 0 m;
    - *tunely* – pokud je žádoucí zohledňovat vliv tunelu na jízdní odpor, je možné definovat polohu jednotlivých tunelů. V příslušné sekci editoru tratí se v takovém případě zadává „tunelový profil“ pro celou trať, a to hodnotou tunelového faktoru[7] a definicí místa, od kterého je tento tunelový faktor uvažován. Není-li definováno jinak, uvažuje se hodnota tunelového faktoru: TF = 1, odpovídající trati v otevřené krajině (tj. mimo tunel);
    - *definice úseků bez elektrického napájení* – tento profil slouží k zohlednění skutečnosti, že na elektrifikovaných tratích existují úseky, ve kterých nelze odebírat z troleje elektrickou energii (místo styku trakčních napájecích soustav, „stahovačky“ atd.), a taková místa tudíž vlaky vedené hnacími vozidly závislé trakce projíždějí výběhem. V programu se vždy zadává kilometrická poloha počátku úseku a binární informace o tom, zda v něm je, nebo není využitelné liniové elektrické napájení. Nejsou-li tyto údaje zadány, předpokládá se, že trať je v celé délce elektrifikovaná.

V editoru tratí je rovněž možné vytvořený traťový úsek připojit k jiné – již definované – trati, a/nebo kompletně posunout celou trať o zadaný počet kilometrů, a to jak ve směru rostoucí kilometráže, tak i proti ní. Při případném skládání a posouvání tratí je však nutné mít na paměti omezující podmínku, že rozsah kilometrické polohy objektů na takto vytvořené trati musí být v rozsahu od -999 km do 999 km.

Za účelem samotného zadání konkrétní trati pro potřeby konkrétního výpočtu pak slouží v základním uživatelském rozhraní oblast „**`Definice trasy`**“. Požadovaná trať se zde vybírá ze seznamu již existujících tratí (vytvořených dříve s využitím správce tratí, resp. editoru tratí, příp. defaultně předdefinovaných). V rámci definice trasy je přitom možné dále nastavovat tyto parametry:

[6] V případě, že nejsou uvažovány (resp. definovány) žádné poloměry oblouků, lze ke sklonovému profilu přistupovat jako k redukovanému profilu a zadat zde příslušné hodnoty náhradního, resp. redukovaného sklonu.

[7] V podmínkách běžných železničních tunelů se obvykle tunelový faktor pohybuje okolo hodnoty 2. Podrobnější pojednání ke způsobům modelování vlivu tunelu na jízdní odpor vlaku v trakčních výpočtech je možné najít např. v článku [3].

- *směr jízdy* (tlačítko „**Změnit směr jízdy**“) – tímto způsobem lze na definované trati jednoduše provést výpočet i pro opačný směr, než jak byla trať původně definována[8];
- *omezení výpočtu jen na část definované trati* (tlačítko „**Změnit počáteční a konečnou stanici**“) – výpočet lze tímto způsobem omezit jen na dílčí úsek trati mezi definovanými stanicemi (příp. zastávkami či odbočkami)[8];
- *zastavování v jednotlivých stanicích* (příp. *zastávkách* či *odbočkách*) – defaultně je nastaveno nezastavování v těchto místech na trati. Zastavení ve vybraných místech je možné nastavit prostřednictvím zaškrtávacích políček „**Zastavení**“ u jednotlivých stanic/zastávek/odboček v seznamu. K invertování nastaveného výběru (typicky za účelem zastavení ve všech stanicích a zastávkách na trati po výběru traťového úseku) slouží volba „**Invertovat zastavení**“;
- *vjezd a odjezd (příp. průjezd) stanicí/zastávkou/odbočkou v odbočném směru* (tj. definovanou *odbočnou rychlostí*) – defaultně je nastavena jízda v přímém směru, ale opět lze prostřednictvím zaškrtávacích políček „**Odbočení**“ u jednotlivých stanic/zastávek/odboček v seznamu definovat v daném místě jízdu odbočkou. K invertování nastaveného výběru opět slouží volba „**Invertovat odbočení**“. Jízda odbočkou však platí pouze pro stanice a odbočky;
- *doba pobytu v jednotlivých místech zastavení* – údaj v sekundách lze definovat u jednotlivých stanic/zastávek/odboček v seznamu v poli „**Stání**“. Hromadně lze tento údaj změnit v okně „**Nastavení**“ (viz dále).

3.2.2 Definice vozidel

Definice jednotlivých vozidel se provádí s využitím **správce vozidel**, který je možné spustit kliknutím na nabídku „**Vozidla**“ v hlavním menu základního uživatelského rozhraní. Při požadavku na spuštění správce vozidel se tento otevře v novém okně (viz obr. 4), které má dvě části:

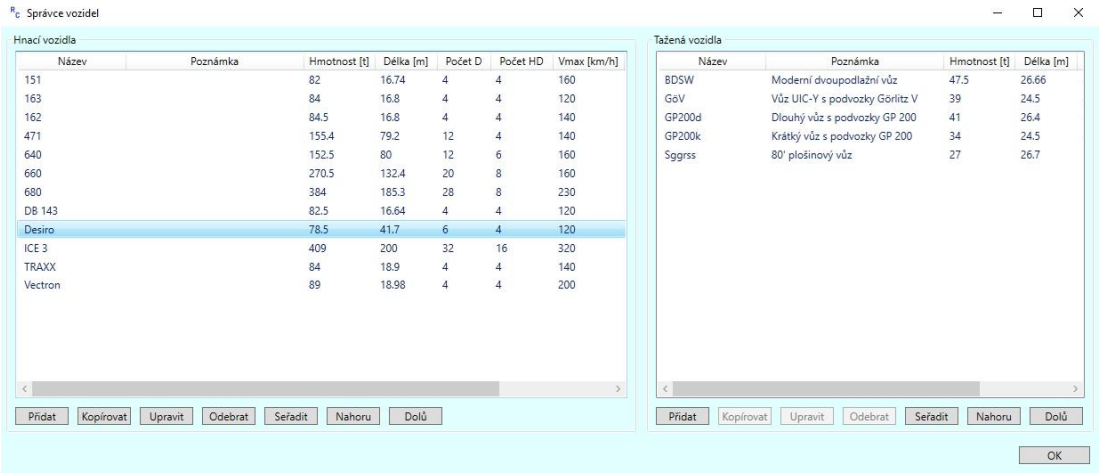
- tabulka v levé části obsahuje *seznam hnacích vozidel* v databázi vozidel. V této tabulce je vždy uveden název vozidla, jeho hmotnost, délka, počet dvojkolí a počet hnacích dvojkolí, maximální rychlost, výkon, maximální tažná síla na obvodu kol a případně poznámka;
- tabulka v pravé části pak obsahuje obdobný *seznam tažených (dopravovaných) vozidel* v databázi vozidel. Kromě názvu vozidla je zde uvedena jeho hmotnost, délka, počet dvojkolí, maximální rychlost a případně i doplňující poznámka.

S databází hnacích a tažených vozidel je možné pracovat pomocí tlačítek pod jednotlivými seznamy. Kromě přesouvání záznamů („**Nahoru**“/„**Dolů**“) lze jednotlivé seznamy řadit abecedně („**Seřadit**“), příp. jednotlivé záznamy odstranit z databáze („**Odebrat**“) či vytvořit jejich kopii („**Kopírovat**“). Zřejmě nejvýznamnější z hlediska použití jsou však možnosti „**Přidat**“ a „**Upravit**“, které umožňují definovat nová vozidla, resp. editovat parametry vozidel již existujících[9].

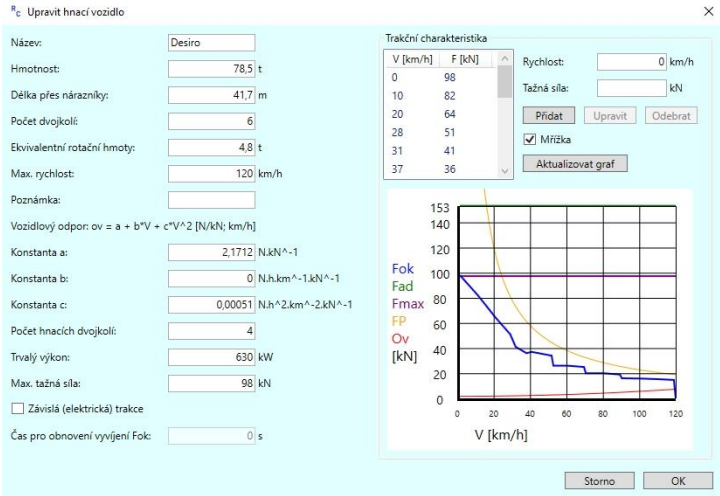
---

[8] Výsledná trasa (počáteční a konečná stanice), která bude uvažována pro samotný výpočet, je vždy zobrazena pod rozbalovacím menu „Trať“, přičemž jednotlivé stanice/zastávky/odbočky v tomto úseku jsou vypsány v příslušném seznamu.

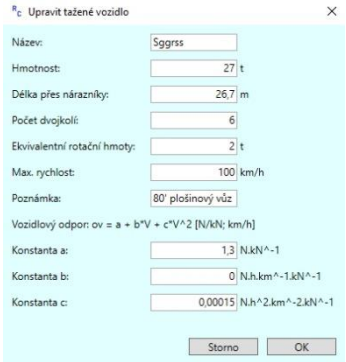
[9] Při prvním spuštění programu obsahuje správce vozidel několik defaultně předdefinovaných hnacích a tažených vozidel. **Upozornění: Parametry některých těchto vozidel jsou stanoveny odhadem a nemusí odpovídat reálným hodnotám!**



Obr. 4 Dialogové okno správce vozidel.



Obr. 5 Dialogové okno pro úpravu parametrů hnacích vozidel.



Obr. 6 Dialogové okno pro úpravu parametrů tažených vozidel.

V případě hnacích vozidel jsou pak nad rámec výše uvedených obecných parametrů definovány ještě trakční parametry, které zahrnují:

- *počet hnacích dvojkolí vozidla*;
- (trvalý) *výkon hnacího vozidla* v kW;
- *maximální tažnou sílu hnacího vozidla* v kN;

- binární informace o tom, zda se jedná o *vozidlo závislé či nezávislé trakce* (zaškrtávací políčko „**`Závislá (elektrická) trakce`**“);
- v případě, že jde o vozidlo závislé trakce, tak dále informace o době (v sekundách), jež uplyne od okamžiku opuštění úseku bez elektrického napájení do doby, kdy vozidlo opět může vyvíjet tažnou sílu (údaj „**`Čas pro obnovení vyvíjení Fok`**“);
- *trakční charakteristiku hnacího vozidla*, kterou je možné definovat dvěma způsoby:
  - buď jako ideální (teoretickou) trakční charakteristiku, která je dána jako:

$$F_{ok} = \min\left(F_{max}; \frac{3{,}6 \cdot P_{max}}{V}\right), \tag{5}$$

    kde F_{max} je maximální tažná síla v kN (viz výše) a P_{max} je maximální (trvalý) výkon hnacího vozidla v kW a V je aktuální rychlost jízdy v km/h (shora omezená maximální rychlostí jízdy vozidla), přičemž výsledná tažná síla F_{ok} vychází v kN,
  - nebo jako soubor souřadnic $[V; F_{ok}]$, jež přímo definují trakční charakteristiku a mezi kterými je průběh síly F_{ok} v závislosti na rychlosti V aproximován lineární interpolací.

V rámci editoru hnacích vozidel je v pravé dolní části dialogového okna zobrazena trakční charakteristika spolu s charakteristikou (absolutního) vozidlového odporu v grafické podobě. Tato charakteristika obsahuje omezení trakčním výkonem (oranžová ideální trakční hyperbola „**`Fp`**“), zadanou maximální tažnou silou (fialová čára „**`Fmax`**“), definované adhezní omezení tažné síly (zelená čára „**`Fad`**“, viz též kap. 3.2.4) a je-li zadána, tak i souřadnicemi definovanou trakční charakteristiku (modrá čára „**`Fok`**“). Charakteristika vozidlového odporu (červená parabola „**`Ov`**“) je zde určena přepočtem z definovaných koeficientů a, b, c vzorce měrného vozidlového odporu o_v (viz vztah (4))[10]:

$$O_v = M \cdot g \cdot (a + b \cdot V + c \cdot V^2), \tag{6}$$

přičemž výsledná hodnota vozidlového odporu, vypočteného podle vztahu (6), je v newtonech, M je hmotnost vozidla v tunách a konstanta g představuje tíhové zrychlení.

3.2.3 Definice souprav

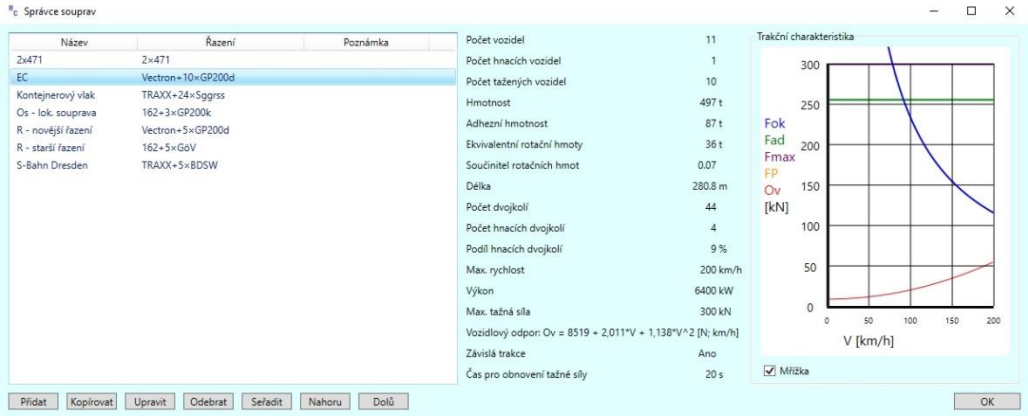
Definice jednotlivých vlakových souprav se provádí s využitím **správce souprav**, který lze spustit kliknutím na nabídku „**`Soupravy`**“ v hlavním menu základního uživatelského rozhraní. Při požadavku na spuštění správce souprav se tento otevře v novém okně (viz obr. 7), které má následující strukturu:

- tabulka v levé části obsahuje seznam již definovaných souprav[11]. V této tabulce je vždy uveden název soupravy a její řazení, případně i poznámka;
- ve střední části se zobrazují základní parametry vybrané soupravy;
- v pravé části se v grafické podobě zobrazuje trakční charakteristika a charakteristika (absolutního) vozidlového odporu vybrané soupravy;
- v dolní části jsou tlačítka pro práci s jednotlivými soupravami.

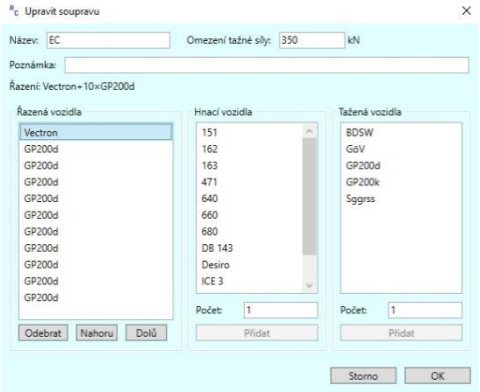
[10] V případě přepočtu měrného vozidlového odporu na odpor absolutní je zde uvažována hodnota tunelového faktoru τ = = 1, odpovídající jízdě vozidla otevřenou krajinou.

[11] Při prvním spuštění programu obsahuje správce souprav opět několik defaultně předdefinovaných souprav vlaků.

S databází souprav je opět možné intuitivně pracovat pomocí tlačítek pod seznamem. Z hlediska praktického použití jsou zřejmě nejvýznamnější možnosti „**`Přidat`**“ (případně „**`Kopírovat`**“) a „**`Upravit`**“, které umožňují definovat nové soupravy (kompletně, případně úpravou kopie stávající soupravy), resp. editovat parametry souprav již existujících.



Obr. 7 Dialogové okno správce souprav.



Obr. 8 Dialogové okno pro úpravu složení souprav.

Podoba dialogového okna pro definici a úpravu složení souprav je znázorněna na obr. 8. V horní části okna je vždy potřeba definovat:

- *název soupravy*, sloužící pro identifikaci;
- *omezení tažné síly*[12];
- volitelně je možné zadat i poznámku.

V horní části okna se rovněž nachází zápis aktuálního řazení pro lepší přehled u delších souprav. Levá část editoru souprav pak obsahuje aktuální sestavu definované (resp. upravované) soupravy, do níž lze přidávat hnací a/nebo tažená vozidla ze seznamů v pravé části okna. Dosud nedefinovaná vozidla je přitom nutné nejdříve vytvořit prostřednictvím správce vozidel (viz kap. 3.2.2). V případě potřeby lze samozřejmě již vybraná vozidla ze soupravy rovněž odebírat, případně měnit jejich pořadí.

[12] Definovaná hodnota omezení tažné síly najde uplatnění zejména u souprav využívajících vícenásobnou trakci, u nichž je dovolený limit tažné síly nižší než součet tažných sil jednotlivých činných hnacích vozidel, řazených ve vlaku. Tuto hodnotu je však nutné definovat pro každou soupravu. Pokud se nemá toto omezení v trakčním výpočtu uplatnit, je potřeba zadat vyšší hodnotu, než kolik činí maximální tažná síla příslušného hnacího vozidla.

Potvrzením definice soupravy tlačítkem „**OK**“ se tato souprava uloží do databáze souprav a objeví se v příslušném seznamu ve správci souprav. Při výběru této soupravy v seznamu se ve střední části okna správce souprav zobrazí vybrané základní parametry; v pravé části okna pak příslušná trakční charakteristika soupravy spolu s charakteristikou vozidlového odporu celé soupravy. Bližší pozornost v tomto kontextu zaslouží zejména následující skutečnosti:

- v případě soupravy jsou veličiny *hmotnost*, *adhezní hmotnost*, *ekvivalentní rotační hmoty*, *délka*, *počet (hnacích) dvojkolí* a *výkon* stanoveny součtem příslušných hodnot těchto veličin pro jednotlivá vozidla, řazená do soupravy;
- *součinitel rotačních hmot* je pro soupravu vlaku stanoven pomocí vztahu:

$$\rho_{vl} = \frac{\sum_{(i)} M_{ri}}{M_{vl}}, \tag{7}$$

  kde čitatel představuje celkovou hmotnost ekvivalentních rotačních hmot celého vlaku a jmenovatel je celková hmotnost vlaku;
- *maximální rychlost* je stanovena jako minimální hodnota z maximálních rychlostí jednotlivých vozidel, řazených ve vlaku;
- *maximální tažná síla*, jež se pak zobrazuje v trakční charakteristice soupravy jako „**Fmax**“, je:
  - buď stanovena jako součet maximálních tažných sil hnacích vozidel, řazených ve vlaku,
  - nebo rovna hodnotě *omezení tažné síly*, definované pro danou soupravu (viz též výše);
- vzorec absolutního vozidlového odporu celé soupravy vlaku je stanoven jako součtový vzorec pro absolutní vozidlové odpory jednotlivých vozidel, řazených ve vlaku, přičemž jsou tyto dílčí vozidlové odpory stanoveny dle vztahu (6); grafická interpretace závislosti celkového vozidlového odporu vlaku na rychlosti jízdy je také vykreslena v trakční charakteristice (křivka „**Ov**“);
- definovaná souprava je považována za vlak nezávislé trakce jen v případě, že v ní není řazeno žádné vozidlo trakce závislé;
- je-li v definované soupravě řazeno více vozidel závislé trakce, je jako hodnota *času pro obnovení tažné síly* zobrazována největší z hodnot pro jednotlivá hnacích vozidla.

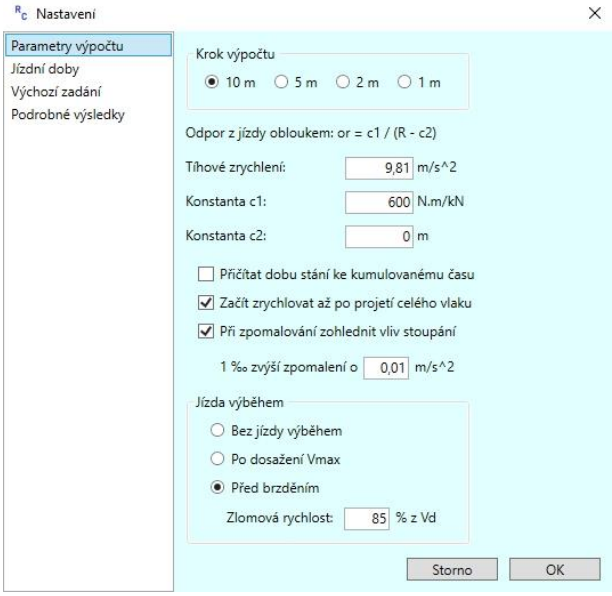
Za účelem zadání konkrétního vlaku pro potřeby konkrétního výpočtu pak slouží v základním uživatelském rozhraní oblast „**Definice vlaku**“, kde lze z příslušných rozbalovacích seznamů vybrat:

- buď předdefinovanou soupravu,
- nebo předdefinované samostatné hnací vozidlo.

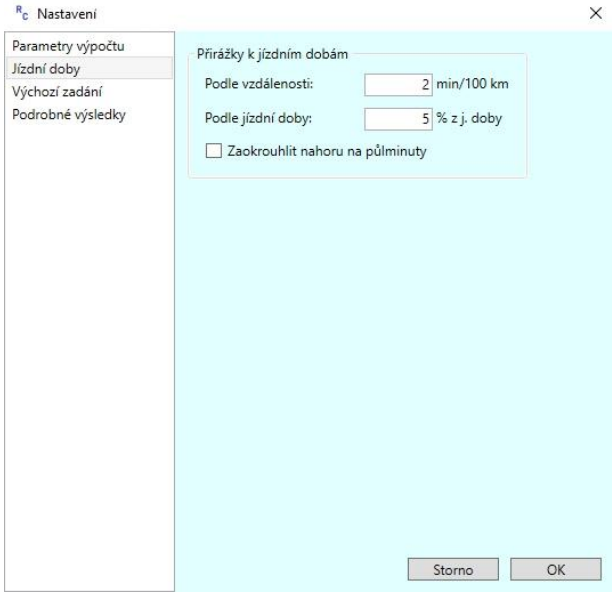
Kromě výběru vlaku slouží oblast „**Definice vlaku**“ též k nastavení některých dalších parametrů výpočtu, kterým je pozornost věnována dále.

3.2.4 Nastavení dalších parametrů výpočtu

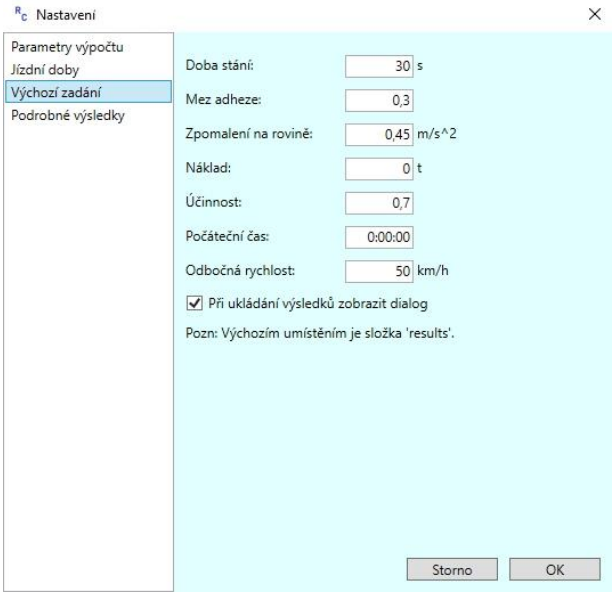
Před spuštěním výpočtu je nutné definovat kromě trati a soupravy vozidel i některé další parametry. K tomu primárně slouží dialogové okno „**Nastavení**“, dostupné kliknutím na nabídku „**Nastavení**“ v hlavním menu základního uživatelského rozhraní. Některé základní parametry výpočtu (tj. *mez adheze*, *zpomalení na rovině*, *hmotnost nákladu*, *účinnost*, *počáteční čas* a příp. i *omezení rychlosti*) lze následně upravovat i přímo v základním uživatelském rozhraní v oblasti „**Definice vlaku**“.



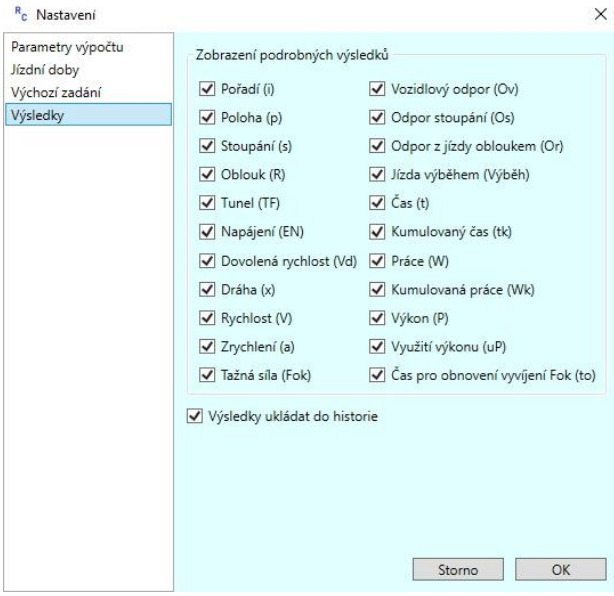
Obr. 9 Dialogové okno nastavení parametrů výpočtu.



Obr. 10 Dialogové okno nastavení výpočtu jízdních dob.



Obr. 11 Dialogové okno nastavení výchozího zadání.



Obr. 12 Dialogové okno nastavení výpisu výsledků.

V rámci dialogového okna „**`Nastavení`**“ lze v jeho levé části přepínat mezi čtyřmi sekcemi:

- nastavení *parametrů výpočtu* (obr. 9), v rámci kterého lze definovat, resp. upravit:
  - délku *kroku výpočtu* Δx pro numerické řešení pohybové rovnice vlaku (viz též kap. 2), přičemž je na výběr z hodnot 1, 2, 5 a 10 m;
  - hodnotu tíhového zrychlení g;
  - koeficienty c_1 a c_2 vzorce měrného (traťového) odporu z jízdy obloukem koleje, jenž je dán vztahem:

$$o_r = \frac{c_1}{R - c_2}, \tag{8}$$

kde poloměr oblouku R je uveden v metrech a hodnota měrného odporu z jízdy obloukem vychází v N/kN;

  - možnost započítávat dobu stání vlaku ve stanici či zastávce (viz dále) ke kumulovanému času, tedy k výsledné jízdní době;
  - možnost (ne)respektovat délku vlaku při zvyšování rychlosti po vjezdu vlaku do úseku s vyšší dovolenou rychlostí;
  - korekci hodnoty brzdného zpomalení v závislosti na hodnotě podélného sklonu, včetně kvantifikace tohoto vlivu (korekce zpomalení je udávána v $m \cdot s^{-2}$/‰);
  - podmínky jízdy vlaku výběhem, přičemž je možné:
    - zakázat jízdu vlaku výběhem, kdy vlak využívá – pokud mu to aktuální podmínky dovolují – maximální dovolenou rychlost v daném úseku až do okamžiku, kdy začíná brzdit (s definovanou hodnotou brzdného zpomalení);
    - definovat požadavek na jízdu vlaku výběhem vždy po dosažení nejvyšší dovolené rychlosti v daném úseku, přičemž výběh je uvažován – pokud tomu nebrání jiné okolnosti, například omezení traťové rychlosti – až do dosažení tzv. *zlomové rychlosti*, která je zadávána jako procentuální podíl z aktuální nejvyšší dovolené rychlosti;
    - definovat požadavek na jízdu vlaku výběhem vždy před brzděním, kdy zadaná hodnota tzv. *zlomové rychlosti* v tomto případě udává rychlost, při jejímž podkročení vlak brzdí definovanou hodnotou brzdného zpomalení (a výběh je tudíž realizován při rychlosti vyšší než tato *zlomová rychlost*);
- nastavení výpočtu *jízdních dob* (obr. 10), v rámci kterého lze definovat, resp. upravit:
  - parametry výpočtu přirážek k jízdním dobám, které se pak při požadavku na zohlednění připočítávají k výsledným jízdním dobám. V souladu s požadavky vyhlášky UIC 451-1 [4] jsou tyto přirážky definovány v závislosti na ujeté vzdálenosti a/nebo jako procento z jízdní doby;
  - požadavek na (ne)zaokrouhlování výsledných jízdních dob na půlminuty;
- nastavení *výchozího zadání* parametrů výpočtu (obr. 11), v rámci kterého je možné definovat defaultní hodnoty těchto parametrů:
  - *doba stání* ve stanici/zastávce, přičemž platí, že tato hodnota se po zavření okna dosadí do všech hodnot v seznamu stanic, je-li aktuálně vybrána trať;
  - *mez adheze* μ_0, omezující maximální (adhezní) tažnou sílu hnacích vozidel dle vztahu:

$$F_{ad} = \mu_0 \cdot \frac{n_h}{n_d} \cdot M_v \cdot g, \tag{9}$$

    kde M_v je hmotnost vozidla v tunách, n_d je celkový počet dvojkolí hnacího vozidla, n_h je počet hnacích dvojkolí hnacího vozidla a g je tíhové zrychlení[13];
  - hodnota brzdného *zpomalení na rovině*, kterou je dále možné korigovat s ohledem na aktuální sklon koleje (viz výše uvedené nastavení parametrů výpočtu);
  - hmotnost *nákladu*, jež je v případě zadání nenulové hodnoty přičtena k hmotnosti vlaku, přičemž je uvažováno její rovnoměrné rozdělení po délce vlaku;

[13] Toto adhezní omezení tažné síly hnacího vozidla na obvodu kol je znázorněno také v trakční charakteristice příslušného hnacího vozidla (viz kap. 3.2.2).

  - *účinnost* η, jež se využívá k přepočtu výsledné (kumulované) trakční práce W_k na spotřebu energie E dle vztahu:

$$E = \frac{1}{\eta} \cdot W_k; \tag{10}$$

  - *počáteční čas*, který lze využít při výpočtu jízdních dob, resp. jízdního řádu vlaku;
  - tzv. *odbočná rychlost*, která udává defaultní hodnotu rychlosti jízdy odbočkou a která se uplatňuje při definici stanic v editoru tratí (viz též kap. 3.2.1);
  - (ne)možnost volby názvu a umístění souborů s výsledky výpočtů při jejich exportu[14];
- nastavení *podrobnosti výsledků* v rámci jejich výpisu (obr. 12), v rámci kterého lze specifikovat rozsah výpisu výsledků; konkrétně mohou být vypisovány tyto veličiny:
  - i – pořadí záznamu, resp. segmentu;
  - p [km] – kilometrická poloha na trati v daném místě, resp. na počátku segmentu;
  - s [‰] – podélný sklon trati, tedy hodnota stoupání (+), resp. klesání (−);
  - R [m] – poloměr oblouku[15];
  - TF – bezrozměrná hodnota tunelového faktoru[16];
  - EN – binární proměnná, definující dostupnost (`1`), resp. nedostupnost (`0`) elektrického napájení v daném místě;
  - V_d [km/h] – nejvyšší dovolená rychlost, určující aktuální statický rychlostní profil;
  - x [m] – celková ujetá dráha, vztažená v daném místě k čelu vlaku;
  - V [km/h] – aktuální rychlost jízdy vlaku v daném místě;
  - a [m/s^2] – aktuální hodnota zrychlení vlaku v daném místě;
  - F_{ok} [kN] – aktuální celková hodnota tažné (+), resp. brzdné (−) síly na obvodu kol;
  - O_v [kN] – aktuální celková hodnota vozidlového odporu vlaku (se zohledněním případného vlivu tunelu na aerodynamický odpor);
  - O_s [kN] – celková hodnota traťového odporu ze sklonu;
  - O_r [kN] – celková hodnota traťového odporu z jízdy obloukem;
  - $Výběh$ – binární proměnná, označující oblast jízdy výběhem (`1`);
  - t [s] – přírůstek času, potřebného k projetí příslušného segmentu;
  - t_k [s] – kumulovaný čas, tj. celkový čas od počátku výpočtu, do něhož mohou být případně započteny i doby nácestných pobytů;
  - W [Wh] – přírůstek trakční práce tažné síly při projetí příslušného segmentu;
  - W_k [Wh] – kumulovaná trakční práce, vykonaná tažnou silou od počátku výpočtu;
  - P [kW] – hodnota celkového aktuálně využívaného trakčního výkonu;
  - u_P [%] – hodnota aktuálního procentuálního využití maximálního trakčního výkonu;
  - t_o [s] – čas pro obnovení vyvíjení tažné síly – je uváděn čas, který uplynul od vjezdu do oblasti s dostupným napájením, maximálně však hodnota odpovídající mírnému přesahu definované hodnoty pro dané hnací vozidlo.

---

[14] Defaultně jsou výsledky ukládány pod předdefinovaným názvem souboru do složky „`/results`“ (viz též kap. 3.4).

[15] Nekonečná hodnota poloměru oblouku se nezobrazuje; přímou kolej značí hodnota R = 0 m.

[16] Širou trať (mimo tunel) značí hodnota TF = 1.

Dále lze v rámci definice podrobnosti výsledků nastavit, zda se mají výsledky ukládat do historie. Výše uvedené nastavení podrobnosti výsledků však platí jen pro jejich výpis; v případě jejich ukládání (viz kap. 3.4) se vždy uloží všechny (výše uvedené) veličiny.

Jak již bylo zmíněno v úvodu této sekce, některé důležité parametry je možné před spuštěním samotného výpočtu ještě změnit přímo v základním uživatelském rozhraní programu v oblasti „**`Definice vlaku`**“, aniž by bylo nutné zasahovat do dialogového okna „**`Nastavení`**“. Do výpočtu pak vstupují právě hodnoty parametrů, které jsou specifikovány v rámci „**`Definice vlaku`**“. Kromě zmíněných parametrů je zde možné dodefinovat také *omezení rychlosti vlaku*, které platí v celém vyšetřovaném úseku. Poslední volbou, kterou je nutné provést před spuštěním výpočtu, je výběr statického rychlostního profilu, kterým se má vlak řídit (a který je definován v rámci tvorby trati – viz kap. 3.2.1). To lze provést zaškrtnutím příslušné volby v oblasti „**`Rychlostníky`**“ v základním uživatelském rozhraní.

3.3 Numerická simulace jízdy vlaku

Spuštění samotné simulace jízdy vlaku lze po zadání všech potřebných vstupních dat provést stiskem tlačítka „**`Vypočítat`**“. Pokud nedojde při běhu programu k chybě (např. v důsledku zadání nesmyslných dat), je po stisknutí tohoto tlačítka vypočten tachogram a také údaje o jízdních dobách a spotřebě trakční energie.

Samotný algoritmus v principu funguje tak, že jsou nejdříve vypočteny **brzdné křivky**, tj. tachogramy odpovídající poklesu rychlosti vyšetřovaného vlaku k jednotlivým místům zastavení nebo k místům omezení dovolené rychlosti. Tyto křivky jsou definovány zadanou hodnotou brzdného zpomalení, jež může být korigováno s ohledem na aktuální sklonové poměry na trati (viz kap. 3.2.4). Následně jsou vypočteny **rozjezdové křivky**, tj. tachogramy odpovídající rozjezdům za podmínky plného využití trakční charakteristiky, příp. jinak definovaných omezení tažné síly, a zároveň jsou ověřovány podmínky udržování konstantní (maximální) rychlosti jízdy těch úsecích, kde nedochází ani k rozjezdu, ani k brzdění. Jsou-li u hnacích vozidel závislé trakce definovány nenulové časy do obnovení vyvíjení tažné síly (viz kap. 3.2.2) a/nebo jsou definována kritéria pro jízdu vlaku výběhem (viz kap. 3.2.4), je v příslušných úsecích jízda vlaku výběhem zohledněna ve výpočtu. Výsledný **tachogram** je následně stanoven tak, že v každém místě je vybrána rychlost, která odpovídá nejníže položené z výše uvedených křivek.

Na základě výpočtu tachogramu lze stanovit **jízdní doby** (dílčí i celkovou) a **údaje o spotřebě energie**. V paměti jsou však uchovávány všechny veličiny figurující v pohybové rovnici vlaku (1), a to s krokem Δx odpovídajícím zvolenému kroku řešení (viz též kap. 3.2.4).

Přestože program RailCalc 2.0 využívá pro řešení zadaných úloh numerickou integraci pohybové rovnice vlaku (1), která popisuje vlak jakožto mechanický model o jediném stupni volnosti, může být při výpočtech zohledněna délka vlaku, a to v tomto smyslu:

- hmotnost vlaku uvažována jako rovnoměrně rozložená po délce vlaku, což má vliv na průběh traťového odporu ze sklonu koleje při změně sklonových poměrů;
- odpor z jízdy obloukem se uplatňuje pouze na tu část vlaku, která se nachází v oblouku (opět za předpokladu rovnoměrného rozložení hmotnosti vlaku po jeho délce);

- zvýšený aerodynamický odpor v důsledku jízdy tunelem se uplatňuje od okamžiku vjetí čela vlaku do tunelu do doby opuštění tunelu čelem vlaku;
- pokud je to požadováno, dochází ke zrychlování vlaku až tehdy, když místem s nižší dovolenou rychlostí projede celý vlak.

Upozornění:
Program RailCalc 2.0 nedokáže vždy odhalit nesmyslná vstupní data, a proto může při jejich zadání dojít buď k chybě při spuštění výpočtu, nebo k získání nesmyslných výsledků. Proto není garantována správnost výsledků získaných s využitím programu RailCalc 2.0 a s ohledem na určení softwaru výhradně pro nekomerční použití není standardně poskytována uživatelská podpora.

3.4 Výsledky provedených výpočtů a možnosti jejich exportu

Základní výsledky provedených výpočtů se ihned po skončení výpočtu zobrazují v základním uživatelském rozhraní programu RailCalc 2.0 (viz obr. 1). Struktura zobrazených dat je přitom následující:

- v jednotlivých textových polích pod tlačítkem „**`Vypočítat`**“ se zobrazují údaje:
  - celková *jízdní doba* ve formátu `h:mm:ss`;
  - celková *spotřeba energie* v kWh;
  - dosažená *maximální rychlost* v celém vyšetřovaném úseku;
  - *technická rychlost* jakožto podíl ujeté dráhy a celkové doby jízdy (tedy bez započtení doby nácestných pobytů ve stanicích a zastávkách);
  - *cestovní rychlost* jakožto podíl ujeté dráhy a cestovní doby (tedy celkové doby jízdy po započtení doby nácestných pobytů ve stanicích a zastávkách);
- v tabulce v pravé části okna jsou vypsány vypočtené údaje pro jednotlivé mezistaniční úseky ve vyšetřovaném traťovém úseku, konkrétně:
  - názvy jednotlivých stanic/zastávek/odboček;
  - čas příjezdu a čas odjezdu v jednotlivých místech zastavení, příp. čas průjezdu[17];
  - veličina *stav*, uvádějící, zda vlak v definovaném místě zastavuje („`Z`“), nebo zda projíždí („`P`“)[18];
  - dílčí *jízdní doby* v příslušných dílčích úsecích;
  - dílčí hodnoty *spotřeby energie* v příslušných dílčích úsecích;
  - průměrná (technická) *rychlost* v příslušných dílčích úsecích;
- v dolní části okna základního uživatelského rozhraní se v základním režimu zobrazuje **dráhový tachogram**, tedy vypočtená závislost rychlosti jízdy na ujeté dráze, resp. na poloze čela vlaku na trati. Tento graf může být volitelně doplněn o zobrazení statického rychlostního profilu (viz

[17] Počáteční čas (tzn. čas odjezdu z první stanice/zastávky) je možné definovat v rámci „**`Nastavení`**“ (viz též kap. 3.2.4); defaultně je přednastavena hodnota 0:00:00.

[18] S touto charakteristikou je spojen význam zaškrtávacího pole „**`Zobrazit průjezdy`**“, které se nachází v oblasti pod souhrnnými výsledky ve střední části okna. Není-li pole zaškrtnuto, jsou v tabulce zobrazovány pouze ty stanice/zastávky, kde vyšetřovaný vlak zastavuje. Při zaškrtnutí tohoto políčka se pak zobrazí i časy průjezdu ve stanicích/zastávkách, v nichž vlak nezastavuje.

příslušné zaškrtávací políčko v oblasti „**Graf**“ nad grafem samotným) a vodorovnou mřížkou. Kromě tachogramu však tento graf umožňuje zobrazení průběhu dalších veličin, a to:

- okamžitého *zrychlení*;
- trakčního *výkonu*;
- *působících sil*, konkrétně:
  - celkové síly na obvodu kol „**Fok**“ (zelená křivka) – v případě kladných hodnot jde o sílu tažnou, v případě hodnot záporných o sílu brzdnou;
  - celkového vozidlového odporu vlaku „**Ov**“ (červená křivka) – záporné znaménko vyjadřuje působení proti pohybu vlaku. Tento odpor zahrnuje i vliv tunelů na aerodynamický odpor (viz též vztah (4));
  - celkového odporu ze sklonu koleje „**Os**“ (hnědá čára) – záporné znaménko značí stoupání (působení proti pohybu vlaku), kladné znaménko naopak klesání;
  - celkového odporu z jízdy vlaku obloukem „**Or**“ (fialová křivka) – záporné znaménko opět vyjadřuje působení proti pohybu vlaku.

Dále je možné v oblasti pod základními výsledky ve střední části okna základního uživatelského rozhraní zaškrtnout volbu „**Přirážky k j. dobám**“. Je-li příslušné políčko zaškrtnuto, jsou výsledky v tabulce v pravé části okna, stejně jako základní výsledky výpočtu (tj. celková jízdní doba a technická i cestovní rychlost) zkorigovány zavedením přirážek k jízdním dobám. Tyto přirážky se definují v rámci nastavení výpočtu jízdních dob (viz též kap. 3.2.4).

V případě, že **vlak není schopen trať projet celou** (např. z důvodu uváznutí vlaku v kritickém stoupání nebo při požadavku jízdy soupravy závislé trakce na neelektrizované trati), objeví se v oblasti určené pro zobrazení tachogramu hláška: „`Chyba: vlak není schopen vyjet tuto trať.`“

Kromě výsledků základních je možné zobrazit i **podrobné výsledky**. Jejich rozsah je možné definovat v příslušném dialogovém okně v rámci „**Nastavení**“ (viz kap. 3.2.4) a jde o výpis požadovaných veličin s definovaným krokem výpočtu. Tyto podrobné výsledky jsou dostupné v samostatném okně stiskem tlačítka „**Podrobné výsledky**“, které se nachází ve střední části základního uživatelského rozhraní. Tyto výsledky lze zobrazit i v případech, kdy vlak není schopen projet celou trať (například v důsledku uváznutí), a tudíž jsou použitelné pro analýzu příčin takových případů.

Pro další práci s výsledky provedených výpočtů je možné využít **export výsledků**. Ten lze provést příslušnou volbou v nabídce „**Uložit výsledky**“ v hlavním menu základního uživatelského rozhraní v případě, že výpočet úspěšně proběhne až do konce. Přitom je možné vybrat:

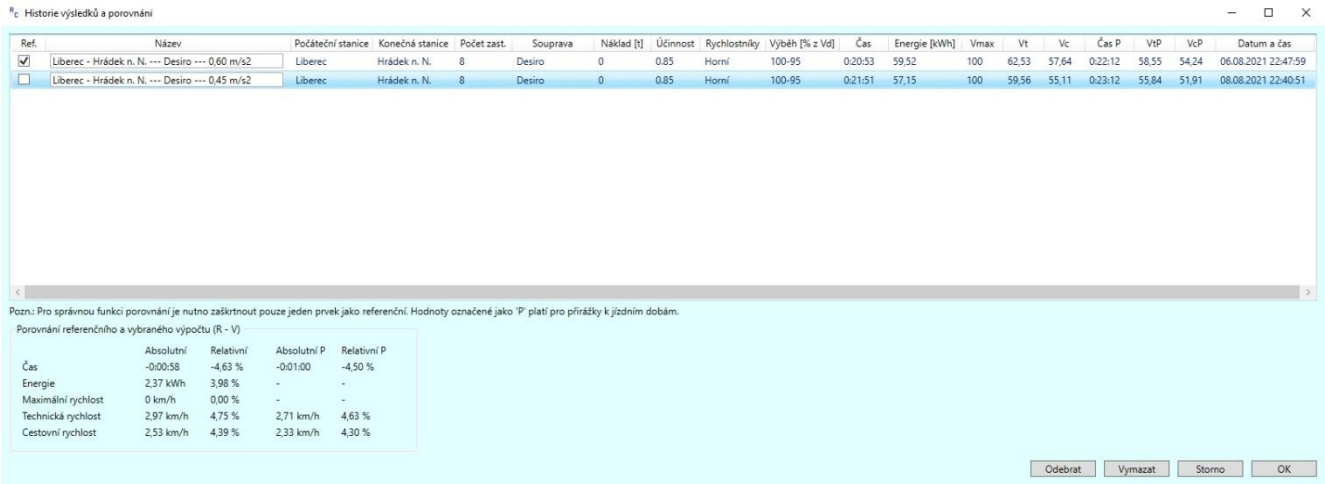
- *export základních výsledků*, kterým se do textového souboru zadaného názvu uloží základní parametry provedeného výpočtu (informace o trati, počtu zastávek, složení vlaku, rychlostním profilu atd.) a dále základní výsledky, které se zobrazují i přímo v základním uživatelském rozhraní (jízdní doba, spotřeba energie a dále maximální, technická a cestovní rychlost);
- *export výsledků pro jednotlivé mezistaniční úseky*, pomocí kterého je možné do tabulky ve formátu `*.csv` uložit údaje, jež jsou zobrazovány v tabulce v pravé části základního uživatelského rozhraní programu. Při tomto exportu je také možné zvolit, zda mají být do těchto výsledků

zahrnuty přirážky k jízdním dobám a jestli mají být zobrazovány i časy průjezdů ve stanicích a zastávkách, kde vlak nezastavuje;

- *export podrobných výsledků*, kterým lze uložit do tabulky ve formátu `*.csv` výpis průběhů všech relevantních veličin (viz též kap. 3.2.4), a to s dráhovým krokem odpovídajícím zvolené délce segmentu, resp. délce kroku numerického výpočtu Δx.

Exportované výsledky jsou standardně ukládány do složky „**`/results`**“, a to pod názvem, obsahujícím označení vyšetřované trati a uvažovaného vozidla, resp. soupravy, a také rozlišení typu výstupního souboru – *základní výsledky*: „`*_zv`“; *mezistaniční úseky*: „`*_mu`“, „`*_pu`“ (s časy průjezdů), „`*_mup`“ (s přirážkami) nebo „`*_pup`“ (s časy průjezdů a s přirážkami); *podrobné výsledky*: „`*_pv`“. Je-li to však povoleno v rámci nastavení programu (viz kap. 3.2.4, obr. 11), zobrazí se před samotným exportem výsledků dialogové okno, kde je možné jak název souboru, tak i cílovou složku změnit.

Poslední volba, které zde dosud nebyla věnována pozornost, je **historie výsledků**, umožňující kromě záznamu provedených výpočtů také porovnávání různých variant výpočtů, které se typicky vzájemně liší v některých svých parametrech. Tato součást je dostupná v hlavním uživatelském rozhraní programu nabídkou „**`Historie`**“. Dialogové okno historie výsledků a porovnání je zobrazeno na obr. 13 a obsahuje tabulku se záznamy provedených výpočtů, ve které jsou uvedeny základní parametry těchto výpočtů (název, počáteční a konečná stanice, počet zastavení, složení soupravy, hmotnost nákladu, účinnost, rychlostní profil, nastavení jízdy výběhem), jejich základní výsledky a dále datum a čas provedení výpočtu**. Porovnávání výsledků výpočtů** je možné provést tak, že se jeden výpočet označí jako referenční (zaškrtnutím příslušného políčka) a poté se vybere výpočet jiný. V oblasti pod seznamem se tak vypočítají absolutní a relativní odchylky základních výsledků referenčního a vybraného scénáře. Kromě toho je možné v tomto dialogovém okně odebírat záznamy z historie („**`Odebrat`**“), případně tuto historii zcela smazat („**`Vymazat`**“); u jednotlivých záznamů rovněž může být měněn jejich název.



Obr. 13 Dialogové okno historie výsledků a porovnání.

Literatura

[1] FIŠR, Z.: *Program pro výpočet jízdních dob a spotřeby trakční energie*. Bakalářská práce. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2020.

[2] MICHÁLEK, T. – ZELENKA, J.: *Trakční mechanika*. 1. vydání, 104 s. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2018. ISBN 978-80-7560-175-9.

[3] MICHÁLEK, T. – ŘEZNÍČEK, J.: *Rozbor vlivu odporu z jízdy tunelem na výsledky trakčních výpočtů*. In: *Vědeckotechnický sborník Správy železnic* č. 4/2021, s. 84–107. ISSN 2694-9172. Dostupné z: https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/135082601/Rozbor+vlivu+odporu+z+jízdy+tunelem+na+výsledky+trakčních+výpočtů.pdf [cit. 2021-08-08].

[4] *UIC-Kodex 451-1. In den Fahrplänen vorzusehende Fahrzeitzuschläge, um die pünktliche Betriebsabwicklung zu gewährleisten – Fahrzeitzuschläge*. 4. Ausgabe, Dezember 2000. ISBN 2-7461-0222-6.

Příloha: Licenční podmínky pro užití programu RailCalc 2.0

I. Úvodní ustanovení

1. Počítačový program RailCalc 2.0 (dále jen „software“) Univerzity Pardubice (dále jen „poskytovatel“) je chráněn autorským zákonem.
2. Software je výsledkem řešení projektu Studentské grantové soutěže Univerzity Pardubice ev. č. SGS_2021_010 „*Vybrané aspekty z oblasti dopravních prostředků a infrastruktury řešené na DFJP*“ v roce 2021.
3. Tyto licenční podmínky stanoví, za jakých podmínek může uživatel software užívat.

II. Uživatel

1. Uživatelem softwaru může být student nebo zaměstnanec vysoké nebo střední školy v České republice. Software je dostupný po přihlášení prostřednictvím intranetu poskytovatele, případně prostřednictvím webových stránek poskytovatele, a to na univerzitních i soukromých zařízeních.
2. V případě, že zájemce nemá k software přístup, kontaktuje správce software na e-mailu: tomas.michalek@upce.cz, který mu v případě splnění podmínek umožní přístup k software a jeho užívání.

III. Práva a povinnosti uživatele

1. Uživatel je oprávněn užívat software v souladu s těmito licenčními podmínkami a právními předpisy bezúplatně.
2. Uživatel není oprávněn užívat software k jakýmkoliv komerčním účelům.
3. Uživatel není oprávněn software pronajímat, půjčovat nebo jiným způsobem umožnit třetím osobám jeho využití, provádět změny v software, upravovat ho nebo z něj odstranit informaci o autorských právech poskytovatele.
4. Software je poskytován tak, jak je. Uživatel nemá právo na poskytnutí technické nebo uživatelské podpory.

IV. Práva a povinnosti poskytovatele

1. Poskytovatel neodpovídá za to, že software odpovídá svojí jakostí a provedením účelům, jež jsou uvedeny v dokumentaci, která je součástí dodávky software.
2. Poskytovatel neodpovídá za poškození, ztrátu nebo zničení dat, software a hardware způsobené nesprávným užitím nebo nedbalostí uživatele.

3. Zjistí-li poskytovatel vadu software, která může způsobit poškození nebo zničení dat, software nebo hardware nebo může chybnou interpretací dat uvést uživatele v omyl, poskytne takovou informaci na svých webových stránkách. Pokud tak ale neučiní, nenese odpovědnost za škody, které uživateli v důsledku takové vady vznikly.
4. Poskytovatel nepřejímá odpovědnost za vady propojení software s počítačovými programy jiných poskytovatelů způsobené nesouladem verzí a nesprávnou konfigurací.
5. Poskytovatel nenese odpovědnost za správnost výpočtů prováděných software.
6. Poskytovatel je oprávněn po dohodě s uživatelem využívat vzdálené připojení pro instalaci a řešení nestandardních situací.

V. Doba trvání licence, porušení licenčních podmínek

1. Licence k software je uživateli poskytována na dobu neurčitou, není-li smluvně domluveno jinak.
2. Instalací aktuální verze software jsou původní licenční podmínky nahrazeny aktuálně platnými licenčními podmínkami poskytovatele.
3. Poskytovatel je oprávněn odstoupit od licenční smlouvy v případě, že uživatel:
   a) neoprávněně pořídí rozmnoženinu software v jakékoli formě, trvalou nebo dočasnou,
   b) provede neoprávněný překlad, zpracování, úpravu či jinou změnu software,
   c) umožní užití software další osobě, včetně pronájmu a půjčování,
   d) neoprávněně využije jakoukoli znalost o myšlenkách a postupech, struktuře, algoritmu nebo použitých metodách, na nichž je software založen nebo které obsahuje, nebo je sdělí jiné osobě,
   e) poruší ustanovení autorského zákona jiným způsobem.
4. V případě zániku smluvního vztahu nevznikají uživateli žádné nároky související s ukončením smluvního vztahu a nemožností nadále užívat software.

VI. Závěrečná ustanovení

1. Licenční podmínky se řídí autorským zákonem a občanským zákoníkem.
2. Licenční podmínky platí přiměřeně i pro dokumentaci k software.