

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Martin Chýle
DVOUZDROJOVÉ LOKOMOTIVY
PRO NÁKLADNÍ VLAKY

Bakalářská práce

2019



K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Martin Chýle

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LOG – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Dvouzdrojové lokomotivy pro nákladní vlaky**

Název tématu (anglicky): Dual-source locomotives for freight trains

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Princip dvouzdrojových nákladních lokomotiv, vývoj provozu v ČR
- Kategorizace dvouzdrojových nákladních lokomotiv
- Analýza současného a potenciálního nasazení
- Odhad možných úspor a doporučení způsobu nasazení



- Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucí bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Molková, T. a kol.: Kapacita žel. tratí. UPce, 2010
SŽDC, s.o.: Sbírka služeb. pomůcek pro JŘ 2017/2018

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Drábek, Ph.D.**
Ing. Zdeněk Michl

Datum zadání bakalářské práce: **30. června 2018**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **26. srpna 2019**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Martin Chýle
jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. června 2018

Poděkování

Hlavní poděkování patří vedoucím bakalářské práce Ing. Michalu Drábkovi, Ph.D., a Ing. Zdeňku Michlovi za odborné vedení práce, množství rad a konzultací, které mi byly při tvorbě práce velice nápomocny. Zvláštní poděkování náleží Ing. Jiřímu Pohlovi ze společnosti Siemens Česká republika za cenné rady a připomínky z praktického provozu a pomoc při výpočtech v praktické části práce. Poděkování patří i všem kolegům ze školy a vlastní rodině, která mě při studiu a tvorbě bakalářské práce podporovala.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 19. 8. 2019


.....
podpis

ABSTRAKT

Tato práce je zaměřena na představení vývoje dvouzdrojových lokomotiv a srovnání s konvenčními lokomotivami, především dielelektrickými. Dále jsou na příkladech z praktického provozu nákladních vlaků vyjádřeny rozdíly v nákladech na provoz dvouzdrojové a konvenční lokomotivy, včetně výhod a nevýhod jejich využití. V závěru práce jsou zhodnoceny ekonomické a další přínosy dvouzdrojových lokomotiv a doporučení jejich vhodného nasazení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dieselová lokomotiva, dvouzdrojová lokomotiva, ekonomika provozu, nákladní doprava, nákladní vlak, železniční doprava

ABSTRACT

This thesis focuses on development of dual-mode locomotives and comparison with conventional locomotives, especially diesel-electric. On the examples from real operation, the calculation of operating costs for both types of locomotives was made. In the next part of the thesis, the advantages and disadvantages of using dual-mode locomotives are mentioned. The last part is evaluation of benefits of dual-mode locomotives and suggestion of optimal deployment.

KEYWORDS

Diesel locomotive, dual-mode locomotive, economy of traffic, freight train, freight transport, railway transport

Obsah

Obsah	5
Seznam použitých zkratk	7
1 Úvod	8
2 Historie a princip dvouzdrojových lokomotiv	9
2.1 Princip dvouzdrojového vozidla	9
2.2 Historie v celosvětovém kontextu	9
2.2.1 EMD FL9 & Baldwin RP-210 (USA)	9
2.2.2 Class 73 & 74 (Velká Británie)	11
2.2.3 GE P32AC-DM & EMD DM30AC (USA)	11
2.2.4 Bombardier ALP-45DP (USA & Kanada)	12
2.2.5 Tem I, II a III (Švýcarsko)	14
2.2.6 Eem 923 (Švýcarsko)	15
3 Kategorizace dvouzdrojových lokomotiv a vývoj na území ČR	16
3.1 Kombinace elektrické a pomocné diesellové lokomotivy	16
3.1.1 Úvod	16
3.1.2 Praktické využití	16
3.1.3 Zhodnocení	19
3.2 Dieselakumulátorová lokomotiva	19
3.2.1 Úvod	19
3.2.2 Technické řešení	19
3.2.3 Zkušební provoz	20
3.2.4 Zhodnocení	20
3.3 Elektrická lokomotiva s bateriovým vozem	20
3.3.1 Úvod	20
3.3.2 Technické řešení	21
3.3.3 Vývoj a provoz	21
3.3.4 Zhodnocení	23
3.4 Elektrická lokomotiva s pomocným dieselagregátem	24

3.4.1	Úvod	24
3.4.2	Technické řešení	24
3.4.3	Vývoj a provoz	25
3.4.4	Zhodnocení	26
3.5	Elektrická lokomotiva s pomocnými bateriemi	26
3.5.1	Motivace	26
4	Analýza současného a potenciálního nasazení	27
4.1	Příklady vhodného nasazení	27
4.2	Současnost	28
4.3	Potenciální nasazení	28
5	Odhad možných úspor a doporučení způsobu nasazení	31
5.1	Úvod	31
5.2	Význam sloupců ve výpočetních tabulkách (přílohy)	34
5.3	Manipulační vlak Vranovice – Břeclav – Moravský Písek	35
5.4	Manipulační vlak Karlovy Vary – Stráž nad Ohří	41
5.5	Shrnutí ekonomických a dalších přínosů dvouzdrojových lokomotiv	44
6	Závěr	46
	Seznam použité literatury	47
	Seznam příloh	49

Seznam použitých zkratek

ACMV	Ateliers de constructions mécaniques de Vevey
AG	Aktiengesellschaft (Akciová společnost)
BHP	brake horse power (výkon na brzdě)
ČD	České dráhy, a.s.
ČDC	ČD Cargo, a.s.
ČKD	ČKD Praha, oborový podnik
ČR	Česká republika
ČSD	Československé státní dráhy
DKV	Depo kolejových vozidel
EMD	General Electric Electro-Motive Division
GVD	grafikon vlakové dopravy
HV	hnací vozidlo
LD	lokomotivní depo
LIAZ	Liberecké automobilové závody, n.p.
LIRR	Long Island Rail Road
LTO	lithium-titanate oxide (lithium-titanátový akumulátor)
Mn	manipulační nákladní vlak
mph	miles per hour (míle za hodinu)
Nex	nákladní expres
NYC	New York Central Railroad
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
PJ	provozní jednotka
Pn	průběžný nákladní vlak
PP	provozní pracoviště
PTZ	pevné trakční zařízení
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SLM	Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik
SOKV	Středisko oprav kolejových vozidel
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, s.o.
Škoda	Škoda Plzeň, závod Elektrické lokomotivy (dnes Škoda Transportation, a.s.)

1 Úvod

Železniční nákladní doprava je odvětvím, jež vyžaduje řadu složitých technologických postupů, výrobků a mechanismů, které mají sloužit k úspěšnému splnění úkolu – převozu nákladu z bodu A do bodu B. Jedním z nejdůležitějších strojů, které se při tomto procesu uplatňují, jsou bezpochyby vhodné lokomotivy. Patří mezi ně i lokomotivy dvouzdrojové, jejichž hlavní devizou je kombinace závislé a nezávislé trakce (s trolejovým vedením i bez něj), díky které mohou nahradit mnoho lokomotiv běžných typů.

Práce si tak klade za cíl představit ideu dvouzdrojové lokomotivy, klasifikaci různých typů a ověřit možnosti nasazení dvouzdrojové lokomotivy v nákladní dopravě v České republice.

V první části je nastíněna stručná historie těchto lokomotiv ve světě. Vybrány jsou příklady ze zemí, kde jsou lokomotivy se dvěma způsoby pohonu v provozu na různých typech výkonů osobní i nákladní dopravy, už několik desetiletí.

Další část analyzuje dosavadní vývoj a výrobu dvouzdrojových lokomotiv v tuzemsku a jejich využití v praktickém provozu. Pro dostatečné pochopení souvislostí geneze jsou popsány i některé provozní případy, kde se o dvouzdrojovou lokomotivu v pravém slova smyslu nejedná. Nastíněn je také současný stav provozu dvouzdrojových lokomotiv v ČR.

Výpočetní část práce je zaměřena na praktickou aplikaci zjednodušených vzorců, poskytnutých Ing. Pohlem, které slouží ke kalkulaci provozních nákladů dvouzdrojové lokomotivy. Pro tento účel byly vybrány příklady výkonů z reálného provozu a provedeno srovnání s konvenční lokomotivou nezávislé trakce, jež je na daných výkonech nasazována v současnosti.

V poslední části práce je provedeno shrnutí přínosů dvouzdrojových lokomotiv v provozu a doporučení vhodného nasazení s cílem efektivního využití obou způsobů jejich pohonu v podmínkách české železniční sítě.

2 Historie a princip dvouzdrojových lokomotiv

V této kapitole je představena základní idea konstrukce dvouzdrojových lokomotiv, princip jejich činnosti a stručná historie vývoje ve světě.

2.1 Princip dvouzdrojového vozidla

Jako dvouzdrojové vozidlo je obecně možné považovat jakékoli železniční hnací vozidlo, disponující více než jedním (obvykle tedy dvěma) způsoby pohonu. Zpravidla je jeden způsob pohonu primární a jeden sekundární, určený k použití pouze ve vyjmenovaných provozních situacích a za zvláštních podmínek. Důvody k využití sekundárního způsobu pohonu mohou být různé – ať už provozní, technické (např. absence trolejového vedení, napájecí kolejnice) či ekonomické (nižší výkon či jednotková cena energie a tím i nižší provozní náklady). Až na výjimky nelze hnací vozidlo provozovat na oba pohony současně – musí být jasně časově ohraničeno, kdy je vozidlo v režimu provozu na jeden či na druhý pohon.

Sekundární pohon tedy ve většině případů nedokáže plně nahradit pohon primární a slouží pouze jako jeho substitut v případech, kdy z výše jmenovaných důvodů není možné jej použít. Ve výjimečných případech může fungovat jako náhrada primárního pohonu, pokud dojde k jeho poruše. Hnací vozidlo je v režimu sekundárního pohonu obvykle limitováno jak rychlostí, tak trakčním výkonem, omezen je i dojezd (akční rádius) v tomto režimu. Doba provozu na sekundární pohon může trvat řádově od několika sekund (například u lokomotiv s napájením ze třetí kolejnice) po desítky minut (elektrické lokomotivy s pomocným spalovacím motorem).

Jako parciální (či hybridní) pak obecně označujeme vozidla elektrické trakce, schopná fungovat jak v režimu závislé, tak nezávislé trakce. Jedná se zpravidla o elektrická vozidla, jež mohou být provozována i v úsecích bez trakčního vedení. V městské hromadné dopravě takto docházejí velkého rozšíření tzv. parciální trolejbusy, osazené pomocnými bateriemi, které umožňují obsluhovat i koncové úseky linek postrádající trakční vedení.

2.2 Historie v celosvětovém kontextu

Dvouzdrojové lokomotivy prošly za poslední desítky let rozsáhlým vývojem, během kterého byla rozpracována různá technická řešení. Všechna tato řešení mají společný jmenovatel v podobě více než jednoho způsobu pohonu. Vývojově nejstarším je kombinace lokomotivy dieselové a elektrické, jež je ve Spojených státech amerických provozována již od 50. let 20. století.

2.2.1 EMD FL9 & Baldwin RP-210 (USA)

Nejúspěšnějšími typy se staly lokomotivy typu FL9 od společnosti General Electric Electromotive Division (EMD), vyrobené mezi lety 1956 – 1960 v počtu 60 kusů na objednávku společnosti New York, New Haven and Hartford Railroad. [1] Tyto lokomotivy jsou primárně

koncipovány jako konvenční dieselelektrické (tj. s prvotním dieselovým motorem, vyrábějícím pomocí trakčního generátoru elektrickou energii pro trakční motory). Napětí jejich trakčních motorů však bylo zvoleno tak, aby korespondovalo s napětím již existující sítě elektrifikovaných příměstských železnic Long Island Rail Road (LIRR) ve státě New York. Tyto tratě používají stejnosměrný napájecí systém pomocí třetí (napájecí) kolejnice, známý například z pražského metra. Jejich napětí činilo původně 660 V, později se sjednotilo na 750 V s ostatními tratěmi v newyorské aglomeraci. Se stejnou hodnotou napětí pracují i trakční motory lokomotiv FL9, které tak prošly úpravou na napájení ze třetí kolejnice při provozu na síti LIRR. [1] V místech, kde je delší úsek bez třetí kolejnice, lokomotiva používá pantograf k odběru energie z trakčního vedení, umístěného nad tratí. Při jízdě mimo tratě LIRR lokomotiva funguje jako běžná dieselelektrická. Celkem bylo vyrobeno 60 kusů lokomotiv, jež byly využívány v osobní dopravě až do roku 2009. [2] Po zvýšení napětí na síti LIRR na 750 V lokomotivy přestaly být schopné provozu po tomto systému a jejich nasazení se tak omezilo na předměstské tratě bez třetí kolejnice. Do dnešních dnů se zachovalo několik strojů v provozním stavu, zejména pro vedení mimořádných vlaků. [1]

Ve stejné době vyrobilo konsorcium Baldwin-Lima-Hamilton (dnes Baldwin Locomotive Works) stroje typu BP-210. Roku 1956 vznikly tři exempláře, z nichž dva odebrala společnost New York, New Haven and Hartford Railroad (provozující také řadu FL9) pro vedení svého prestižního vlaku Dan'l Webster mezi New Yorkem a Bostonem a třetí zakoupila železnice New York Central Railroad (NYC), aby jej nasazovala na svůj spoj Xplorer z Clevelandu do Cincinnati. [3] I tyto lokomotivy byly stavěny v první řadě jako stroje nezávislé trakce, tentokrát s dieselhydraulickým pohonem pomocí německého motoru Maybach MD-655 a hydraulické převodovky Mekydro. [3] Kromě něj byl do lokomotivy zabudován další, menší motor Maybach MD-440 (u lokomotiv pro NYC) nebo MD-330 (u lokomotiv pro New Haven) s generátorem, určený pro pohon pomocných zařízení a zásobování vlakové soupravy elektrickou energií. Třetím energetickým zdrojem lokomotivy byly dva trakční motory, umístěné na obou koncích stroje a napájené ze třetí kolejnice. Ty byly využity při dojezdu do nádraží Grand Central Terminal v New Yorku, kde posledních 13 mil vedlo po příměstských tratích s napájecí kolejnicí. Při průjezdu tunelem Park Avenue lokomotiva musela vypnout spalovací motor a pohybovat se pouze na elektrický pohon. Sledována tím byla úspora paliva a snížení emisí během jízdy po centru města. Stroje pro New Haven byly zároveň vybaveny pantografem pro odběr proudu z vrchního vedení, podobně jako řada FL9.

Lokomotivy však nebyly příliš úspěšné a pro složitý a nespolehlivý systém odběru proudu ze třetí kolejnice se na rozdíl od konkurenčních FL9 v provozu neosvědčily. Již v roce 1963 došlo ke zrušení vlaků Dan'l Webster i Xplorer a soupravy odkoupila společnost Jones Tours

s využitím na svých turistických spojích. Od roku 1967 byly všechny lokomotivy odstaveny a v roce 1970 odeslány do šrotu. [3]

2.2.2 Class 73 & 74 (Velká Británie)

Na podobném principu, jako lokomotivy americké provenience, fungují také stroje britských řad 73 a 74. Jsou však řešeny opačně – jako primárně elektrické s napájením ze třetí kolejnice, s pomocným diesellovým motorem. Dva prototypy řady 73 vznikly v dílnách British Railways v Eastleigh v roce 1962 v návaznosti na čistě elektrickou řadu 71, vyrobenou v letech 1958 – 1960 ve 24 exemplářích pro oblast Southern Region. [4] Přes počáteční úspěch řady 71 však bylo nutné řešit provoz lokomotiv v úsecích, které postrádaly napájecí kolejnice. V některých dotčených místech bylo zbudováno nadzemní trakční vedení o standardní britské stejnosměrné soustavě 750 V, které se však jevilo jako neúměrně drahé a složité na údržbu. Proto bylo rozhodnuto postavit lokomotivu odvozenou od stávající řady 71, ale s menším spalovacím motorem, zajišťujícím trakci v úsecích bez napájecí kolejnice. [5]

Od řady 71 se tak nová řada 73 odlišuje především dosazením spalovacího motoru English Electric 4SRKT Mk II o jmenovitém výkonu 447 kW (600 BHP), který umožňuje provoz lokomotivy i mimo tratě s napájecí kolejnici. Na rozdíl od řady 71, vybavené pantografy pro odběr proudu z vrchního vedení, řada 73 tyto pantografy postrádá. Pozdější sériová výroba 47 kusů proběhla v lokomotivce Vulcan Foundry mezi lety 1965 a 1967. [5] Lokomotivy jsou koncipovány jako univerzální, ale vzhledem k nižšímu výkonu jsou používány spíše v osobní dopravě. V pozdějším období byly u některých lokomotiv staré motory English Electric vyměněny za novější od výrobců Cummins či Maybach. Navzdory dodávkám novějších řad lokomotiv je většina strojů i po více než 50 letech stále v provozu v okolí Londýna. [4]

Na úspěšnou řadu 73, jež se rychle stala pilířem zejména osobní dopravy Southern Region, navázala v letech 1967 – 1968 v doncasterských dílnách British Railways rekonstrukce 10 kusů řady 71 na novou řadu 74 dosazením tzv. „boosteru“, tedy motorgenerátoru, umožňujícího překonání úseků bez napájecí kolejnice. Pohonnou jednotkou se zde stal spalovací motor Paxman 6YJXL o výkonu 485 kW (650 BHP). Ten však trpěl nadměrnou hlučností a především poruchovostí, vyřazující často lokomotivy z provozu. Vzhledem k vyššímu výkonu byla řada 74 nasazována spíše do nákladní dopravy; příležitostně však dopravovala i vlaky osobní. V červnu 1976 první lokomotivu poničil požár a následně byla zrušena; ostatní byly následně staženy z provozu v závěru roku 1977 a do roku 1981 zlikvidovány. [6]

2.2.3 GE P32AC-DM & EMD DM30AC (USA)

Na základě dlouholetých zkušeností s lokomotivami FL9 a přibývajících emisních restrikcí v newyorské aglomeraci začaly na počátku 90. let společnosti Amtrak a Metro-North Railroad

poptávat nové lokomotivy obdobné koncepce, tedy stroje primárně dieselové se schopností jízdy i po tratích s napájecí kolejnicí. Zejména v úseku mezi dvěma hlavními nádražími v New Yorku, Grand Central Terminal a Pennsylvania Station, jež leží v uzavřeném prostoru pod zemí, je totiž povolen pouze bezemisní provoz. Ve společnosti GE Transportation tak začal vývoj nové generace duální lokomotivy, vycházející z již vyráběného, čistě dieselového typu P40DC (obchodní název Genesis). [7] Z této lokomotivy vznikl úpravou pro provoz na tratích s napájecí kolejnicí nový typ P32AC-DM. Jak z označení vyplývá, výkon spalovacího motoru byl snížen z 4 000 HP na 3 200 HP a původní stejnosměrné trakční motory byly zaměněny za střídavé, aby mohly být napájeny ze třetí kolejnice. V režimu jízdy pouze na elektrický pohon je omezen výkon i rychlost lokomotivy na 60 mph (96 km/h), zatímco v dieselovém režimu je lokomotiva schopna dosáhnout rychlosti až 110 mph (177 km/h). [7]

Celkem 18 lokomotiv převzala společnost Amtrak v roce 1995 a zařadila do provozu na vlacích Empire Service, Ethan Allen Express či na mezistátní vlak Maple Leaf, spojující New York s kanadským Torontem. Další 31 strojů odebrala mezi lety 1995 – 1998 železnice Metro-North Railroad pro vedení vratných souprav vlaků příměstské dopravy, zajišťujících do stanice Grand Central Terminal. V letech 2012 – 2015 tyto lokomotivy prošly další modernizací, zahrnující dosazení nových agregátů a řídicího systému. Zavedení lokomotiv P32AC-DM umožnilo vyřazení již více než čtyřicetiletých strojů původního typu FL9, které tak byly předány železničním muzeím či sešrotovány. [7]

Podobně postupovala i síť železnic Long Island Rail Road, provozující rovněž stroje typu FL9. Jako jejich náhradu na příměstských vlacích, zajišťujících po elektrifikovaném úseku do nádraží Pennsylvania Station, zvolila nově vyvinutý typ DM30AC z produkce společnosti EMD. Objednáno bylo celkem 46 kusů, z čehož polovina lokomotiv je duálních DM30AC a polovina výhradně dieselových (označení DE30AC); dodány byly roku 1999. I tato železnice následně vyřadila staré lokomotivy FL9 a v provozu zůstaly pouze nově dodané stroje. [8]

2.2.4 Bombardier ALP-45DP (USA & Kanada)

Pro zajištění provozu vlaků v aglomeraci města New Jersey a omlazení vozového parku si dopravní společnost New Jersey Transit objednala roku 2008 u koncernu Bombardier 26 nově vyvinutých duálních lokomotiv typu ALP-45DP spolu s 27 čistě elektrickými stroji typu ALP-46A a celkem 329 velkokapacitními dvoupatrovými vozy systému Bombardier MultiLevel Coach. [10] Lokomotivy typu ALP-45DP jsou řešeny jako elektrické (s odběrem proudu sběračem z vrchního trakčního vedení) s dosazenými dieselovými motory, zajišťujícími trakci na tratích bez trakčního vedení. Proti elektrickým lokomotivám ALP-46A, ze kterých vycházejí, byl rám lokomotivy prodloužen o 2 metry pro získání dostatečného prostoru k zástavbě dvou spalovacích motorů typu Caterpillar 3512C HD, každý o jmenovitém výkonu 1 567 kW. Ty při

jízdě v dieselovém režimu napájejí prostřednictvím alternátoru střídavé trakční motory MITRAC DR 3700F, uložené v podvozcích. V elektrickém režimu je pohon trakčních motorů zajištěn proudem z vrchního vedení, jenž je odebírán polopantografovým sběračem, umístěným na střeše lokomotivy nad zadním podvozkem. Lokomotivy mohou být provozovány na střídavých trakčních soustavách 12,5 kV/25 Hz a 25 kV/60 Hz. Trvalý výkon při jízdě na elektrický pohon dosahuje 4 000 kW. Maximální rychlost lokomotivy činí 200 km/h; při jízdě na dieselový pohon je omezena na 160 km/h. [10]

První lokomotivy byly odborné veřejnosti prezentovány na veletrhu Innotrans v Berlíně v roce 2010, oficiální představení v USA proběhlo 11. května 2011. Do pravidelného provozu s cestujícími byly po zkouškách zařazeny od května 2012. V současnosti zajišťují provoz zejména na vytížených linkách Raritan Valley Line, Morristown Line a po North Jersey Coast Line zajíždí i do New Yorku. V závěru roku 2017 společnost New Jersey Transit objednala dalších 17 kusů typu ALP-45DP; dodávky lokomotiv by měly začít na podzim 2019. [11]

Ve stejné době jako New Jersey Transit si nové duální lokomotivy objednal i dopravní podnik Agence métropolitaine de transport (od roku 2017 pod názvem Exo), zajišťující veřejnou dopravu v kanadském Montrealu a okolí. Celkem 20 kusů, taktéž typu Bombardier ALP-45DP, bylo dodáno mezi lety 2011 – 2012 a nasazeno na příměstské tratě Saint-Jérôme line či Vaudreuil-Hudson line. Od lokomotiv pro New Jersey se liší pouze v detailech, mimo jiné jsou schopny provozu pouze na soustavě 25 kV/60 Hz a jsou provedeny další změny v souvislosti s provozem na kanadské infrastruktuře. [10]



Obrázek 1. Lokomotiva Bombardier ALP45-DP [Zdroj: commons.wikimedia.org].

2.2.5 Tem I, II a III (Švýcarsko)

Na evropském kontinentu je průkopníkem elektrické trakce Švýcarsko. S téměř 100 procenty elektrifikovaných tratí jde o jednu z emisně nejčistších železničních sítí na světě. Ovšem i zde vznikly krátce po druhé světové válce první dvouzdrojové lokomotivy. Důvodem jejich vzniku byla snaha odstranit poslední parní lokomotivy, přežívající zejména v posunovací službě na místech, kde nebyly všechny manipulační koleje a vlečky elektrifikovány. První dva prototypy malých dvouzdrojových posunovacích strojů pro SBB byly pod označením řady Tem I postaveny v roce 1950. Lokomotivy měřily přes nárazníky pouhých 5 870 mm a vážily 15 tun. Nejvyšší povolená rychlost činila 60 km/h. Elektrickou část vyrobil koncern Brown, Boveri & Cie., trakční motory dodala továrna Mehrwertfabrik Oerlikon, pohon mimo trolejové vedení obstarával šestiválcový spalovací motor Saurer o výkonu 50 kW. Po ověření proběhla sériová výroba 23 kusů, z nichž poslední švýcarské dráhy převzaly roku 1957.

Na ně navázala vylepšená a větší verze, označená Tem III, jejíž produkce započala roku 1954. Tři prototypy postavily dílny Ateliers de constructions mécaniques de Vevey, sériová výroba, zahájená o tři roky později, už probíhala ve strojárně SLM Winterthur. Elektrická část je dílem společností Sécheron a Brown-Boveri, spalovací motor opět vyrobila továrna Adolpha Saurera. Elektrický výkon lokomotiv dosahuje 260 kW, výkon spalovacího motoru činí 95 kW. Do roku 1962 vzniklo 45 kusů řady Tem III, které v posunovací službě doplnily starší Tem I. Následně proběhla ještě výroba dalších strojů řady Tem II – 23 kusů bylo dodáno jako jednorázová série v roce 1967. [12] [13]

Celkem 93 exemplářů všech tří řad sloužilo dlouhá léta ve stanicích po celém Švýcarsku, kde zajišťovaly primárně lehký posun s osobními i nákladními vozy, stejně jako obsluhu neelektrifikovaných vleček. Jednoduchá konstrukce a spolehlivost z nich učinily oblíbené stroje, zajišťující širokou škálu posunovacích služeb s přihlédnutím k jejich výkonu. S výjimkou dvou strojů, zrušených po nehodách, fungovaly všechny lokomotivy v pravidelném provozu až do devadesátých let. Díky většímu nasazení vratných souprav a elektrických jednotek se lokomotivy pro lehký posun staly nadbytečnými. Od roku 1997 započalo rušení nejstarší řady Tem I, po roce 2000 začaly být odstavovány i mladší Tem II a III. Definitivní konec nastal s dodávkami nových dvouzdrojových lokomotiv řady Eem 923 mezi lety 2011 – 2013. Poslední dvě lokomotivy Tem III čísel 328 a 355 byly společně zrušeny ke dni 29. 4. 2013. [13]

2.2.6 Eem 923 (Švýcarsko)

Téměř 40 let trvalo, než se švýcarské železnice dočkaly dodávek dalších dvouzdrojových lokomotiv. Stárnoucí Tem I-III se již jevily v novém tisíciletí jako nedostatečně výkonné a neefektivní, proto SBB přistoupily k objednávce nových strojů. Zakázku na 30 lokomotiv s určením pro nákladní divizi SBB Cargo získala společnost Stadler Winterthur AG. Stroje vychází z již vyráběných čistě elektrických lokomotiv řady Ee 922, které Stadler dodal SBB mezi lety 2009 – 2010 v počtu 21 kusů. [14] Dvouzdrojová verze, prezentovaná výrobcem pod obchodním názvem „Butler“, získala označení Eem 923 a první stroj byl představen v říjnu 2011. [15] Nové lokomotivy zařadily SBB do provozu v březnu 2012 a umožnily tím odstavení posledních Tem III. Každá lokomotiva byla pokřtěna vlastním jménem, odkazujícím většinou na některý z vrchů v okolí místa jejího provozu. Nejvíce lokomotiv (12 kusů) je deponováno v Curychu. Lokomotivy jsou určeny k posunu a sestavování vlaků, stejně jako k lehké traťové službě – jejich maximální rychlost dosahuje 120 km/h. V režimu závislé trakce činí hodinový výkon 1 500 kW, pro posun mimo trakční vedení je zastavěn spalovací motor o výkonu 336 kW. Stroje jsou schopny provozu na střídavých napájecích soustavách 15 kV / 16,7 Hz a 25 kV / 50 Hz. [16]



Obrázek 2. Lokomotiva Eem 923 SBB Cargo při posunu v režimu nezávislé trakce [Zdroj: Railcolor.net]

3 Kategorizace dvouzdrojových lokomotiv a vývoj na území ČR

V této části práce je podrobněji popsána historie vývoje dvouzdrojových lokomotiv pouze na území České republiky. Přiložená technická data vycházejí z údajů výrobců, případně provozovatele lokomotiv.

3.1 Kombinace elektrické a pomocné dieselové lokomotivy

3.1.1 Úvod

Přestože tato kombinace v zásadě přímo dvouzdrojovou lokomotivou není, je vhodné ji v této práci zmínit, zejména díky dodržení vývojové posloupnosti a vysvětlení souvislostí. Již v 80. letech 20. století, v souvislosti s rostoucími cenami trakční energie (zejména díky rostoucí ceně ropy, a tedy i motorové nafty), se začala u tehdejších Československých státních drah řešit možnost alespoň částečné náhrady čistě motorových lokomotiv, především lokomotiv dieselelektrických. [17]

V traťové službě se nabízela možnost kombinace lokomotivy elektrické a menší lokomotivy motorové, kdy by lokomotiva elektrická (o dostatečném výkonu) mohla zajišťovat vedení vlaku na elektrifikovaných úsecích trati, zatímco prací pomocné motorové lokomotivy se mohly stát manipulace s vozy ve stanicích, obsluha vleček a případně „odskoky“ na vedlejší neelektrifikovanou trať. Přestože by došlo k nárůstu turnusové potřeby hnacích vozidel, úspora trakční nafty by byla výrazná a nesporným přínosem by bylo omezení emisí, zejména v oblastech s trvale nevyhovující kvalitou ovzduší. V dané době však byly jedinými malými dvounápravovými lokomotivami, které byly na ČSD hromadně provozovány, stroje řad T 211.0-3 (700-703) o výkonu cca 200 kW a maximální rychlosti 40 km/h, určené především pro lehký posun v depech, které tak byly pro tento typ provozu zcela nevhodné. Lokomotivy čtyřnápravové naopak byly nedostatkovým artiklem a jejich nasazení se omezovalo na neelektrifikované tratě. Až do vzniku moderních dvounápravových lokomotiv řad 704 a 708 okolo roku 1990 tak nebyla tato možnost vůbec prakticky prověřena a mezitím byla dána přednost projektu dieselakumulátorové lokomotivy TA 436.05 (viz dále). [17]

3.1.2 Praktické využití

Ke znovuoživení této myšlenky došlo až po roce 1995, kdy již byly k dispozici nové typy lokomotiv, reprezentované zejména řadami 704 a 708, a díky poklesu výkonů železniční nákladní dopravy bylo nutné opět zvažovat úsporná opatření. Řada 704 je dvounápravová dieselelektrická lokomotiva moderní koncepce s automobilovým motorem Liaz s výkonem 250 kW a maximální rychlostí 60 km/h, vyráběná mezi lety 1988 – 1994 firmou ČKD Praha. Kromě primárního určení pro staniční posun našla využití také na lehkých nákladních vlacích.

Navazující stroje řady 708 s novějším motorem o výkonu 300 kW, zvýšenou hmotností a rychlostí 80 km/h, vyráběné od roku 1995, se uplatnily nejen v osobní (převážně s vozy řady 010/Btax), ale i nákladní dopravě. Obě řady se svými parametry staly nejvážnějšími kandidáty na roli pomocných lokomotiv ve spojení s elektrickým strojem. [17]

K jednomu z prvních nasazení došlo v Břeclavi, kde byly stroje řady 704 využity na manipulačních vlacích do Vranovic a Moravského Písku. Hlavní hnací silou se stala elektrická lokomotiva řady 210. Jedná se o čtyřnápravový stroj kapotového uspořádání o trvalém výkonu 880 kW a maximální rychlosti 80 km/h, používaný na střídavé trakční soustavě 25 kV/50 Hz. Podnik Škoda Plzeň vyrobil mezi lety 1972 – 1983 celkem 74 kusů těchto lokomotiv, určených zejména k posunu jak na velkých seřaďovacích nádražích, tak i v menších stanicích, případně i k lehčí traťové službě. Jde o první sériově vyráběné elektrické lokomotivy v tehdejší Československu, vybavené tyristorovou pulzní regulací výkonu. [18]

Vzhledem k příznivým sklonovým poměrům obvykle nebylo nutné nasazovat lokomotivy o vyšším výkonu, pouze v případě poruchy či nedostatku lokomotiv řady 210 došlo občas k nasazení výkonnějšího stroje řady 230. Diesellový stroj zajistil většinu posunu ve stanicích a obsluhu vleček. Další pravidelnou prací dvojic 210+704 byly manipulační vlaky na Brněnsku, například na trati Brno – Blansko, méně také Brno – Tišnov. I po vzniku společnosti ČD Cargo v roce 2007 a převzetí těchto výkonů včetně lokomotiv se nic nezměnilo, po ukončení provozu lokomotiv řady 210 v Břeclavi a Brně v roce 2009 však vlaky začaly být pravidelně vedeny většími motorovými lokomotivami řad 731 nebo 742 v celé trase. V případě jejich nedostatku, či nahromaděného většího množství zátěže, se však zejména na Břeclavsku stále může na manipulačním vlaku objevit stroj řady 230 s pomocnou diesellovou lokomotivou. [19]

Další oblastí, kde dochází k nasazení podobných kombinací lokomotiv, jsou jižní Čechy. Zde jde spíše o nouzové řešení, zapříčiněné nedostatkem vhodnějších lokomotiv. Vzhledem k odlišným sklonovým poměrům a objemu zátěže na některých ramenech často dochází k využívání kombinací více řad jak motorových, tak i elektrických lokomotiv. Například na trati České Budějovice – Gmünd, kde zároveň dochází k obsluze neelektrifikovaného úseku České Velenice – Třeboň, jsou provozovány dvojice dvousystémového stroje řady 340 s řadou 708/709, v případě potřeby i 731, 742, 743 nebo 749/751. Pokud není k dispozici stroj řady 340, a je tedy nahrazen řadou 230 či 240, je diesellová lokomotiva využita i při jízdě do rakouské stanice Gmünd, kde je již napájecí soustava 15 kV/16,7 Hz. Podobná kombinace je využívána též na manipulačním vlaku Tábor – Veselí nad Lužnicí – Jarošov nad Nežárkou, a to při absenci pravidelně využívaného stroje řady 210 s bateriovým vozem (viz dále) nebo stroje řady 218. Na pracovišti Protivín je příležitostně využíváno spojení místního stroje řady 210 s řadou 708, a to při obsluze stanic Písek a Ražice. [20]



Obrázek 3. Lokomotiva řady 210 ve stanici Loučovice [Foto autor 2015]



Obrázek 4. Nasazení elektrické a dieselové lokomotivy na jednom vlaku, zde v podobě kombinace řad 340 a 743 mezi Českými Velenicemi a Českými Budějovicemi. Stroj nezávislé trakce provádí obsluhu tratě České Velenice – Třeboň a vleček ve stanicích Borovany a Nové Hrady. [Foto autor 2017]

3.1.3 Zhodnocení

Společný provoz elektrické a motorové lokomotivy na jednom vlaku je jedním z nejstarších řešení úspory trakční energie u nákladních vlaků. V praxi byl vyzkoušen s mnoha řadami lokomotiv a je dodnes používán, zejména na střídavé trakční soustavě. Přestože nepředstavuje ideální řešení a je spojen s mnoha provozními obtížemi (složitější a časově náročnější posun, vysoká tažená mrtvá hmotnost dvou lokomotiv atd.), je možné pomocí této technologie snížit náklady na jízdu především manipulačního nákladního vlaku.

3.2 Dieselakumulátorová lokomotiva

3.2.1 Úvod

Rostoucí ceny pohonných hmot v 80. letech 20. století přinutily ČSD i podnik ČKD kromě traťové služby řešit i otázku zvýšení efektivity posunu ve velkých železničních uzlech. Z analýzy činnosti posunovacích lokomotiv v různých stanicích vyplynulo, že až 2/3 provozního času stráví tyto stroje na volnoběhu, jejich střední výkon za celou dobu provozu nepřekračuje 10 % výkonu jmenovitého a jmenovitý výkon nepotřebují déle, než 2 % celkové doby služby. [17] Z těchto závěrů je zřejmé, že běžné dieselelektrické lokomotivy nepracují v takovémto režimu hospodárně a jejich provoz neúměrně prodražuje velké množství paliva, spálené při volnoběžných otáčkách motoru. Protože však dostupné technologie a politické poměry (monopolním výrobcem elektrických lokomotiv v Československu byla státem určena Škoda Plzeň) neumožňovaly vyrobit lokomotivu čistě akumulátorovou o dostatečném výkonu a kapacitě baterií, schopnou pracovat řadu hodin bez dobíjení, bylo rozhodnuto zkonstruovat funkční model hybridní dieselakumulátorové lokomotivy, kombinující přednosti obou způsobů pohonu s cílem dosáhnout úspory paliva. V roce 1985 tak započaly v podniku ČKD práce na výrobě prototypové lokomotivy, označené řadou TA 436.05 (tovární označení DA 600). [17]

3.2.2 Technické řešení

Při vývoji i výrobě byl kladen důraz na vzájemnou parametrou blízkost se souběžně vyráběnou konvenční dieselelektrickou lokomotivou řady T 457.0 (později 730). Obě lokomotivy tak mají stejný maximální přenášený elektrický výkon 510 kW, ovšem s rozdílným zdrojem – u řady 730 výhradně naftovým motorem K 6 S 230 DR o jmenovitém výkonu 600 kW, u řady TA 436.05 kombinací menšího motoru Liaz M 637 (jmenovitý výkon 189 kW, trakční 150 kW), který je v případě potřeby vyššího výkonu doplněn energií z trakční baterie (typ NKS 300, výkon 360 kW). [17] Použití výrazně menšího spalovacího motoru se projevuje nižší volnoběžnou spotřebou, zároveň však není nijak snížen maximální trakční výkon, jehož je lokomotiva schopna krátkodobě dosáhnout. Kromě obvyklé samočinné a přímočinné tlakové brzdy systému DAKO, používané ve všech tehdejších lokomotivách, je lokomotiva TA 436.05 také vybavena elektrodynamickou brzdou s možností rekuperace zpět do baterie. Vzhledem

k předpokládanému nasazení zejména na posunu byla hybridní lokomotivě snížena maximální rychlost na 60 km/h (proti 80 km/h u řady 730) za účelem dosažení vyšších tažných sil. [17]

3.2.3 Zkušební provoz

Prototypový stroj TA 436.0501 (původně označený ET 459.0501) dokončil závod ČKD Lokomotivka v dubnu 1986 a po oživení započaly v létě téhož roku jeho praktické zkoušky. Především v přímém srovnání s řadou 730 vykázal až o 30 % nižší spotřebu paliva při srovnatelných parametrech. Lokomotiva také šetřila energii pomocí rekuperace a další úspory vygenerovalo používání elektrodynamické brzdy, kdy spotřeba brzdových zdrží klesla na cca 5 %. Lokomotiva se sice osvědčila, ale z důvodu nedostatečné výrobní kapacity baterií v Československu (a zákazu dovozu baterií ze zahraničí) bylo rozhodnuto ve vývoji hybridních lokomotiv nepokračovat. [17] Jejím působištěm se stala Olomouc, kde po přeznačení na 718.501 dosloužila v roce 1997 a následně byla prodána soukromé firmě. K rozebrání však nedošlo a stále zůstává v neprovozním stavu v majetku slovenské společnosti AM Tuning. [17]

3.2.4 Zhodnocení

Vývoj a praktické odzkoušení první hybridní lokomotivy v tuzemských podmínkách prokázalo, že je možné zejména na staničním posunu takto řešenou lokomotivou nahradit klasickou dielelektrickou lokomotivu obdobného výkonu. I přes nižší životnost trakční baterie a vyšší pořizovací cenu dosahují úspory řádově desítek procent. Při nastavení vhodných parametrů spalovacího motoru i baterie by bylo možné obdobnou lokomotivou nahradit i dielelektrickou lokomotivu vyššího výkonu.

3.3 Elektrická lokomotiva s bateriovým vozem

3.3.1 Úvod

Vzhledem k faktu, že při společném provozu elektrické a motorové lokomotivy dochází k nemalým časovým i energetickým ztrátám, zapříčiněným náročnými procesy odstavování a ožívování lokomotiv, je vhodnou cestou k zefektivnění provozu manipulačních nákladních vlaků spojení předností obou lokomotiv do jedné. Na posunu a v lehké nákladní dopravě slouží již od 70. let výše zmíněné lokomotivy řady 210, jež se staly vhodným objektem ke zkušebním rekonstrukcím.

Jako první byla řešena možnost napájení elektrické lokomotivy z externího zdroje, jenž by zajišťoval energii pro provoz během jízdy mimo dosah trakčního vedení. Zvolena byla cesta vzniku bateriových vozů, tedy služebních vozů s dosazenými bateriemi. Vybrané lokomotivy řady 210 byly proto upraveny pro napájení z bateriového vozu. Po roce 1990 došlo díky výraznému útlumu nákladní dopravy na neelektrifikovaných tratích k odstavení mnoha velkých motorových lokomotiv řady 781, které se staly nadbytečnými. Olověné akumulátorové

baterie pro první rekonstrukce tak byly vyzískány právě z těchto neprovozních lokomotiv. Dalším následkem těchto změn se stalo i snížení potřeby služebních vozů ve smíšených a nákladních vlacích, do kterých tak bylo možné tyto baterie zastavět. [21]

3.3.2 Technické řešení

Předmětné baterie byly následně uloženy právě do dvounápravových služebních vozů původní řady Daa-k. Výkon sestavy akumulátorových baterií dosahuje cca 100 kW, kapacita činí 2 x 450 Ah. Od baterií jsou vyvedeny na oba konce vozu vícežilové kabely, určené k propojení vozu s lokomotivou při jízdě na baterie. Dále je do vozu přivedeno napětí 220 V / 50 Hz, určené k napájení nucené ventilace bateriového prostoru při nabíjení. Zároveň je tímto řešeno i vytápění prostoru pro vlakovou čet, čímž byla zrušena původní kamna na pevná paliva. Dobíjení baterie probíhá z lokomotivy během jízdy pod trakčním vedením; během dobíjení je zapnuta ventilace bateriového prostoru. Později byl pro rekonstrukci použit i vůz řady Dsd. [21]

Na samotné lokomotivě došlo k instalaci nových zásuvek pro propojení s bateriovým vozem, nové jsou přepínače jízdních režimů N (normální jízda), C (cizí zdroj) a CP (cizí zdroj pomalu). Režim N slouží pro běžnou jízdu při odběru energie z trakčního vedení, režimy C a CP jsou voleny při jízdě na baterie. V režimu C je napájen pouze I. podvozek s oběma trakčními motory v sérii, v režimu CP jsou napájeny oba podvozky a všechny trakční motory jsou zapojeny trvale do série. Při jízdě v režimu cizího zdroje jsou vypnuty kompresory a ventilátory chlazení za účelem snížení odběru z baterie. Lokomotiva tak před změnou režimu na cizí zdroj musí mít dostatečnou zásobu tlakového vzduchu; bez této podmínky není možné změnu režimu provést. Změnu režimu je možno provádět i za jízdy, ale pouze bez výkonu, tj. ve výběhu. [21]

Kromě těchto drobných změn však lokomotivy zůstaly v původním stavu a nijak nebyla omezena jejich univerzálnost, jakožto i možnost běžného provozu bez bateriového vozu.

3.3.3 Vývoj a provoz

Prototypová rekonstrukce proběhla v lokomotivním depu v Českých Budějovicích na přelomu let 1990 a 1991 na lokomotivě 210.026. Uvedení do provozu proběhlo dne 15. března 1991 a poté od dubna 1991 došlo k prvnímu nasazení na manipulační vlaky České Budějovice – Veselí nad Lužnicí a zpět. Na této trase, dlouhé 38 km, lokomotiva cestou prováděla posun a manipulaci s vozy na nezatržovaných kolejích v nácestných stanicích Hluboká nad Vltavou-Zámostí, Chotýčany, Ševětín, Dynín a Horusice, stejně jako sestavování soupravy ve Veselí nad Lužnicí. Dále byla testována i při obsluze vleček v uzlu České Budějovice-Nemanice, mimo jiné i na vlečce pivovaru Budvar. [21]

Na základě pozitivních prvotních zkušeností s provozem lokomotivy se mezitím rozběhly práce na dalších rekonstrukcích – úpravám se podrobily lokomotivy 210.067 a 046, dokončené

v dubnu, resp. červnu 1992. Lokomotiva čísla 067 doplnila svou první kolegyni v Českých Budějovicích a podstoupila zkoušky například na čtyřkilometrové vlečce Zliv – Mydlovary, kde vytahovala prázdné vozy typu Wap (Falls) z tamní teplárny. Výkonově sice vyhověla, ale na hranici možností baterií. Dalším negativem nasazování na tento výkon se stalo citelné zkrácení životnosti baterií, jelikož docházelo k jejich vybití až na minimální stav. Více se osvědčila na manipulačním vlaku České Budějovice – Protivín, se zájezdy až do Horažďovic. Stroj 210.046 pak prošel testováním v lokomotivním depu Plzeň (pobočné depo Horažďovice předměstí), především na vlacích mezi Horažďovicemi a Starým Plzencem. V září 1993 při dopravní nehodě přišel o bateriový vůz a musel být dočasně odstaven, od dubna 1994 se však vrátil zpět do provozu. [21]



Obrázek 5. Lokomotiva řady 210 s bateriovým vozem při posunu mimo trolejové vedení [Foto autor 2018]

Rok 1993 přinesl dokončení dalších dvou lokomotiv čísel 074 a 027. První jmenovaná byla nasazena do ověřovacího provozu v depu Jihlava s určením zejména na staniční posun a obsluhu vleček v Jihlavě. Podobně jako stroj 067 došlo k vyzkoušení i na dlouhé traťové vlečce z Dobronína do Polné, dlouhé 6 km – zde se však již ukázala kapacita baterií jako nedostačující. Později byla zapůjčena k ověření i do depa Brno-Maloměřice, kde vozila manipulační vlaky do Kuřimi a Tišnova. Odtud však byla po krátké době vrácena do Jihlavy. Poslední přestavěná lokomotiva 210.027 procházela od podzimu 1993 zkouškami na pracovišti Veselí nad Lužnicí, spadajícím pod českobudějovické depo. Zde zajišťovala hvězdicovou obsluhu stanic na úsecích do Soběslavi, Chotýčan a Horní Cerekve. [21]

Od roku 1993 došlo k podobným rekonstrukcím i na Slovensku – přestavěné stroje byly nasazeny v lokomotivních depech Zvolen a Leopoldov na manipulační vlaky na okolních tratích, zejména Zvolen – Levice, Leopoldov – Galanta – Bratislava, Galanta – Trnava – Kúty a další. Slovenské bateriové vozy vznikly především ze zrušených krytých vozů řady Zt, vyrobených v 50. letech 20. století v Polsku. [22]



Obrázek 6. Typický výkon lokomotivy řady 210 s bateriovým vozem – manipulační vlak na jednokolejně elektrifikované trati; zde 210.046 nedaleko Veselí nad Lužnicí [Foto autor 2018]

3.3.4 Zhodnocení

Úspěšný zkušební provoz přinesl sice očekávané výsledky včetně nemalých úspor energií, objevily se však i nedostatky, plynoucí zejména z nízké kapacity baterií a jejich krátké životnosti. Původně použité olověné baterie jsou schopny disponovat dostačujícími parametry pouze po omezenou dobu v řádu jednotek let. V dané době dostupné alkalické baterie sice nabídly delší životnost, ale za cenu nižších špičkových proudů a zhruba trojnásobné pořizovací ceny, která tímto nemohla být vyvážena. K dalším rekonstrukcím tak již v České republice nedošlo. Pětice přestavěných lokomotiv zůstala v provozu ve svých působištích, později byly všechny soustředěny do Českých Budějovic. Stroj 210.026 jako jediný získal v rámci další úpravy zásuvky pro napájení a ovládání dveří přípojných osobních vozů a po odstavení svého bateriového vozu byl dlouhodobě provozován v osobní dopravě, v roce 2007 proto připadl do stavu osobní divize České dráhy, zatímco zbylé čtyři stroje získal nově vzniklý nákladní dopravce ČD Cargo. [23] Lokomotivy 210.026 a 067 byly po roce 2010 pro špatný technický

stav a nadbytečnost zrušeny; zbylé tři zůstávají po několika výměnách baterií v pomocných vozech i více než 25 let po rekonstrukci stále v provozu v depu České Budějovice.

3.4 Elektrická lokomotiva s pomocným dieselagregátem

3.4.1 Úvod

Dlouholetý provoz lokomotiv řady 210 s bateriovými vozy, které se sice osvědčily, ale potýkaly se s řadou omezení (zejména malým výkonem a kapacitou akumulátorů), vedl ke vzniku ideje další geneze dvouzdrojových lokomotiv v tuzemsku – zástavbě pomocného spalovacího motoru do elektrické lokomotivy, a to opět řady 210. Spalovací motor měl zajistit pohyb lokomotivy mimo trakční vedení a zároveň jí poskytnout vyšší výkon, než dosud používané akumulátory. I k této realizaci došlo v lokomotivním depu České Budějovice, které již mělo zkušenosti s úpravami lokomotiv pro provoz s bateriovými vozy. Tato lokomotiva měla provozované lokomotivy řady 210 s bateriovými vozy nahradit či doplnit na výkonech, kde byl výkon baterií shledán jako nedostatečný, například díky nepříznivým sklonovým poměrům, či vyšší zátěži. Závislost lokomotivy na bateriovém voze navíc vedla k nutnosti složitější posunovací práce, která prodlužovala dobu pobytu vlaku ve stanicích, kde dochází k manipulaci s vozy. [24]

3.4.2 Technické řešení

Na rozdíl od lokomotivy 210, kde jsou pomocné akumulátory umístěny mimo lokomotivu v bateriovém voze, bylo rozhodnuto u hybridní lokomotivy, nově označené řadou 218, zastavět spalovací motor přímo do lokomotivy, zatímco původní elektrická výzbroj zůstala zachována. S ohledem na velikost a potřebný výkon byl vybrán menší agregát typu Caterpillar 3406 o jmenovitém výkonu 384 kW, spojený s třífázovým synchronním alternátorem Siemens Drásov 1FC2 355-4BO92-Z. Společně jsou umístěny v motorgenerátorové sekci v rozšířené kapotě na jednom z představek. Na čele této zvětšené kapoty jsou nově vytvořeny žaluzie pro nasávání vzduchu pro chladicí blok motoru. Palivová nádrž o objemu 400 l pro spalovací motor je umístěna v rámu lokomotivy. Přenos výkonu je řešen jako střídavě-stejnosměrný (AC/DC).

Řízení celé lokomotivy i pomocných pohonů zajišťuje nově dosazený elektronický řídicí systém BKS 2, vyvinutý přímo v SOKV České Budějovice. Na stanovišti strojvedoucího vznikl velký digitální displej, zobrazující provozní a diagnostická data stroje. V režimu jízdy na elektrický pohon se ovládání a parametry lokomotivy nijak neliší od běžné řady 210, při volbě režimu spalovacího motoru je nutné stáhnout sběrač a vypnout hlavní vypínač lokomotivy. Po nastartování motoru a dosažení provozního stavu, kdy alternátor začne vyrábět elektrickou energii pro trakční motory i ostatní pohony vozidla, je možné již zahájit práci v režimu nezávislé trakce. Velkou výhodou proti lokomotivě řady 210 je přitom možnost doplnění tlakového vzduchu i v tomto režimu. [24]



Obrázek 7. Dvouzdrojová lokomotiva 218.028 [Foto autor 2018]

3.4.3 Vývoj a provoz

Základem pro zkušební rekonstrukci se stal stroj 210.028. Práce na přestavbě započaly roku 2002, ale následně získal přednost projekt stavby lokomotiv pro nově elektrifikovanou trať České Budějovice – Summerau, dnes známých pod řadou 340. Pokračování tak přišlo až v roce 2006, lokomotiva byla veřejnosti poprvé prezentována na ostravském veletrhu Czech Raildays v červnu 2008 a následně ještě dokončována. Zkušební provoz pod novým označením 218.028 zahájila až v roce 2010, nejprve na posunu na seřaďovacím nádraží v Českých Budějovicích, následně v dopravě manipulačních vlaků na trati České Velenice – Borovany. Později prošla zkouškami i na dalších výkonech, vhodných pro provoz dvouzdrojové lokomotivy, včetně manipulačních vlaků Horní Dvořiště – Vyšší Brod klášter, České Budějovice – Jarošov nad Nežárkou i jinde; převážně se jednalo o výkony, kde již v minulosti byla nasazována i řada 210 s bateriovým vozem. [24]

3.4.4 Zhodnocení

Lokomotiva se za téměř 10 let provozu osvědčila a prokázala očekávané úspory. Spalovací motor jí umožňuje dosahovat vyšších tažných sil v režimu nezávislé trakce, než u lokomotivy s bateriovým vozem, čehož je využíváno zejména při obsluze delších a sklonově náročnějších vleček, či neelektrifikovaných kolejí.

Po vyhodnocení výsledku dlouhodobého provozu se začala v českobudějovickém depu připravovat druhá rekonstrukce lokomotivy řady 210 na dvouzdrojovou s dalšími vylepšeními a novějším spalovacím motorem typu Caterpillar C18. Původní lokomotiva 210.016 prochází rekonstrukcí od roku 2012, zatím však stále nebyla dokončena a zůstává odstavena. Po oživení a zařazení do provozu by měla nést nové označení 218.102. [25]

3.5 Elektrická lokomotiva s pomocnými bateriemi

3.5.1 Motivace

S rozvojem technologií a zlepšujícími se parametry moderních akumulátorových baterií začala být ve 21. století aktuální problematika výroby dvouzdrojových lokomotiv nové generace, spojujících výhody elektrické a akumulátorové lokomotivy do jedné. Takováto lokomotiva se v moderní terminologii nazývá parciální. Namísto složitého, údržbově náročného a neefektivního spalovacího motoru, použitého u řady 218, je vhodným řešením zástavba baterií o dostatečné kapacitě, poskytujících lokomotivě akční rádius mimo trakční vedení. Stejně jako v případě již osvědčeného, avšak nepraktického řešení v podobě lokomotivy řady 210 s bateriovým vozem, který je nutné mít připojen k lokomotivě po celou dobu práce na nezatrolejovaných kolejích, je na místě takovou lokomotivu vybavit dobíjením baterií z trakčního vedení během jízdy v režimu závislé trakce. Také je přínosné stroj vybavit rekuperací, umožňující vracet energii zpět do akumulátoru, namísto tradičního řešení pomocí maření v brzdovém odporu. U moderních lokomotiv je díky rekuperaci možné dosahovat úspor v řádu 30-40 %, což je nesporně významná hodnota.

I přes popsané výhody však dodnes k výrobě žádné parciální lokomotivy v tuzemsku nedošlo. Vhodným kandidátem k rekonstrukci může opět být řada 210, potažmo její stejnosměrná verze řady 111. Dlouholeté zkušenosti jak s provozem řady 210 s bateriovými vozy, tak s lokomotivou 218 se spalovacím motorem jsou základem pro uvažování nad takovouto rekonstrukcí, jež by mohla vyřešit jak problém s nadbytečnými elektrickými lokomotivami (po roce 2010 došlo u ČD Cargo k odstavení některých lokomotiv řady 210 i 111), tak s nedostatkem a přestárlostí lokomotiv motorových.

4 Analýza současného a potenciálního nasazení

V této kapitole jsou rozebrány možnosti nasazení dvouzdrojových lokomotiv v praxi, včetně příkladů z reálného provozu.

4.1 Příklady vhodného nasazení

Jak již z výše uvedeného vyplývá, v případě mnoha dvouzdrojových lokomotiv, které se dostaly do pravidelného provozu, nejde o vozidla nijak zvláštní či úzce specializovaná – dvouzdrojová lokomotiva s vhodně nastavenými parametry obou způsobů pohonu naopak může být vozidlem vysoce univerzálním, schopným nasazení na širokém spektru výkonů. Názorným příkladem může být jak švýcarská lokomotiva Eem 923, tak i tuzemská řada 218, jež byla úspěšně zkoušena jak v traťové službě na mnoha tratích, tak při obsluze vlečků s různými sklonovými i směrovými poměry.

Obecně je možné říci, že dvouzdrojová lokomotiva je vhodnou náhradou konvenční lokomotivy nezávislé trakce tam, kde stěžejní část jízdy probíhá v úsecích s trakčním vedením, a pouze menší část pohybu vozidlo koná mimo něj. Vzhledem k době potřebné pro dobíjení baterií je žádoucí provádět co největší část práce na kolejích s trakčním vedením, a pomocný pohon použít pouze v nezbytně nutných úsecích. Doba pobytu pod trolejí by tak měla být dostatečně dlouhá s ohledem na to, aby bylo možné dobít baterie k další práci v nezávislé trakci. Toto samozřejmě platí pro lokomotivu, vybavenou bateriemi – u lokomotivy s pomocným spalovacím motorem lze uplatnit odlišný režim práce, jelikož doplnění pohonných hmot je zpravidla možné pouze v provozní pauze v depu.

S ohledem na dimenzování sekundárního pohonu je dvouzdrojovou lokomotivu možné nasadit jeho prostřednictvím i v traťové službě. Je však limitována omezeným dojezdem (objem palivové nádrže, kapacita baterií) a obvykle výrazně nižším výkonem a tažnými silami, než při jízdě na primární pohon (elektrický). Zkušební provoz lokomotiv řady 210 s bateriovým vozem i lokomotivy 218.028 na dlouhých i sklonově náročných vlečkách tuto možnost potvrdil, ne všude však lokomotivy dosáhly očekávaných parametrů, zejména rychlosti. Za účelem snížení spotřeby energie a prodloužení dojezdu je zpravidla přistoupeno k pohybu omezenou rychlostí, což má za následek delší dobu obsluhy dané dopravní.

Stejně jako v případě vlečků je tak dvouzdrojová lokomotiva schopna nahradit lokomotivu nezávislé trakce i na výkonech, které jsou vedeny po elektrifikované trati, ale je nutné zajet po krátkém neelektrifikovaném úseku na odbočnou trať (např. do první mezilehlé stanice). Pokud to provozní model na dané trati umožňuje, není nižší rychlost jízdy obvykle překážkou k nasazení dvouzdrojové lokomotivy.

4.2 Současnost

K roku 2019 společnost ČD Cargo provozuje poslední tři lokomotivy řady 210, upravené pro provoz s bateriovými vozy. Jde o lokomotivy inventárních čísel 027, 046 a 074, dislokované v SOKV České Budějovice. [23] Pravidelně jsou nasazovány na vozebních ramenech:

- České Budějovice – Veselí nad Lužnicí – Jarošov nad Nežárkou
- Veselí nad Lužnicí – Tábor
- Horní Dvořiště – Rybník – Kaplice
- Rybník – Vyšší Brod klášter

Mimo ně je ve stavu jihočeského depa vedena ještě lokomotiva 218.028, určená především na českobudějovickou I. zálohu. Její náplní práce je posun a rozřazování souprav na tamním seřadovacím nádraží, doprava manipulačních vlaků do Včelné a Nemanic, včetně obsluhy přílehlých vleček (např. pivovaru Budvar). Operativně je vystavována i na další výkony v rámci českobudějovického uzlu, či střídá lokomotivy řady 210 na jejich výkonech.

4.3 Potenciální nasazení

Vzhledem ke značné členitosti a rozvětvenosti české železniční sítě je možné dvouzdrojové lokomotivy o adekvátních parametrech nasadit na mnoho výkonů, na kterých je v současnosti používána konvenční dieselelektrická lokomotiva, představovaná nejčastěji řadou 742, případně také 731 či 750. Jedná se zejména o manipulační vlaky, obsluhující mezilehlé stanice na elektrifikovaných tratích, včetně obsluhy neelektrifikovaných odbočných tratí.

Typickou ukázkou je například trať Šumperk – Kouty nad Desnou s neelektrifikovanou odbočkou do Sobotína, dlouhou pouze 3 kilometry. Zde je možné v podstatné části trati využít trakčního vedení a na krátké sobotínské odbočce použít pomocný pohon k obsluze tamní stanice. Obdobným případem je také trať Červenka – Litovel, navazující na koridorovou trať Olomouc – Česká Třebová. Možnost využití dvouzdrojové lokomotivy představuje i současný provozní model v okolí Čáslavi. Lokomotiva vyjíždí ráno na manipulačním vlaku z Kolína, s posunem ve stanici Kutná Hora hl.n. Po příjezdu do Čáslavi provádí obsluhu panelárny ve Vrdech, jejíž vlečka vychází z neelektrifikované odbočné trati do Třemošnice. Následně provede zájezd do stanice Golčův Jeníkov na hlavní trati do Havlíčkova Brodu, odkud se již vrací přes Kutnou Horu zpět do Kolína, kde její výkon ve večerních hodinách končí. Na všech jmenovaných místech dnes zajišťují veškerou regionální nákladní dopravu motorové lokomotivy řad 731 či 742 s vysokou volnoběžnou spotřebou a nemalými emisemi, a tak je nasazení dvouzdrojové lokomotivy vhodným řešením.



Obrázek 8. Typický záběr dneška – motorová lokomotiva na manipulačním vlaku na elektrifikované trati [Foto autor 2017]

Samostatnou kapitolou jsou vlaky, jedoucí po elektrifikované trati v celé trase, kde nasazení lokomotivy závislé trakce znemožňuje pouze fakt, že některé staniční koleje, případně vlečky, na něž je nutné při obsluze mezilehlých stanic zajíždět, nejsou zatrolejovány. Z mnoha případů je možné jmenovat například provoz v okolí Břeclavi, odkud vyjíždí manipulační vlaky do Vranovic a Moravského Písku. Podobně funguje provoz i v pražském uzlu, kde je lokomotiva řady 742 využívána k dopravě manipulačního vlaku do Dobřichovic, provádějícího cestou obsluhu stanic Praha-Krč a Praha-Radotín, stejně jako vlaku do Strančic s manipulacemi ve stanicích Praha-Malešice, Praha-Hostivař, Praha-Uhřetěves a Říčany. V některých případech se jedná o jízdu i po rozsáhlejších vlečkových komplexech (například kovošrot v Hostivaři).

Dalším provozním modelem, na němž se dnes často nasazuje lokomotiva nezávislé trakce, je tzv. smíšený provoz, tj. případ, kdy lokomotiva většinu času plní funkci staniční zálohy a posunuje s vozy ve vlakovorné stanici, ale v menší části času (obvykle v provozních přestávkách) je využita k vedení manipulačního vlaku, případně k jakémukoli krátkému výkonu v traťové službě dle aktuální provozní situace. Příkladem může být situace ve vlakovorné stanici Hněvice, kde je na hlavní staniční zálohu nasazována elektrická lokomotiva řady 111. Ta primárně zajišťuje sestavování souprav pro vlečkové vlaky do papíren Mondi Štětí, jejichž vlečka vychází z této stanice, a také přistavbu vozů pro projíždějící průběžné nákladní vlaky. Kromě toho může dopravovat manipulační vlak Hněvice – Lovosice a zpět. Tento vlak jede

v celé trase po dvojkolejně elektrifikované trati a obsluhuje mezilehlou stanicí Roudnice nad Labem, kde je prováděna přístavba vozů na nezatrolejované manipulační koleje. Pokud není třeba stanicí Roudnice nad Labem obsluhovat, je vlak veden řadou 111, v opačném případě musí být nasazena motorová lokomotiva řady 731, deponovaná po tento účel také v Hněvicích. Tato lokomotiva je zde však většinu času neproduktivně odstavena a využívána pouze v situacích, kdy není možné využít elektrickou lokomotivu ze staniční zálohy. Jejím dalším výkonem je tak druhý místní manipulační vlak, vedený z Hněvic do Dolních Beřkovic a zpět. Opět se jedná o elektrifikovanou trať, ale i zde jsou obsluhovány koleje bez trakčního vedení, vylučující nasazení řady 111.

Podobná situace panuje i ve stanicí Řečany nad Labem. Na staniční zálohu, provádějící posun s vozy pro elektrárnu Chvaletice, je zde nasazována lokomotiva řady 742, ačkoli jde o elektrifikovanou stanicí. V provozních přestávkách je totiž využita k vedení manipulačního vlaku do Přelouče, případně až do Heřmanova Městce či Prachovic.

Možnosti využití dvouzdrojové lokomotivy v současném provozu v České republice tak rozhodně nejsou malé. Jejich nasazení však často komplikuje technologicky složitější obsluha větších stanic a vlečků, případně sklonové poměry, kdy je spotřeba energie při mnoha rozjezdech, zastaveních a změnách směru značná. Vhodným dimenzováním parametrů lokomotivy, ideálně s využitím rekuperace, je však možné i tento problém řešit.



Obrázek 9. Ideální výkon pro elektrickou či dvouzdrojovou lokomotivu – posun a sestavování souprav, případně jejich doprava na krátkou vzdálenost; na snímku lokomotiva řady 111 ve stanicí Světec [Foto autor 2016]

5 Odhad možných úspor a doporučení způsobu nasazení

V této kapitole jsou na příkladech z reálného provozu provedeny srovnávací výpočty za účelem porovnání efektivity a energetické náročnosti jednotlivých řešení dvouzdrojových lokomotiv na vybraném vhodném výkonu, včetně odhadu možných úspor. Pro výpočty jsou použity zjednodušené fyzikální a nákladové vzorce, poskytnuté Ing. Pohlem na základě konzultace. Číselné vstupy do těchto vzorců jsou zčásti expertním odhadem Ing. Pohla, zčásti jde o fyzikální konstanty a empirické hodnoty (např. účinnost spalovacího motoru). Směrové a výškové parametry tratí jsou vlastním empirickým odhadem autora.

5.1 Úvod

Jak již bylo popsáno výše, dielelektrické lokomotivy jsou stále nasazovány na nemalém počtu vlaků, jedoucích v celé trase (nebo v její převážné části) po elektrifikovaných tratích. Cílem této části práce je, na základě provedených srovnávacích výpočtů, vyčíslit spotřebu energie a z ní plynoucí úspory při vedení vlaku dvouzdrojovou lokomotivou, a to v různých variantách (jak s pomocným dieselagregátem, tak s trakčními bateriemi).

V příkladech je řešeno porovnání spotřeby trakční energie a nákladů na ni u čtyř variant, kdy a) a b) jsou srovnávací varianty:

- a) Konvenční dielelektrická lokomotiva, nasazovaná v současnosti (řada 742)
- b) Čistě elektrická lokomotiva, za teoretického předpokladu, že by byly všechny manipulační koleje i vlečky elektrifikovány (řada 210)
- c) Dvouzdrojová elektrická lokomotiva s pomocným dieselagregátem (řada 210 D)
- d) Dvouzdrojová elektrická lokomotiva parciální s trakční baterií (řada 210 A)

Dva řešené příklady pochází z tratí se zcela odlišnými směrovými a sklonovými poměry, aby bylo možné demonstrovat rozdíly v nákladech na provoz jednotlivých variant v různých podmínkách.

Výpočty

Pro stanovení spotřeby energie je využit výpočet pomocí jednoduchého modelu, pracujícího s metodikou fyzikálních odporů prostředí, vyjádřených podílem tíhové síly působící na vlak.

Mezi nejvýznamnější takovéto složky patří:

- Jízdní odpor
- Střední odpor z oblouku
- Akcelerační odpor

Součet všech těchto odporů se nazývá **střední měrný trakční odpor**. Pro stanovení hodnot jednotlivých jmenovaných odporů je nutné znát řadu fyzikálních veličin a hodnot, závislých

nejen na konkrétním typu a parametrech vozidla, ale také na parametrech pojižděné trati a okolního prostředí. Všechny odpory jsou brány jako bezrozměrná veličina s jednotkou $\text{N} \cdot \text{kN}^{-1}$.

a) Jízdní odpor [26]

Prvním složkou je jízdní odpor p_0 , závislý, jak už název napovídá, primárně na jízdě vlaku. Jeho vzorec zní

$$p_0 = a + c \cdot v^2 \left[\frac{\text{N}}{\text{kN}} \right]$$

kde a je odpor valení, c měrný aerodynamický odpor a v rychlost jízdy vlaku (vozidla). Všechny veličiny jsou definovány jako stálé, tj. jejich hodnoty se v závislosti na čase nemění. Uvedené hodnoty jsou platné pro nákladní vlaky s různými typy vozů brzděné litinovými špalíky.

Definované hodnoty:

Veličina	Značka	Hodnota	Jednotka
Odpor valení	a	1,3	N/kN
Měrný aerodynamický odpor	c	0,0003	N/kN/(km/h) ²

Tabulka 1. Definované hodnoty jízdního odporu

b) Střední odpor z oblouku [26]

Druhou složkou měrného trakčního odporu p_r je střední odpor z oblouku, jež závisí zejména na směrových parametrech dané trati či traťového úseku. Použit je Röckelův vztah [26]:

$$p_r = \frac{650}{R - 50} \cdot \frac{k}{100} \left[\frac{\text{N}}{\text{kN}} \right]$$

kde R je průměrný poloměr oblouku na trati a k podíl délky oblouků na celkové délce trati. Hodnota 650 je brána pro hlavní tratě (v případě vedlejších tratí je možné ji nahradit hodnotou 500; oba typové příklady však pochází z tratí hlavních).

c) Akcelerační odpor [26]

Poslední složkou, promítající se do výpočtu měrného trakčního odporu, je odpor akcelerační (p_a). Jeho hodnota vychází primárně z charakteru jízdy, tedy z rychlosti vlaku a četnosti zastavení. Jeho vzorec zní

$$p_a = \frac{0,5 \cdot \xi \cdot v^2}{3,6^2 \cdot g \cdot L} \left[\frac{\text{N}}{\text{kN}} \right]$$

kde ξ je součinitel rotujících hmot, v je rychlost na konci rozjezdu (počítáno je s hodnotou na úrovni 95 % nejvyšší dovolené rychlosti vlaku), g je gravitační zrychlení a L průměrná vzdálenost mezi zastaveními vlaku. Hodnota $\xi = 1,06$ je stanovena jako konstantní.

Celková hodnota jízdního odporu se tedy vypočítá jako

$$\Sigma p = p_0 + p_r + p_a + s \left[\frac{N}{kN} \right]$$

kde p_0 , p_r a p_a jsou jednotlivé odpory a s je průměrné stoupání na dané trati v ‰.

Po stanovení jízdního odporu pro řešenou trať a konkrétní výkon dochází k výpočtu **měrné trakční práce**, která umožní převést jízdní odpor na jednotky, vhodné k přepočtu spotřebované energie na celkový dopravní výkon. Ten je počítán ve standardních jednotkách, tedy tunokilometrech (tkm). Vzorec pro výpočet celkového **dopravního výkonu** [26]:

$$W = w \cdot m \cdot L \left[\frac{kWh}{1000 tkm} \right]$$

kde w je celková trakční práce, m je hmotnost soupravy (celková, tedy lokomotivy i zátěže dohromady) a L vzdálenost, na jakou je daná hmotnost přemístěna. Vzorec pro výpočet měrné trakční práce [26]:

$$w_t = \frac{g \cdot \Sigma p}{3,6} \left[\frac{kWh}{1000 tkm} \right]$$

Vypočítaná trakční práce je již základem k určení měrné práce samotného pohonu a z něj plynoucí měrné spotřeby energie pro daný dopravní výkon.

Posledním ze série přípravných výpočtů je výpočet měrné spotřeby energie. K jejímu stanovení je využita již spočítaná měrná trakční práce a účinnost zdroje energie. Ta je definována konstantními hodnotami [26]:

Parametr	Značka	Hodnota	Jednotka
Výhřevnost nafty	h	10	kWh/litr
Účinnost PTZ	η_p	97	%
Účinnost elektrického pohonu v závislé trakci	η_e	85	%
Účinnost elektrického pohonu v nezávislé trakci (akumulátor)	η_a	74	%

Tabulka 2. Definované hodnoty účinností

Výsledkem je tedy měrná spotřeba trakční energie podle vzorce [26]

$$q_D = \frac{w_t}{h} \left[\frac{\text{litr}}{1000 tkm} \right]$$

pro dieselovou trakci a

$$q_E = \frac{w_t}{\eta} \left[\frac{\text{kWh}}{1000 \text{ tkm}} \right]$$

pro elektrickou trakci, kde w_t je měrná trakční práce, h výše zmíněná výhřevnost nafty a η účinnost. Takto získanou hodnotu spotřeby měrné trakční energie (paliva) je již možné využít ve výpočtu celkové spotřeby energie na vybraném výkonu.

Výpočet dopravní práce a celkové spotřeby

Při výpočtu samotné dopravní práce na daném výkonu se vychází ze zátěže vlaku a dráhy, kterou vlak na své trase urazí. Celková dopravní práce je vyčíslena v tunokilometrech. Zátěž vlaku a její průběh jsou podrobně definovány v každém příkladu zvlášť. Dopravní práce (**D**) je určena vztahem

$$D = m \cdot L$$

který vychází z výše řešeného výpočtu celkového dopravního výkonu. Celková spotřeba energie na předemném výkonu je tedy vyjádřena vztahem:

$$Q = q \cdot D$$

kde **q** je měrná spotřeba trakční energie a **D** je celková dopravní práce.

Výslednou spotřebu je následně možné využít pro vzájemné porovnání spotřeby energie jednotlivých druhů vozidel (pohonu) a případné vyčíslení nákladů na ni.

5.2 Význam sloupců ve výpočetních tabulkách (přílohy)

Pro lepší pochopení zejména tabulkové přílohy práce je vhodné detailně přiblížit význam jednotlivých sloupců výpočetních tabulek. Ve všech tabulkách platí, že hodnoty podbarvené žlutě jsou zadány ručně, hodnoty podbarvené bíle jsou automaticky dopočítány programem MS Excel.

- I. Sloupec **Δ čas** vyjadřuje délku trvání dané události ve formátu hod:min.
- II. Sloupec **čas** vyjadřuje aktuální čas v okamžiku dané události ve formátu hod:min.
- III. Sloupec **Δ dráha** vyjadřuje změnu dráhy během trvání dané události v km.
- IV. Sloupec **dráha** vyjadřuje aktuální ujetou dráhu od počátku výkonu v km.
- V. Sloupec **rychlost** vyjadřuje průměrnou rychlost během trvání dané události v km/h.
- VI. Sloupec **Δ zátěž** vyjadřuje změnu hmotnosti zátěže během trvání dané události v t.
- VII. Sloupec **zátěž** vyjadřuje celkovou hmotnost zátěže v okamžiku dané události.
- VIII. Sloupec **hmotnost** vyjadřuje celkovou hmotnost soupravy (včetně hnacího vozidla) v okamžiku dané události.

- IX. Sloupec **Δ dopr. pr.** vyjadřuje vykonanou dopravní práci během trvání dané události v hrtkm.
- X. Sloupec **dopr. pr.** vyjadřuje celkovou vykonanou dopravní práci do dané události včetně (viz též XIV. a XVIII.) v hrtkm.
- XI. Sloupec **trolej** vyjadřuje binárně (1/0) skutečnost, zdali je vozidlo v daném okamžiku napájeno z troleje (a tedy se pohybuje na primární pohon), či ne.
- XII. Sloupec **spotř. zákl.** vyjadřuje základní (volnoběžnou) spotřebu primárního pohonu vozidla, která se v závislosti na zátěži (sloupec VII.) nemění.
- XIII. Sloupec **spotř. dif.** vyjadřuje diferenční spotřebu primárního pohonu vozidla, která se mění v závislosti na zátěži (sloupec VII.).
- XIV. Sloupec **spotř. cel.** vyjadřuje celkovou spotřebu primárního pohonu vozidla během trvání dané události (jde o součet základní a diferenční spotřeby).
- XV. Sloupec **diesel / aku** vyjadřuje binárně (1/0) skutečnost, zdali se vozidlo v daném okamžiku pohybuje na sekundární pohon, či ne (pracuje se se skutečností, že se vozidlo vždy pohybuje pouze na jeden pohon).
- XVI. Sloupec **spotř. zákl.** vyjadřuje základní (volnoběžnou) spotřebu sekundárního pohonu vozidla, která se v závislosti na zátěži (sloupec VII.) nemění.
- XVII. Sloupec **spotř. dif.** vyjadřuje diferenční spotřebu sekundárního pohonu vozidla, která se mění v závislosti na zátěži (sloupec VII.).
- XVIII. Sloupec **spotř. cel.** vyjadřuje celkovou spotřebu sekundárního pohonu vozidla během trvání dané události (jde o součet základní a diferenční spotřeby).
- XIX. Sloupec **Δ čas d / Δ čas a** vyjadřuje délku pohybu vozidla na sekundární pohon (**d** pro diesel, **a** pro akumulátor).
- XX. Sloupec **čas d / čas a** vyjadřuje celkovou aktuální dobu pohybu vozidla na sekundární pohon.

5.3 Manipulační vlak Vranovice – Břeclav – Moravský Písek

Jako jeden z nejvhodnějších výkonů pro provoz dvouzdrojové lokomotivy v současnosti byl vybrán manipulační vlak Vranovice – Břeclav – Moravský Písek, již zmíněný v kapitole 3 a vedený v jízdním řádu pod čísly 82521 a 82640. Tento vlak je v celé trase veden po dvojkolejně elektrifikované trati koridorového typu se střídavou napájecí soustavou 25 kV/50 Hz; mimo trakční vedení jeho lokomotiva zajíždí pouze při obsluze manipulačních kolejí a vleček v nácestných stanicích. V současnosti je na tomto výkonu nasazována lokomotiva řady 742 z pracoviště Břeclav.

V typovém příkladu je pro zjednodušení použit model jednoduchých vozových zásilek, kdy jsou vozy (zátěž vlaku) uvažovány jako striktně jednotné – hmotnost každého prázdného vozu činí

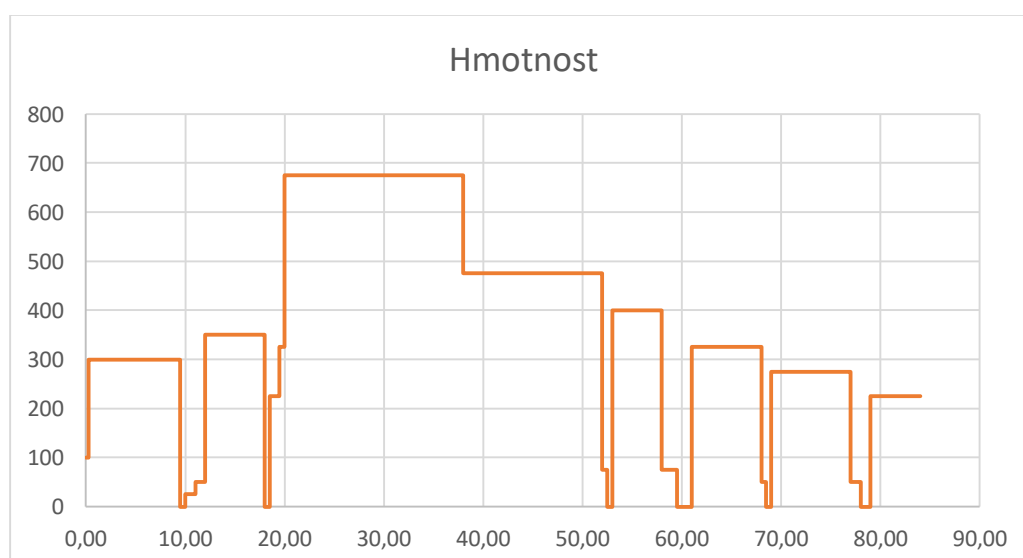
25 tun, hmotnost loženého vozu činí 75 tun. Přehled zátěže vlaku na základě dlouhodobého sledování přináší následující tabulky:

Úsek	Sestava vlaku (vozy)	Hmotnost soupravy
Vranovice – Šakvice	4 ložené	300 t
Šakvice – Zaječí	4 ložené + 2 prázdné	350 t
Zaječí – Břeclav	7 ložených + 6 prázdných	675 t
Břeclav – Lužice	3 ložené + 10 prázdných	475 t
Lužice – Hodonín	3 ložené + 7 prázdných	400 t
Hodonín – Rohatec	3 ložené + 4 prázdné	325 t
Rohatec – Bzenec přívoz	3 ložené + 2 prázdné	275 t
Bzenec přívoz – Moravský Písek	3 ložené	225 t

Tabulka 3. Definovaná zátěž vlaku ve směru Vranovice – Moravský Písek

Úsek	Sestava vlaku (vozy)	Hmotnost soupravy
Moravský Písek – Bzenec přívoz	3 prázdné	75 t
Bzenec přívoz – Rohatec	2 ložené + 3 prázdné	225 t
Rohatec – Hodonín	4 ložené + 3 prázdné	375 t
Hodonín – Lužice	7 ložených + 3 prázdné	600 t
Lužice – Břeclav	10 ložených + 3 prázdné	825 t
Břeclav – Zaječí	6 ložených + 7 prázdných	625 t
Zaječí – Šakvice	2 ložené + 4 prázdné	250 t
Šakvice – Vranovice	4 prázdné	100 t

Tabulka 4. Definovaná zátěž vlaku ve směru Moravský Písek – Vranovice



Obrázek 10. Průběh hmotnosti vlaku na trase Vranovice – Moravský Písek

Průběh hmotnosti na celé trase vlaku (ve směru z Vranovic do Moravského Písku) ilustruje vzorový graf výše. Zátěž je uvažována v obou směrech stejná (dle modelu: co se přiveze prázdné, se v dané stanici naloží, co se přiveze ložené, se vyloží a odesílá prázdné zpět). Jízdní řád vlaku, jeden ze základů pro následující výpočty, je vyňat ze sešitového jízdního řádu pro GVD 2018/2019.

Příjezd	Odjezd	Stanice	Příjezd	Odjezd
	2:58	Vranovice	0:55	
3:09	4:02	Šakvice	23:30	0:43
4:10	4:25	Zaječí	23:05	23:22
4:45	6:40	Břeclav přednádraží	15:10	22:47
7:01	7:50	Lužice	14:28	14:50
7:58	9:50	Hodonín	13:11	14:19
10:02	10:35	Rohatec	12:21	13:00
10:47	11:03	Bzenec přívóz	11:32	12:10
11:11		Moravský Písek		11:23

Tabulka 5. Jízdní řád vlaku 82521/82640

Vlak cestou manipuluje s vozy ve všech vyjmenovaných stanicích. Trať o celkové délce 72 km vede v rovinaté krajině s minimálními podélnými sklony – nejvyšší sklon na celém úseku dosahuje 4,7 ‰ (v úseku Bzenec přívóz – Rohatec), průměrný poloměr oblouku činí více než 1 000 m. Je uvažováno, že dvouzdvojevá lokomotiva jede v mezistaničních úsecích na elektrický pohon, při posunu využívá spalovací motor, případně baterii. Pro zjednodušení je odhadnuta vzdálenost, jakou hnací vozidlo ujede při posunu v každé stanici (vzdálenost v jednom směru):

Stanice	Vzdálenost	Obsluhované vlečky
Vranovice	500 m	Manipulační kolej
Šakvice	3 000 m	Mostárna, průmyslový areál
Zaječí	2 000 m	Válcovny, manipulační kolej
Břeclav přednádraží	0 m	Žádné (posun a sestavu vlaku zajistí staniční záloha)
Lužice	1 000 m	Naftové doly
Hodonín	3 000 m	Průmyslový areál
Rohatec	1 000 m	Manipulační kolej
Bzenec přívóz	2 000 m	Pískovna
Moravský Písek	500 m	Manipulační kolej

Tabulka 6. Ujeté vzdálenosti při posunu

Celkem tedy HV ujede 13 km v režimu posunu, 26 km za celý obrat. V Břeclavi probíhá posun a sestavování soupravy vlaku, které ale provádí místní staniční záloha (lokomotiva řady 731) a které tedy není předmětem tohoto příkladu. Ve výpočtech je kalkulováno s variantou, že je lokomotiva již přímo přistavena k sestavenému vlaku a z něj po příjezdu také ihned odstoupí, bez další manipulace se soupravou.

Parametr	Hodnota	Jednotka
Průměrné stoupání	2	‰
Průměrný poloměr oblouku	1 200	m
Podíl oblouků na délce tratě	15	%

Tabulka 7. Definované parametry trati Vranovice – Moravský Písek

Veličina	Značka	Hodnota	Jednotka
Vzdálenost míst zastavení	L	$6 / 10^1 / 0,5^2$	km
Jízdní rychlost	v	$60 / 25^2$	km/h

Tabulka 8. Definované fyzikální veličiny

¹ – pro lokomotivy řady 210 D, 210 A v elektrickém režimu

² – pro lokomotivy řady 210 D, 210 A v režimu dieselagregátu, resp. trakční baterie

Zdroj energie	Cena
Motorová nafta	28 Kč/litr
Elektřina	2,3 Kč/kWh

Tabulka 9. Ceny zdrojů energie

Výsledky

Pro ekvivalentní porovnání všech typů lokomotiv, jejich spotřeby energie a provozních nákladů byl zvolen způsob váženého součtu, kdy celkovou trakční energii tvoří:

- u lokomotivy řady 742 pouze spotřeba nafty, převedená přes výhřevnost nafty
- u lokomotivy řady 210 pouze spotřeba elektrické energie
- u lokomotivy řady 210 D spotřeba elektrické energie z troleje, sečtená se spotřebou nafty pomocného spalovacího motoru a převedenou přes výhřevnost
- u lokomotivy řady 210 A spotřeba elektrické energie z troleje, sečtená se spotřebou energie při jízdě na baterii

Celková spotřeba energie **Q** je tedy výsledkem vzorce

$$Q = q_D + q_E + q_A \text{ [kWh]}$$

kde q_D je spotřeba nafty spalovacího motoru, q_E spotřeba elektrické energie z troleje a q_A spotřeba elektrické energie z baterie. Způsoby pohonu, kterými konkrétní řada nedisponuje, jsou samozřejmě rovny nule, tedy u lokomotivy řady 742 $q_E = q_A = 0$, u řady 210 $q_D = q_A = 0$, u řady 210 D $q_A = 0$ a u řady 210 A $q_D = 0$.

Takto vyjádřené spotřeby energie jsou následně převedeny na provozní náklady P vynásobením cen příslušných energetických zdrojů, tedy

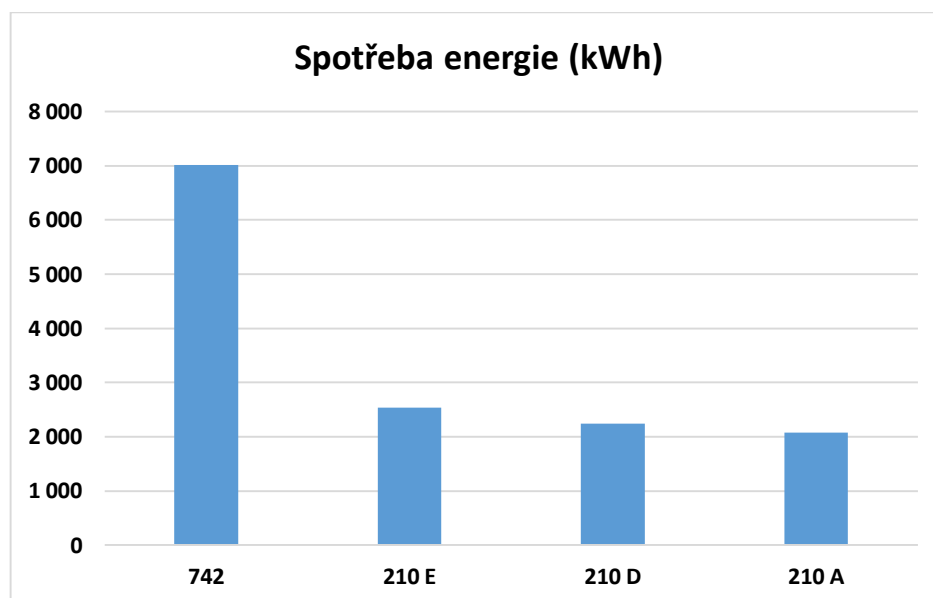
$$P = \frac{q_D}{h} \cdot P_D + (q_E + q_A) \cdot P_E \text{ [Kč]}$$

kde h je výhřevnost nafty, P_D je cena nafty a P_E cena elektrické energie dle tabulky 9 výše.

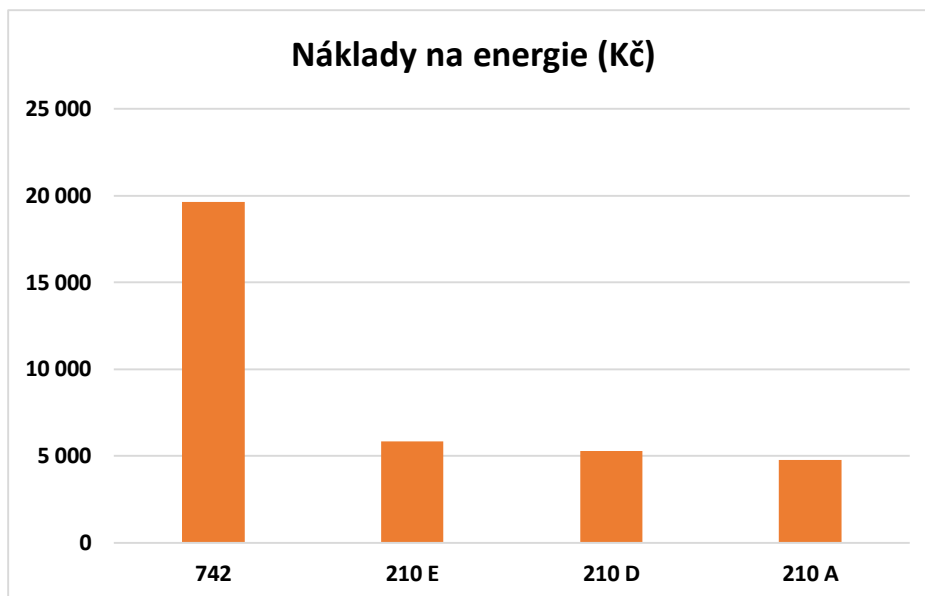
Celkové náklady na provoz jednotlivých typů lokomotiv na daném výkonu ilustruje následující tabulka a grafy:

loko	VR-BV		BV-MP		MP-BV		BV-VR		Celkem	
	Q [kWh]	[Kč]	Q [kWh]	[Kč]	Q [kWh]	[Kč]	Q [kWh]	[Kč]	Q [kWh]	[Kč]
742	1 748	4 894	1 720	4 816	2 083	5 833	1 464	4 101	7 016	19 644
210 E	643	1 480	601	1 382	756	1 738	538	1 237	2 538	5 836
210 D	560	1 316	535	1 273	668	1 586	472	1 116	2 235	5 291
210 A	532	1 223	485	1 115	617	1 420	441	1 014	2 075	4 772

Tabulka 10. Náklady na provoz jednotlivých typů lokomotiv na trati Vranovice – Moravský Písek



Obrázek 11. Spotřeba energie na vlaku Vranovice – Moravský Písek



Obrázek 12. Náklady na energii na vlaku Vranovice – Moravský Písek

Je zřejmé, že vozidlo elektrické trakce je schopno daný výkon zastat výrazně efektivněji a při zhruba třetinové spotřebě energie proti lokomotivě nezávislé trakce srovnatelných parametrů; nemalou devizou elektrického pohonu je i výrazná redukce emisí. Celkové náklady na provoz se u jednotlivých typů elektrických vozidel již příliš neliší, u lokomotivy parciální je další snížení spotřeby zásluhou zejména nulové „volnoběžné“ spotřeby a možností rekuperace energie zpět do baterie.

Po přepočtu na provozní náklady vychází s odkazem na vypočtenou spotřebu energie výrazně výhodněji použití lokomotivy závislé trakce, potažmo dvouzdrojového vozidla. Dle údajů platných pro GVD 2018/2019 jede vlak v úseku Břeclav – Vranovice a zpět v noci na pondělí, středu a pátek, z Břeclavi do Moravského Písku a zpět je zaváděn každý pracovní den. Na vranovické větvi je tak provozován přibližně 150 dní v roce, na větvi do Moravského Písku 250 dní ročně. Provozní model tedy vypadá tak, že lokomotiva zahajuje svůj pracovní týden v neděli večer výjezdem z Břeclavi do Vranovic a končí v pátek odpoledne příjezdem z Moravského Písku. Navíc jsou v jejím oběhu dvě dlouhé provozní přestávky, a to od pondělního odpoledne do úterního rána a od středečního odpoledne do čtvrtečního rána, zapříčiněné omezením provozu na vranovické větvi. I při teoretickém nasazení lokomotivy pouze na tento výkon je úspora, vygenerovaná použitím vhodného dvouzdrojového vozidla, výrazná. Přesná čísla při daných okrajových podmínkách uvádí tabulka 11. Celkový součet roční spotřeby energie příslušného hnacího vozidla je získán dle vzorce

$$Q = q_v \cdot 150 + q_{MP} \cdot 250 \text{ [kWh]}$$

kde q_v je součet spotřeby energie v úsecích VR-BV a BV-VR, q_{MP} je součet spotřeby energie v úsecích BV-MP a MP-BV; obojí převzato z tabulky 10.

loko	BV-VR		BV-MP		Celkem		Úspora [Kč]
	Q [kWh]	[Kč]	Q [kWh]	[Kč]	Q [kWh]	[Kč]	
742	3 212	8 994	3 803	10 650	1 432 695	4 011 547	0
210 E	1 181	2 717	1 356	3 120	516 265	1 187 408	2 824 139
210 D	1 032	2 432	1 203	2 858	455 659	1 079 411	2 932 136
210 A	973	2 237	1 102	2 535	421 389	969 195	3 042 352

Tabulka 11. Roční náklady na energie na vlaku Vranovice – Moravský Písek

Nejnižší náklady na energie tedy vykazuje lokomotiva parciální, vybavená bateriemi. Roční úspora pouze na energiích při náhradě v současnosti nasazované lokomotivy řady 742 právě touto lokomotivou dosahuje hodnoty okolo 3 milionů Kč, je tak více než žádoucí zvážit tuto náhradu a skutečně ji provést. Při odhadované limitní ceně rekonstrukce jedné lokomotivy řady 210 na parciální ve výši 20 milionů Kč je tak návratnost takovéto rekonstrukce kratší než 10 let, a to i při nasazení stroje pouze na výše zmíněný výkon.

5.4 Manipulační vlak Karlovy Vary – Stráž nad Ohří

Druhým výkonem, vybraným jako ilustrace vhodného nasazení dvouzdrojové lokomotivy, je manipulační vlak z Karlových Varů do Stráže nad Ohří. Také zde se jedná o spoj, vedený v celé trase po dvojkolejně elektrifikované trati, se zájezdy mimo trakční vedení pouze při posunu na manipulačních kolejích. Také tento výkon zajišťuje v současnosti motorová lokomotiva stejné řady 742, tentokrát z provozního pracoviště Karlovy Vary.

Na rozdíl od předchozího příkladu, kdy se celá trať nachází v rovinném terénu s minimálními podélnými sklony a pouze jednotlivými oblouky o velkých poloměrech, je trať Karlovy Vary – Stráž nad Ohří sklonově i směrově výrazně náročnější, jelikož vede kopcovitou krajinou Podkrušnohoří. Průměrné stoupání dosahuje téměř 10 %, maximální až 14 % a podíl oblouků je nadpoloviční.

Vlak cestou manipuluje s vozy v obou směrech pouze v jedné mezilehlé stanici, kterou je Ostrov nad Ohří, a v cílové stanici Stráž nad Ohří. Pro zjednodušení je opět využit model zátěže s vozy o identické hmotnosti (prázdný vůz 25 tun, ložený 75 tun); zátěž určuje následující tabulka:

Úsek	Sestava vlaku (vozy)	Hmotnost soupravy
Karlovy Vary – Ostrov nad Ohří	6 prázdných	150 t
Ostrov nad Ohří – Stráž nad Ohří	3 prázdné	75 t
Stráž nad Ohří – Ostrov nad Ohří	3 ložené	225 t
Ostrov nad Ohří – Karlovy Vary	6 ložených	450 t

Tabulka 12. Definovaná zátěž vlaku Karlovy Vary – Stráž nad Ohří a zpět

Jízdní řád vlaku vychází z GVD 2018/2019.

Příjezd	Odjezd	Stanice	Příjezd	Odjezd
	8:10	Karlovy Vary	11:03	
8:34	8:58	Ostrov nad Ohří	10:17	10:41
9:14		Stráž nad Ohří		10:00

Tabulka 13. Jízdní řád vlaku 87101/87100

Technologie obsluhy je identická s prvním příkladem, lokomotiva nezávislé trakce, stejně jako lokomotiva čistě elektrická, používají po celou dobu pouze svůj jediný způsob pohonu, dvouzdrojová lokomotiva využívá svůj primární pohon při jízdě po trati, při posunu se pohybuje pomocí pohonu sekundárního (pomocného dieselu, či baterie).

Parametr	Hodnota	Jednotka
Průměrné stoupání	9	‰
Průměrný poloměr oblouku	500	m
Podíl oblouků na délce tratě	60	%

Tabulka 14. Definované parametry trati Karlovy Vary – Stráž nad Ohří

Veličina	Značka	Hodnota	Jednotka
Vzdálenost míst zastavení	L	$6 / 10^1 / 0,5^2$	km
Jízdní rychlost	v	$60 / 25^2$	km/h

Tabulka 15. Definované fyzikální veličiny

¹ – pro lokomotivy řady 210 D, 210 A v elektrickém režimu

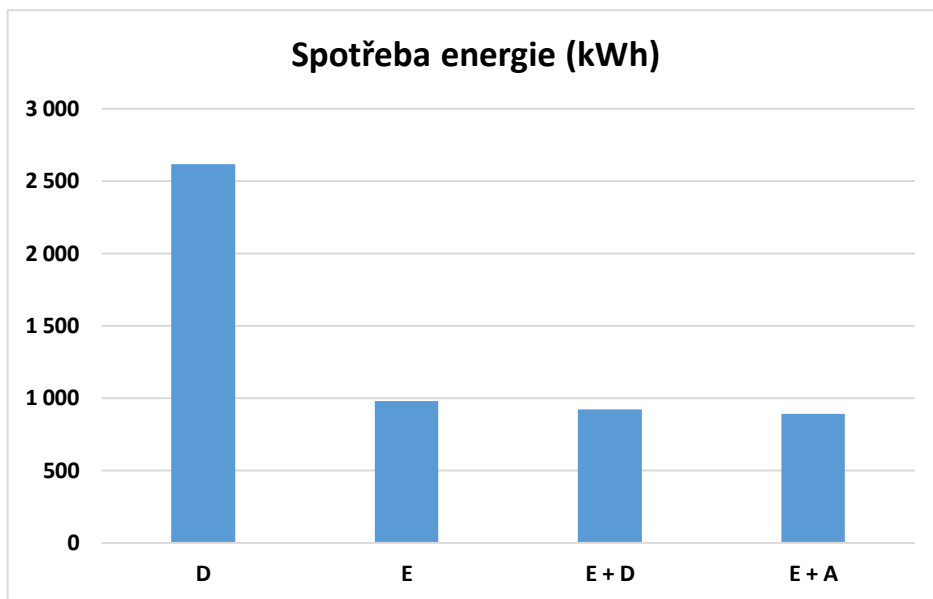
² – pro lokomotivy řady 210 D, 210 A v režimu dieselagregátu, resp. trakční baterie

Výsledky

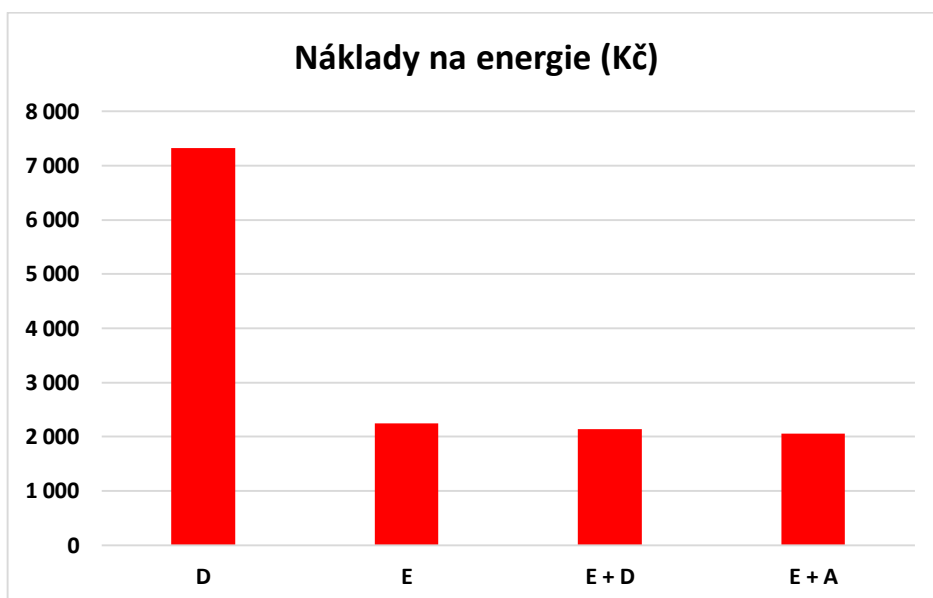
Náklady na energie u porovnávaných typů lokomotiv ukazuje následující tabulka a grafy. Postup výpočtu je shodný s postupem popsáním v příkladu 5.3.

loko	Celkem (den)	
	E [kWh]	[Kč]
742	2 617	7 329
210 E	978	2 249
210 D	920	2 139
210 A	892	2 051

Tabulka 16. Spotřeba energie a náklady na trati Karlovy Vary – Stráž nad Ohří a zpět



Obrázek 13. Spotřeba energie na vlaku Karlovy Vary – Stráž nad Ohří a zpět



Obrázek 14. Náklady na energii na vlaku Karlovy Vary – Stráž nad Ohří a zpět

I zde je přes zcela rozdílné parametry trati patrný nápadný rozdíl ve spotřebě a nákladech ve prospěch dvouzdrojových lokomotiv. Vzhledem k výrazně nižším objemům zátěže a celkové délce trati se jedná o řádově menší hodnoty, procentuálně však dvouzdrojová lokomotiva spotřebuje pouze 35 % energie proti lokomotivě nezávislé trakce a náklady na energii jsou na úrovni 30 % nákladů lokomotivy řady 742. Dle platného GVD probíhá obsluha Stráže nad Ohří pouze dvakrát týdně (v pondělí a středu); pokud by byla dvouzdrojová lokomotiva využívána efektivně i na dalších podobných výkonech v regionu (manipulační vlaky Karlovy Vary – Chodov, staniční záloha v Novém Sedle u Lokte a další), lze tímto způsobem dosáhnout podobně vysokých úspor, jako v prvním příkladu z Břeclavska. Negativem je

nemožnost použití na některých neelektrifikovaných tratích, které v současnosti obsluhuje lokomotiva řady 742 v rámci svého celodenního nasazení v Karlových Varech (např. trať do Teplé či Nejdku), ale vhodnou úpravou oběhu je možné tento problém řešit.



Obrázek 15. Současná podoba manipulačního vlaku do Stráže nad Ohří s lokomotivou 742 [Foto autor 2017]

5.5 Shrnutí ekonomických a dalších přínosů dvouzdrojových lokomotiv

Z výše provedených výpočtů a prezentovaných příkladů vyplývá, že vhodným nasazením dvouzdrojové lokomotivy je možné oproti konvenční lokomotivě nezávislé trakce docílit zásadních úspor provozních nákladů. Při efektivním provozu lokomotivy dosahuje snížení jen nákladů na trakční energii řádově 50 až 75 % v závislosti na konkrétním využití, a to při srovnatelných výkonových parametrech. Kromě samotné nižší spotřeby energie je další úspora vygenerována použitím rekuperace a návratem energie zpět do přenosové soustavy. Nezanedbatelným ekologickým aspektem použití dvouzdrojové lokomotivy je i redukce emisí, které jsou u lokomotivy s pomocnými bateriemi sníženy až na nulovou hodnotu, což je vhodné řešení zejména v oblastech s dlouhodobě zhoršenou kvalitou ovzduší (průmyslové, důlní oblasti), či v místech, kde není možné emise produkovat z důvodů bezpečnostních (uzavřené haly, areály, místa s nebezpečím výbuchu aj.). Dalším pozitivním přínosem je snížení hlučnosti, které může být opět využito k efektivnější práci lokomotivy a její čety, například v oblastech velkých měst, kde je nutné dodržet limity hluku především v nočních hodinách (typicky na seřaďovacím nádraží Praha-Libeň, umístěném uprostřed městské zástavby).

Nemalou úsporu představuje i snížení nákladů na údržbu, vyvolané nižší údržbovou náročností elektrických strojů oproti spalovacímu motoru, vyžadujícímu množství náhradních dílů a jejich častou výměnu. Údržba elektrické části dvouzdrojové lokomotivy se nijak neliší od běžné, čistě elektrické lokomotivy, a část bateriová je brána jako v podstatě bezúdržbová, vzhledem k umístění baterií v uzavřených kontejnerech. Životnost moderního LTO akumulátoru činí přes 10 000 nabíjecích cyklů a je tak plně srovnatelná se životností spalovacího motoru.

Dvouzdrojová lokomotiva je tak vozidlem s vysokým potenciálem nasazení na širokém spektru výkonů, od posunovací služby ve stanicích, přes obsluhu vlečkových areálů až po traťovou službu na krátké i delší vzdálenosti. Její práce však musí být naplánována tak, aby byla efektivně využita po co největší část provozního dne. Zároveň by dvouzdrojová lokomotiva neměla být používána jako plný substitut lokomotivy nezávislé trakce. Také není vhodné pro ni plánovat výkony na hranici možností sekundárního (nezávislého) pohonu, a to vzhledem k životnosti baterií, která je jejich nadměrným opotřebáváním rapidně snížena. Při dodržení těchto podmínek je však možné ji provozovat v rozličných podmínkách, plně srovnatelných s lokomotivami konvenčními.

6 Závěr

Přestože od výroby nejstarší dvouzdrojové lokomotivy na našem území uběhlo již více než 30 let, stále jsou tyto lokomotivy v českém prostředí na okraji zájmu a jejich podíl na provozu v nákladní dopravě je velmi malý. Ironií osudu zůstávají i nadále v provozu některá z vývojově starších řešení (kombinace elektrické a dieselové lokomotivy, elektrická lokomotiva s bateriovým vozem), zatímco k zavedení ryze dvouzdrojových, případně i parciálních lokomotiv, dosud ve větším měřítku nedošlo. Výše zmíněná lokomotiva řady 718.5, vyrobená v jediném prototypu, vydržela v provozu 10 let a její další osud je velmi nejistý. Dalším slibným projektem se stala dvouzdrojová lokomotiva řady 218, kombinující výhody elektrického a dieselového pohonu, i u ní však zatím zůstalo u jediného exempláře.

Cílem práce bylo představit princip činnosti dvouzdrojových vozidel, jejich využití a vyčíslit reálné úspory při náhradě konvenčního vozidla nezávislé trakce vozidlem dvouzdrojovým. Mezi hlavní přínosy práce patří doporučení nasazení dvouzdrojového vozidla v praxi a prokázání jeho efektivity. Také je provedena praktická aplikace vzorců k výpočetnímu ověření ekonomické výhodnosti dvouzdrojových vozidel na příkladech z reálného provozu, kdy úspora pouze na nákladech na energie je při nasazení vozidla na vhodný výkon značná. Výsledky, shrnuté v tabulkové příloze, tyto závěry jasně ukazují. Tímto způsobem je možné prokázat, že návratnost investice do dvouzdrojového vozidla je při jeho efektivním využití ze strany provozovatele velmi krátká v poměru k délce jeho očekávané životnosti. Věřím, že poznatky získané při tvorbě této práce nejsou přínosem pouze pro jejího autora, ale mohou být zohledněny i v celospolečenském měřítku.

Seznam použité literatury

- [1] EMD FL9. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/EMD_FL9
- [2] EMD FL9. American-Rails.com [online]. [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: <https://www.american-rails.com/fl9.html>
- [3] Baldwin RP-210. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Baldwin_RP-210
- [4] British Rail Class 73. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/British_Rail_Class_73
- [5] Class 73 Electro-Diesel. Kent Rail [online]. [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: <https://www.kentrail.org.uk/Class%2073.htm>
- [6] British Rail Class 74. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/British_Rail_Class_74
- [7] GE Genesis. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/GE_Genesis#P32AC-DM
- [8] EMD DE30AC and DM30AC. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/EMD_DE30AC_and_DM30AC
- [9] NJT ALP-45 Dual Power. Railcolor.net [online]. [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: <https://www.railcolor.net/index.php?nav=1405722&lang=1>
- [10] Bombardier ALP-45DP. World Wide Rails [online]. [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: <https://worldwiderails.com/bombardier-alp-45dp/>
- [11] NJT upping ALP-45DP fleet. Railway Age [online]. 7. 12. 2017 [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: <https://www.railwayage.com/passenger/commuterregional/njt-upping-alp-45dp-fleet/>
- [12] SBB Tem III. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/SBB_Tem_III
- [13] Normalspur-Triebfahrzeuge im Eigentum der SBB. In: Sgeg.ch [online]. [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: http://www.sgeg.ch/verzeichnisse/Normalspur-Triebfahrzeuge_SBB.pdf
- [14] Electro-diesel shunter order. Railway Gazette [online]. 8. 7. 2010 [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: <https://www.railwaygazette.com/news/single-view/view/electro-diesel-shunter-order.html>
- [15] SBB Cargo electro-diesel shunter unveiled. Railway Gazette [online]. 14. 10. 2011 [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: <https://www.railwaygazette.com/news/freight/single-view/view/sbb-cargo-electro-diesel-shunter-unveiled.html>

- [16] BUTLER DUAL-POWER LOCOMOTIVE. Stadler Rail [online]. [cit. 2019-07-12].
Dostupné z: <https://www.stadlerrail.com/media/pdf/I923sbb0311e.pdf>
- [17] ŽM - atlas vozidel. Motorové lokomotivy v ČR a na Slovensku. Praha: M-Press, 2009.
ISBN 978-80-260-0536-0.
- [18] Atlas vozidel 1.díl: Elektrické lokomotivy ČD a ŽSR. Praha: Corona, 2000. ISBN 977-12-121-8500-7.
- [19] 230.001+704.017 Lužice, 23.1.2017. In: K-report [online]. [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: <https://www.k-report.net/ukazobrazek.php?soubor=1175487.jpg>
- [20] 210.036 + 708.004, Ražice 2.10.2017. In: Lokomotivy.net [online]. [cit. 2019-07-12].
Dostupné z: <https://www.lokomotivy.net/zobraz2.php?rada=r210&loko=3603&cislo=>
- [21] SMEJKAL, Luboš. Provoz elektrické lokomotivy mimo trolejové vedení. In:
Vědeckotechnický sborník ČD. Praha: České dráhy, 1999, s. 41. Dostupné z:
<https://vts.cd.cz/documents/168518/195396/803.pdf/9162a215-090f-4341-9d0d-65dda7e287cb>
- [22] ŠIMEK, Luděk. Baterky na kolejích. Vlaky.net [online]. 7. 5. 2016 [cit. 2019-07-12].
Dostupné z: <https://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/6071-Baterky-na-kolejich/>
- [23] Dislokace hnacích vozidel ČD Cargo. Stránky přátel železnic [online]. [cit. 2019-07-12].
Dostupné z: http://spzold.logout.cz/disl/dislokace_cdc_2017_02.php
- [24] BEČVÁŘ, Jiří. Curriculum vitae: dvouzdrojové vozidlo 218. Cargovák [online]. ČD Cargo,
květen 2011 [cit. 2019-07-12]. Dostupné z: http://www.ceskedrahy.cz/assets/informacni-servis/cargovak/cargovak-2011/cargovak_05_2011.pdf
- [25] HARÁK, Martin. Dvouzdrojová Žehlička dostane modernější sestru. Železničář [online].
České dráhy, 11. 9. 2014 [cit. 2019-07-12]. Dostupné z:
<https://seznam.cd.cz/zeleznicar/skupina-cd/dvouzdrojova-zehlicka-dostane-modernejsi-sestru/-5109/>
- [26] Osobní konzultace s Ing. Jiřím Pohlem

Seznam příloh

- A.1 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 742 (úsek Vranovice – Břeclav)
- A.2 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 (úsek Vranovice – Břeclav)
- A.3 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 D (úsek Vranovice – Břeclav)
- A.4 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 A (úsek Vranovice – Břeclav)
- A.5 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 742 (úsek Břeclav – Moravský Písek)
- A.6 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 (úsek Břeclav – Moravský Písek)
- A.7 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 D (úsek Břeclav – Moravský Písek)
- A.8 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 A (úsek Břeclav – Moravský Písek)
- A.9 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 742 (úsek Moravský Písek – Břeclav)
- A.10 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 (úsek Moravský Písek – Břeclav)
- A.11 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 D (úsek Moravský Písek – Břeclav)
- A.12 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 A (úsek Moravský Písek – Břeclav)
- A.13 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 742 (úsek Břeclav – Vranovice)
- A.14 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 (úsek Břeclav – Vranovice)
- A.15 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 D (úsek Břeclav – Vranovice)
- A.16 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 A (úsek Břeclav – Vranovice)
- B.1 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 742 (úsek Karlovy Vary – Stráž nad Ohří a zpět)
- B.2 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 (úsek Karlovy Vary – Stráž nad Ohří a zpět)
- B.3 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 D (úsek Karlovy Vary – Stráž nad Ohří a zpět)
- B.4 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 A (úsek Karlovy Vary – Stráž nad Ohří a zpět)

A.1 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 742 (úsek Vranovice – Břeclav)

typ lokomotivy		DE
řada lokomotivy		742
hmotnost loko	t	64
základní spotřeba	litr/h	8,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN	9,0
měrná trakční práce	kWh/1000tkm	24,5
účinnost	%	32
úspora rekuperací	%	0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000tkm	76,5
výhřevnost nafty	kWh/litr	10,0
měrná spotřeba	litr/1000tkm	7,6

a	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h) ²	0,0003
v	km/h	75
p0	N/kN	3,0
s	‰	2,0
R	m	1200
k	%	15
pr	N/kN	0,1
ksí		1,06
L	km	6
pa	N/kN	3,9
Σp	N/kN	9,0

místo	stav	Δ čas		Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost		dopr. pr.		spotř. zákl.		
		h:m:mm	h:m:mm						t	hrtkm	hrtkm	litr	litr	litr	
Vranovice	příjezd		2:00	0,00	0,00	0		100	164	0	0	0,0	0,0	0,0	
Vranovice	odjezd	0:10	2:10	0,00	0,00	0		100	164	0	0	1,3	0,0	1,3	
man. kolej	příjezd	0:02	2:12	0,25	0,25	8		100	164	41	41	0,3	0,3	0,6	
man. kolej	odjezd	0:08	2:20	0,00	0,25	0	200	300	364	0	41	1,1	0,0	1,1	
Vranovice	příjezd	0:02	2:22	0,25	0,50	8		300	364	91	132	0,3	0,7	1,0	
Vranovice	odjezd	0:36	2:58	0,00	0,50	0		300	364	0	132	4,8	0,0	4,8	
Šakvice	příjezd	0:11	3:09	9,00	9,50	49		300	364	3276	3408	1,5	25,1	26,5	
Šakvice	odjezd	0:07	3:16	0,00	9,50	0	-300	0	64	0	3408	0,9	0,0	0,9	
Šakvice	odjezd	0:04	3:20	1,00	10,50	15		0	64	64	3472	0,5	0,5	1,0	
Mostárna	příjezd	0:10	3:30	0,00	10,50	0	25	25	89	0	3472	1,3	0,0	1,3	
areál	příjezd	0:05	3:35	1,00	11,50	12		25	89	89	3561	0,7	0,7	1,3	
areál	odjezd	0:05	3:40	0,00	11,50	0	25	50	114	0	3561	0,7	0,0	0,7	
Šakvice	příjezd	0:03	3:43	1,00	12,50	20		50	114	114	3675	0,4	0,9	1,3	
Šakvice	odjezd	0:19	4:02	0,00	12,50	0	300	350	414	0	3675	2,5	0,0	2,5	
Zaječí	příjezd	0:08	4:10	6,00	18,50	45		350	414	2484	6159	1,1	19,0	20,1	
Zaječí	odjezd	0:02	4:12	0,00	18,50	0	-350	0	64	0	6159	0,3	0,0	0,3	
Válcovny	příjezd	0:02	4:14	0,50	19,00	15		0	64	32	6191	0,3	0,2	0,5	
Válcovny	odjezd	0:02	4:16	0,00	19,00	0	225	225	289	0	6191	0,3	0,0	0,3	
man. kolej	příjezd	0:02	4:18	1,00	20,00	30		225	289	289	6480	0,3	2,2	2,5	
man. kolej	odjezd	0:02	4:20	0,00	20,00	0	100	325	389	0	6480	0,3	0,0	0,3	
Zaječí	příjezd	0:02	4:22	0,50	20,50	15		325	389	195	6675	0,3	1,5	1,8	
Zaječí	odjezd	0:03	4:25	0,00	20,50	0	350	675	739	0	6675	0,4	0,0	0,4	
Břeclav	příjezd	0:20	4:45	18,00	38,50	54		675	739	13302	19977	2,7	101,7	104,4	
celkem		2:45		38,50		54	575			19977		22,0	152,8	174,8	

A.2 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 (úsek Vranovice – Břeclav)

typ lokomotivy		E
řada lokomotivy		210
hmotnost loko	t	72
základní spotřeba	kWh	15,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN	9,0
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm	24,5
účinnost	%	85
úspora rekuperací	%	0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm	28,8
účinnost PTZ	%	97,0
měrná spotřeba	kWh/1000 tkm	29,7

a	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h) ²	0,0003
v	km/h	75
p0	N/kN	3,0
s	%	2,0
R	m	1 200
k	%	15
pr	N/kN	0,1
ksi		1,06
L	km	6
pa	N/kN	3,9
Σp	N/kN	9,0

miesto	stav	Δ čas h:mm	čas h:mm	Δdráha km	dráha km	rychlost km/h	Δzátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δdopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	trolej	spotř.zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh
Vranovice	příjezd		2:00		0,00			100	172	0	0	1	0,0	0,0	0,0
Vranovice	odjezd	0:10	2:10	0,00	0,00	0		100	172	0	0	1	2,5	0,0	2,5
man. kolej	příjezd	0:02	2:12	0,25	0,25	8		100	172	43	43	1	0,5	1,3	1,8
man. kolej	odjezd	0:08	2:20	0,00	0,25	0	200	300	372	0	43	1	2,0	0,0	2,0
Vranovice	příjezd	0:02	2:22	0,25	0,50	8		300	372	93	136	1	0,5	2,8	3,3
Vranovice	odjezd	0:36	2:58	0,00	0,50	0		300	372	0	136	1	9,0	0,0	9,0
Šakvice	příjezd	0:11	3:09	9,00	9,50	49		300	372	3 348	3 484	1	2,8	99,4	102,1
Šakvice	odjezd	0:07	3:16	0,00	9,50	0	-300	0	72	0	3 484	1	1,8	0,0	1,8
Mostátna	příjezd	0:04	3:20	1,00	10,50	15		0	72	72	3 556	1	1,0	2,1	3,1
Mostátna	odjezd	0:10	3:30	0,00	10,50	0	25	25	97	0	3 556	1	2,5	0,0	2,5
areál	příjezd	0:05	3:35	1,00	11,50	12		25	97	97	3 653	1	1,3	2,9	4,1
areál	odjezd	0:05	3:40	0,00	11,50	0	25	50	122	0	3 653	1	1,3	0,0	1,3
Šakvice	příjezd	0:03	3:43	1,00	12,50	20		50	122	122	3 775	1	0,8	3,6	4,4
Šakvice	odjezd	0:19	4:02	0,00	12,50	0	300	350	422	0	3 775	1	4,8	0,0	4,8
Zaječí	příjezd	0:08	4:10	6,00	18,50	45		350	422	2 532	6 307	1	2,0	75,2	77,2
Zaječí	odjezd	0:02	4:12	0,00	18,50	0	-350	0	72	0	6 307	1	0,5	0,0	0,5
Válcovny	příjezd	0:02	4:14	0,50	19,00	15		0	72	36	6 343	1	0,5	1,1	1,6
Válcovny	odjezd	0:02	4:16	0,00	19,00	0	225	225	297	0	6 343	1	0,5	0,0	0,5
man. kolej	příjezd	0:02	4:18	1,00	20,00	30		225	297	297	6 640	1	0,5	8,8	9,3
man. kolej	odjezd	0:02	4:20	0,00	20,00	0	100	325	397	0	6 640	1	0,5	0,0	0,5
Zaječí	příjezd	0:02	4:22	0,50	20,50	15		325	397	199	6 839	1	0,5	5,9	6,4
Zaječí	odjezd	0:03	4:25	0,00	20,50	0	350	675	747	0	6 839	1	0,8	0,0	0,8
Břeclav	příjezd	0:20	4:45	18,00	38,50	54		675	747	13 446	20 285	1	5,0	399,1	404,1
celkem		2:45		38,50		575				20 285			41,3	602,1	643,3

A.3 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 D (úsek Vranovice – Břeclav)

typ lokomotivy	E
řada lokomotivy	210 D
hmotnost loko	t
základní spotřeba	kWh
gravitační zrychlení	m/s ²
střední měrný trakční odpor	N/kN
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm
účinnost	%
úspora rekuperací	%
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm
účinnost P1Z	%
měrná spotřeba	kWh/1000 kWh

typ lokomotivy	D
řada lokomotivy	210 D
hmotnost loko	t
základní spotřeba	litr/h
gravitační zrychlení	m/s ²
střední měrný trakční odpor	N/kN
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm
účinnost	%
úspora rekuperací	%
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm
výhřevnost nafty	kWh/litr
měrná spotřeba	litr/1000 tkm

a	N/kN
c	N/kN/(km/h) ²
v	km/h
pD	N/kN
s	%
R	m
k	%
pr	N/kN
ksí	N/kN
L	km
pa	N/kN
zp	N/kN

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	trolej	spotř. zákl. kWh	spotř. díf. kWh	spotř. cel. kWh	diesel	spotř. zákl. litr	spotř. díf. litr	spotř. cel. litr	Δ čas d hh:mm	čas d hh:mm
Vranovice	přilezd	0:10	2:00	0,00	0,00	0	100	172	0	0	0	1	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Vranovice	odjezd	0:10	2:10	0,00	0,00	0	100	172	0	0	0	1	2,5	0,0	2,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
man. kolej	přilezd	0:02	2:12	0,25	0,25	8	100	172	43	43	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,2	0,2	0:02	0:02
man. kolej	odjezd	0:08	2:20	0,00	0,25	0	200	372	0	43	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,0	0,3	0:08	0:10
Vranovice	přilezd	0:02	2:22	0,25	0,50	8	300	372	93	136	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,4	0,5	0:02	0:12
Vranovice	odjezd	0:36	2:58	0,00	0,50	0	300	372	0	136	1	1	9,0	0,0	9,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:12
Šakvice	přilezd	0:11	3:09	9,00	9,50	49	300	372	348	3484	1	1	2,8	82,1	84,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:12
Šakvice	odjezd	0:07	3:16	0,00	9,50	0	300	72	0	3484	1	1	1,8	0,0	1,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:12
Mostátna	přilezd	0:04	3:20	1,00	10,50	15	0	72	72	3556	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,3	0,4	0:04	0:16
Mostátna	odjezd	0:10	3:30	0,00	10,50	0	25	97	0	3556	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,0	0,3	0:10	0:26
areál	přilezd	0:05	3:35	1,00	11,50	12	25	97	97	3653	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,4	0,6	0:05	0:31
areál	odjezd	0:05	3:40	0,00	11,50	0	25	50	122	0	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:05	0:36
Šakvice	přilezd	0:03	3:43	1,00	12,50	20	50	122	122	3775	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,5	0,6	0:03	0:39
Šakvice	odjezd	0:19	4:02	0,00	12,50	0	300	350	422	0	1	1	4,8	0,0	4,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:39
Zaječ	přilezd	0:08	4:10	6,00	18,50	45	350	422	2352	6307	1	1	2,0	62,1	64,1	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:39
Zaječ	odjezd	0:02	4:12	0,00	18,50	0	0	72	0	6307	1	1	0,5	0,0	0,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:39
Válcovny	přilezd	0:02	4:14	0,50	19,00	15	0	72	72	6343	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,2	0,2	0:02	0:41
Válcovny	odjezd	0:02	4:16	0,00	19,00	0	225	297	0	6343	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,0	0,1	0:02	0:43
man. kolej	přilezd	0:02	4:18	1,00	20,00	30	225	297	297	6640	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	1,3	1,3	0:02	0:45
man. kolej	odjezd	0:02	4:20	0,00	20,00	0	100	325	397	0	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,0	0,1	0:02	0:47
Zaječ	přilezd	0:02	4:22	0,50	20,50	15	325	397	199	6839	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,8	0,9	0:02	0:49
Zaječ	odjezd	0:03	4:25	0,00	20,50	0	350	747	0	6839	1	1	0,8	0,0	0,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:49
Břeclav	přilezd	0:20	4:45	18,00	38,50	54	675	747	20285	20285	1	1	5,0	329,6	334,6	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:49
celkem		2:45		38,50		54	575	675		20285			29,0	473,8	502,8		1,6	4,1	5,7	0:49	

A.4 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 A (úsek Vranovice – Brčclav)

typ lokomotivy		E
řada lokomotivy		210 A
hmotnost loko	t	72
základní spotřeba	litr/h	15,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN	7,4
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm	20,2
účinnost	%	85
úspora rekuperací	%	0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm	23,8
účinnost PTZ	kWh/litr	97,0
měrná spotřeba	litr/1000 tkm	24,5

typ lokomotivy		A
řada lokomotivy		210 A
hmotnost loko	t	72
základní spotřeba	kWh	5,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN	12,1
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm	32,9
účinnost	%	74
úspora rekuperací	%	40
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm	26,6
účinnost PTZ	%	97,0
měrná spotřeba	kWh/1000 tkm	27,5

elektrická			
a	N/kN	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h) ²		0,0003
v	km/h		75
p0	N/kN		3,0
s	%		2,0
R	m		1 200
k	%		15
pr	N/kN		0,1
ksf			1,06
L	km		10
pa	N/kN		2,3
Σp	N/kN		7,4

akumulátorová			
a	N/kN	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h) ²		0,0003
v	km/h		25
p0	N/kN		1,5
s	%		5,0
R	m		500
k	%		25
pr	N/kN		0,4
ksf			1,06
L	km		0,5
pa	N/kN		5,2
Σp	N/kN		12,1

místo	stav	Δ čas h:m:m	čas h:m:m	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	trolej	spotř.zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh	aku	spotř.zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh	Δ čas a h:m:m	čas a h:m:m
Vranovice	příjezd		2:00		0,00			100	172	0	0	1	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	
Vranovice	odjezd	0:10	2:10	0,00	0,00	0		100	172	0	0	1	2,5	0,0	2,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
man. kolej	příjezd	0:02	2:12	0,25	0,25	8		100	172	43	43	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	1,2	1,3	0:02	0:02
man. kolej	odjezd	0:08	2:20	0,00	0,25	0	200	300	372	0	43	0	0,0	0,0	0,0	1	0,7	0,0	0,7	0:08	0:10
Vranovice	příjezd	0:02	2:22	0,25	0,50	8		300	372	93	136	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	2,6	2,7	0:02	0:12
Vranovice	odjezd	0:36	2:58	0,00	0,50	0		300	372	0	136	1	9,0	0,0	9,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:12
Šakvice	příjezd	0:11	3:09	9,00	9,50	49		300	372	3 348	3 484	1	2,8	82,1	84,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:12
Šakvice	odjezd	0:07	3:16	0,00	9,50	0	-300	0	72	0	3 484	0	0,0	0,0	0,0	1	0,6	0,0	0,6	0:07	0:19
Mostátna	příjezd	0:04	3:20	1,00	10,50	15		0	72	72	3 556	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	2,0	2,3	0:04	0:23
Mostátna	odjezd	0:10	3:30	0,00	10,50	0	25	25	97	0	3 556	0	0,0	0,0	0,0	1	0,8	0,0	0,8	0:10	0:33
areál	příjezd	0:05	3:35	1,00	11,50	12		25	97	97	3 653	0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	2,7	3,1	0:05	0:38
areál	odjezd	0:05	3:40	0,00	11,50	0	25	50	122	0	3 653	0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	0,0	0,4	0:05	0:43
Šakvice	příjezd	0:03	3:43	1,00	12,50	20		50	122	122	3 775	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	3,4	3,6	0:03	0:46
Šakvice	odjezd	0:19	4:02	0,00	12,50	0	300	350	422	0	3 775	1	4,8	0,0	4,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:46
Zaječ	příjezd	0:08	4:10	6,00	18,50	45		350	422	2 532	6 307	1	2,0	62,1	64,1	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:46
Zaječ	odjezd	0:02	4:12	0,00	18,50	0	-350	0	72	0	6 307	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:02	0:48
Válčovny	příjezd	0:02	4:14	0,50	19,00	15		0	72	36	6 343	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	1,0	1,2	0:02	0:50
Válčovny	odjezd	0:02	4:16	0,00	19,00	0	225	225	297	0	6 343	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:02	0:52
man. kolej	příjezd	0:02	4:18	1,00	20,00	30		225	297	297	6 640	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	8,2	8,3	0:02	0:54
man. kolej	odjezd	0:02	4:20	0,00	20,00	0	100	325	397	0	6 640	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:02	0:56
Zaječ	příjezd	0:02	4:22	0,50	20,50	15		325	397	199	6 839	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	5,5	5,6	0:02	0:58
Zaječ	odjezd	0:03	4:25	0,00	20,50	0	350	675	747	0	6 839	1	0,8	0,0	0,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:58
Brčclav	příjezd	0:20	4:45	18,00	38,50	54		675	747	13 446	20 285	1	5,0	329,6	334,6	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:58
celkem		2:45		38,50			575	675	747	20 285			26,8	473,8	500,5		4,8	26,3	31,2		0:58

A.5 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 742 (úsek Breclav – Moravský Písek)

typ lokomotivy		DE
řada lokomotivy		742
hmotnost loko	t	64
základní spotřeba	litr/h	8,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN	9,0
měrná trakční práce	kWh/1000tkm	24,5
účinnost	%	32
úspora rekuperací	%	0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000tkm	76,5
vyhřevnost nafty	kWh/litr	10,0
měrná spotřeba	litr/1000tkm	7,6

a	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h) ²	0,0003
v	km/h	75
p0	N/kN	3,0
s	%	2,0
R	m	1,200
k	%	15
pr	N/kN	0,1
ksf		1,06
L	km	6
pa	N/kN	3,9
Σp	N/kN	9,0

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	spotř. zákl. litr	spotř. díl. litr	spotř. cel. litr
Breclav	příjezd		6:20		0,00			475	539	0	0	0,0	0,0	0,0
Breclav	odjezd	0:20	6:40	0,00	0,00	0		475	539	0	0	2,7	0,0	2,7
Lužice	příjezd	0:21	7:01	14,00	14,00	40		475	539	7546	7546	2,8	57,7	60,5
Lužice	odjezd	0:10	7:11	0,00	14,00	0	-400	75	139	0	7546	1,3	0,0	1,3
naft. doly	příjezd	0:03	7:14	0,50	14,50	10		75	139	70	7616	0,4	0,5	0,9
naft. doly	odjezd	0:27	7:41	0,00	14,50	0	-75	0	64	0	7616	3,6	0,0	3,6
Lužice	příjezd	0:03	7:44	0,50	15,00	10		0	64	32	7648	0,4	0,2	0,6
Lužice	odjezd	0:14	7:58	0,00	15,00	0	400	400	464	0	7648	1,9	0,0	1,9
Hodonín	příjezd	0:08	8:06	5,00	20,00	38		400	464	0	9968	1,1	17,7	18,8
Hodonín	odjezd	0:15	8:21	0,00	20,00	0	-325	75	139	0	9968	2,0	0,0	2,0
areál	příjezd	0:10	8:31	1,50	21,50	9		75	139	209	10176	1,3	1,6	2,9
areál	odjezd	0:44	9:15	0,00	21,50	0	-75	0	64	0	10176	5,9	0,0	5,9
Hodonín	příjezd	0:10	9:25	1,50	23,00	9		0	64	96	10272	1,3	0,7	2,1
Hodonín	odjezd	0:25	9:50	0,00	23,00	0	325	325	389	0	10272	3,3	0,0	3,3
Rohatec	příjezd	0:12	10:02	7,00	30,00	35		325	389	2723	12995	1,6	20,8	22,4
Rohatec	odjezd	0:06	10:08	0,00	30,00	0	-275	50	114	0	12995	0,8	0,0	0,8
man. kolei	příjezd	0:03	10:11	0,50	30,50	10		50	114	57	13052	0,4	0,4	0,8
man. kolei	odjezd	0:10	10:21	0,00	30,50	0	-50	0	64	0	13052	1,3	0,0	1,3
Rohatec	příjezd	0:03	10:24	0,50	31,00	10		0	64	32	13084	0,4	0,2	0,6
Rohatec	odjezd	0:11	10:35	0,00	31,00	0	275	275	339	0	13084	1,5	0,0	1,5
Bzenec přívoz	příjezd	0:12	10:47	8,00	39,00	40		275	339	2712	15796	1,6	20,7	22,3
Bzenec přívoz	odjezd	0:02	10:49	0,00	39,00	0	-225	50	114	0	15796	0,3	0,0	0,3
pískovna	příjezd	0:05	10:54	1,00	40,00	12		50	114	114	15910	0,7	0,9	1,5
pískovna	odjezd	0:02	10:56	0,00	40,00	0	-50	0	64	0	15910	0,3	0,0	0,3
Bzenec přívoz	příjezd	0:05	11:01	1,00	41,00	12		0	64	64	15974	0,7	0,5	1,2
Bzenec přívoz	odjezd	0:02	11:03	0,00	41,00	0	225	225	289	0	15974	0,3	0,0	0,3
Mor. Písek	příjezd	0:08	11:11	5,00	46,00	38		225	289	1445	17419	1,1	11,1	12,1
celkem		4:51		46,00			-250	225	289	17419		38,8	133,2	172,0

A.6 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 (úsek Břeclav – Moravský Písek)

typ lokomotivy	E
řada lokomotivy	210
hmotnost loko	t 72
základní spotřeba	kWh 15,0
gravitační zrychlení	m/s ² 9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN 9,0
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm 24,5
účinnost	% 85
úspora rekuperací	% 0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm 28,8
účinnost PTZ	% 97,0
měrná spotřeba	kWh/1000 tkm 29,7

a	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h) ²	0,0003
v	km/h	75
p0	N/kN	3,0
s	%	2,0
R	m	1 200
k	%	15
pr	N/kN	0,1
ksf	km	1,06
L	km	6
pa	N/kN	3,9
Zp	N/kN	9,0

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	trolej	spotř. zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh
Břeclav	příjezd		6:20		0,00			475	547	0	0	1	0,0	0,0	0,0
Břeclav	odjezd	0:20	6:40	0,00	0,00	0		475	547	0	0	1	5,0	0,0	5,0
Lužice	příjezd	0:21	7:01	14,00	14,00	40		475	547	7 658	7 658	1	5,3	227,3	232,5
Lužice	odjezd	0:10	7:11	0,00	14,00	0	-400	75	147	0	7 658	1	2,5	0,0	2,5
naft. doly	příjezd	0:03	7:14	0,50	14,50	10		75	147	74	7 732	1	0,8	2,2	2,9
naft. doly	odjezd	0:27	7:41	0,00	14,50	0	-75	0	72	0	7 732	1	6,8	0,0	6,8
Lužice	příjezd	0:03	7:44	0,50	15,00	10		0	72	36	7 768	1	0,8	1,1	1,8
Lužice	odjezd	0:14	7:58	0,00	15,00	0	400	400	472	0	7 768	1	3,5	0,0	3,5
Hodonín	příjezd	0:08	8:06	5,00	20,00	38		400	472	2 360	10 128	1	2,0	70,0	72,0
Hodonín	odjezd	0:15	8:21	0,00	20,00	0	-325	75	147	0	10 128	1	3,8	0,0	3,8
areál	příjezd	0:10	8:31	1,50	21,50	9		75	147	221	10 348	1	2,5	6,5	9,0
areál	odjezd	0:44	9:15	0,00	21,50	0	-75	0	72	0	10 348	1	11,0	0,0	11,0
Hodonín	příjezd	0:10	9:25	1,50	23,00	9		0	72	108	10 456	1	2,5	3,2	5,7
Hodonín	odjezd	0:25	9:50	0,00	23,00	0	325	325	397	0	10 456	1	6,3	0,0	6,3
Rohatec	příjezd	0:12	10:02	7,00	30,00	35		325	397	2 779	13 235	1	3,0	82,5	85,5
Rohatec	odjezd	0:06	10:08	0,00	30,00	0	-275	50	122	0	13 235	1	1,5	0,0	1,5
man. kolej	příjezd	0:03	10:11	0,50	30,50	10		50	122	61	13 296	1	0,8	1,8	2,6
man. kolej	odjezd	0:10	10:21	0,00	30,50	0	-50	0	72	0	13 296	1	2,5	0,0	2,5
Rohatec	příjezd	0:03	10:24	0,50	31,00	10		0	72	36	13 332	1	0,8	1,1	1,8
Rohatec	odjezd	0:11	10:35	0,00	31,00	0	275	275	347	0	13 332	1	2,8	0,0	2,8
Bzenec přívoz	příjezd	0:12	10:47	8,00	39,00	40		275	347	2 776	16 108	1	3,0	82,4	85,4
Bzenec přívoz	odjezd	0:02	10:49	0,00	39,00	0	-225	50	122	0	16 108	1	0,5	0,0	0,5
pískovna	příjezd	0:05	10:54	1,00	40,00	12		50	122	122	16 230	1	1,3	3,6	4,9
pískovna	odjezd	0:02	10:56	0,00	40,00	0	-50	0	72	0	16 230	1	0,5	0,0	0,5
Bzenec přívoz	příjezd	0:05	11:01	1,00	41,00	12		0	72	72	16 302	1	1,3	2,1	3,4
Bzenec přívoz	odjezd	0:02	11:03	0,00	41,00	0	225	225	297	0	16 302	1	0,5	0,0	0,5
Mor. Písek	příjezd	0:08	11:11	5,00	46,00	38		225	297	1 485	17 787	1	2,0	44,1	46,1
celkem		4:51		46:00			-250	225	297	17 787			72,8	527,9	600,7

A.7 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 D (úsek Břeclav – Moravský Písek)

Typ lokomotivy	E
řada lokomotivy	210 D
hmotnost loko	t 72
základní spotřeba	kWh 15,0
gravitační zrychlení	m/s ² 9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN 7,4
měrná trakční práce	kWh/1000tkm 20,2
účinnost	% 85
úspora rekuperací	% 0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000tkm 23,8
účinnost PTZ	% 97,0
měrná spotřeba	kWh/1000tkm 24,5

Typ lokomotivy	D
řada lokomotivy	210 D
hmotnost loko	t 72
základní spotřeba	litr/h 2,0
gravitační zrychlení	m/s ² 9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN 5,0
měrná trakční práce	kWh/1000tkm 13,6
účinnost	% 32
úspora rekuperací	% 0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000tkm 42,6
výhřevnost nafty	kWh/litr 10,0
měrná spotřeba	litr/1000tkm 4,3

a	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h) ²	0,0003
v	km/h	75
p0	N/kN	3,0
s	‰	2,0
R	m	1,200
k	%	15
pr	N/kN	0,1
ksí		1,06
L	km	10
pa	N/kN	2,3
Σp	N/kN	7,4

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	trouje	spotř.zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh	diesel	spotř.zákl. litr	spotř. dif. litr	spotř. cel. litr	Δ čas d hh:mm	čas d hh:mm
Břeclav	příjezd		6:20	0,00	0,00		475	475	547	0	0	1	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	
Břeclav	odjezd	0:20	6:40	0,00	0,00	0	475	547	0	0	0	1	5,0	0,0	5,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Lužice	příjezd	0:21	7:01	14,00	14,00	40	475	547	7658	7658	7658	1	5,3	187,7	193,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Lužice	odjezd	0:10	7:11	0,00	14,00	0	-400	75	147	0	7658	0	0,0	0,0	0,0	0	0,3	0,0	0,3	0:10	0:10
naft. doly	příjezd	0:03	7:14	0,50	14,50	10	75	75	147	74	7332	0	0,0	0,0	0,0	0	0,1	0,3	0,4	0:03	0:13
naft. doly	odjezd	0:27	7:41	0,00	14,50	0	-75	0	72	0	732	0	0,0	0,0	0,0	1	0,9	0,0	0,9	0:27	0:40
Lužice	příjezd	0:03	7:44	0,50	15,00	10	0	0	72	36	768	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,2	0,3	0:03	0:43
Lužice	odjezd	0:14	7:58	0,00	15,00	0	400	400	472	0	768	1	3,5	0,0	3,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:43
Hodonín	příjezd	0:08	8:06	5,00	20,00	38	400	400	472	2360	10128	1	2,0	57,9	59,9	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:43
Hodonín	odjezd	0:15	8:21	0,00	20,00	0	-325	75	147	0	10128	0	0,0	0,0	0,0	1	0,5	0,0	0,5	0:15	0:58
areál	příjezd	0:10	8:31	1,50	21,50	9	75	75	147	221	10348	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,9	1,3	0:10	1:08
areál	odjezd	0:44	9:15	0,00	21,50	0	-75	0	72	0	10348	0	0,0	0,0	0,0	1	1,5	0,0	1,5	0:44	1:52
Hodonín	příjezd	0:10	9:25	1,50	23,00	9	0	0	72	108	10456	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,5	0,8	0:10	2:02
Hodonín	odjezd	0:25	9:50	0,00	23,00	0	325	325	397	0	10456	1	6,3	0,0	6,3	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:02
Rohatec	příjezd	0:12	10:02	7,00	30,00	35	325	325	397	2779	13235	1	3,0	68,1	71,1	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:02
Rohatec	odjezd	0:06	10:08	0,00	30,00	0	-275	50	122	0	13235	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:06	2:08
man. kolei	příjezd	0:03	10:11	0,50	30,50	10	50	50	122	61	13296	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,3	0,4	0:03	2:11
man. kolei	odjezd	0:10	10:21	0,00	30,50	0	-50	0	72	0	13296	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,0	0,3	0:10	2:21
Rohatec	příjezd	0:03	10:24	0,50	31,00	10	0	0	72	36	13332	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,2	0,3	0:03	2:24
Rohatec	odjezd	0:11	10:35	0,00	31,00	0	275	275	347	0	13332	1	2,8	0,0	2,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:24
Bzeneč přívoz	příjezd	0:12	10:47	8,00	39,00	40	275	275	347	2776	16108	1	3,0	68,1	71,1	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:24
Bzeneč přívoz	odjezd	0:02	10:49	0,00	39,00	0	-225	50	122	0	16108	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,0	0,1	0:02	2:26
pískovna	příjezd	0:05	10:54	1,00	40,00	12	50	50	122	122	16230	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,5	0,7	0:05	2:31
pískovna	odjezd	0:02	10:56	0,00	40,00	0	-50	0	72	0	16230	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,0	0,1	0:02	2:33
Bzeneč přívoz	příjezd	0:05	11:03	1,00	41,00	12	0	0	72	72	16302	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,3	0,5	0:05	2:38
Bzeneč přívoz	odjezd	0:02	11:05	0,00	41,00	0	225	225	297	0	16302	1	0,5	0,0	0,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:38
Mor. Písek	příjezd	0:08	11:11	5,00	46,00	38	225	225	297	1485	17787	1	2,0	36,4	38,4	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:38
celkem		4:51		46,00	46,00		-250	225	297	17787			33,3	418,2	451,4		5,3	3,1	8,4	2:38	2:38

A.8 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 A (úsek Břeclav – Moravský Písek)

typ lokomotivy	E
řada lokomotivy	210 A
hmotnost loko	t 72
základní spotřeba	kWh 15,0
gravitační zrychlení	m/s ² 9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN 7,4
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm 20,2
účinnost	% 85
úspora rekuperací	% 0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm 23,8
účinnost PTZ	% 97,0
měrná spotřeba	kWh/1000 tkm 24,5

typ lokomotivy	A
řada lokomotivy	210 A
hmotnost loko	t 72
základní spotřeba	kWh 5,0
gravitační zrychlení	m/s ² 9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN 12,1
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm 32,9
účinnost	% 74
úspora rekuperací	% 40
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm 26,6
účinnost PTZ	% 97,0
měrná spotřeba	kWh/1000 tkm 27,5

elektrická	
a	N/kN
c	N/kN/(km/h) ²
v	km/h
p0	N/kN
s	%
R	m
k	%
pr	N/kN
ksf	
L	km
pa	N/kN
Σp	N/kN

akumulátorová	
a	N/kN
c	N/kN/(km/h) ²
v	km/h
p0	N/kN
s	%
R	m
k	%
pr	N/kN
ksf	
L	km
pa	N/kN
Σp	N/kN

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	trolej	spotř.zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh	aku	spotř.zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh	Δ čas a hh:mm	čas a hh:mm
Břeclav	příjezd	0:20	6:20	0,00	0,00	0	475	475	547	0	0	1	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Břeclav	odjezd	6:40	0,00	0,00	0,00	0	475	547	0	0	0	1	5,0	0,0	5,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Lužice	příjezd	0:21	7:01	14,00	14,00	40	-400	475	547	7 658	7 658	1	5,3	187,7	193,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Lužice	odjezd	0:10	7:11	0,00	14,00	0	400	75	147	0	7 658	0	0,0	0,0	0,0	1	0,8	0,0	0,8	0:10	0:10
naft. doly	příjezd	0:03	7:14	0,50	14,50	10	75	75	147	74	7 732	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	2,0	2,3	0:03	0:13
naft. doly	odjezd	0:27	7:41	0,00	14,50	0	-75	0	72	0	7 732	0	0,0	0,0	0,0	1	2,3	0,0	2,3	0:27	0:40
Lužice	příjezd	0:03	7:44	0,50	15,00	10	0	0	72	36	7 768	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	1,0	1,2	0:03	0:43
Lužice	odjezd	0:14	7:58	0,00	15,00	0	400	400	472	0	7 768	1	3,5	0,0	3,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:43
Hodonín	příjezd	0:08	8:06	5,00	20,00	38	400	400	472	2 560	10 128	1	2,0	57,9	59,9	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:43
Hodonín	odjezd	0:15	8:21	0,00	20,00	0	-325	75	147	0	10 128	0	0,0	0,0	0,0	1	1,3	0,0	1,3	0:15	0:58
areál	příjezd	0:10	8:31	1,50	21,50	9	75	75	147	221	10 348	0	0,0	0,0	0,0	1	0,8	6,1	6,9	0:10	1:08
areál	odjezd	0:44	9:15	0,00	21,50	0	-75	0	72	0	10 348	0	0,0	0,0	0,0	1	3,7	0,0	3,7	0:44	1:52
Hodonín	příjezd	0:10	9:25	1,50	23,00	9	0	0	72	108	10 456	0	0,0	0,0	0,0	1	0,8	3,0	3,8	0:10	2:02
Hodonín	odjezd	0:25	9:50	0,00	23,00	0	325	325	397	0	10 456	1	6,3	0,0	6,3	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:02
Rohatec	příjezd	0:12	10:02	7,00	30,00	35	325	325	397	2 779	13 235	1	3,0	68,1	71,1	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:02
Rohatec	odjezd	0:06	10:08	0,00	30,00	0	-275	50	122	0	13 235	0	0,0	0,0	0,0	1	0,5	0,0	0,5	0:06	2:08
man. kolej	příjezd	0:03	10:11	0,50	30,50	10	50	50	122	61	13 296	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	1,7	1,9	0:03	2:11
man. kolej	odjezd	0:10	10:21	0,00	30,50	0	-50	0	72	0	13 296	0	0,0	0,0	0,0	1	0,8	0,0	0,8	0:10	2:21
Rohatec	příjezd	0:03	10:24	0,50	31,00	10	0	0	72	36	13 332	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	1,0	1,2	0:03	2:24
Rohatec	odjezd	0:11	10:35	0,00	31,00	0	275	275	347	0	13 332	1	2,8	0,0	2,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:24
Bzeneč pňřoz	příjezd	0:12	10:47	8,00	39,00	40	275	275	347	2 776	16 108	1	3,0	68,1	71,1	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:24
Bzeneč pňřoz	odjezd	0:02	10:49	0,00	39,00	0	-225	50	122	0	16 108	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:02	2:26
pískovna	příjezd	0:05	10:54	1,00	40,00	12	50	50	122	122	16 230	0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	3,4	3,8	0:05	2:31
pískovna	odjezd	0:02	10:56	0,00	40,00	0	-50	0	72	0	16 230	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:02	2:33
Bzeneč pňřoz	příjezd	0:05	11:01	1,00	41,00	12	0	0	72	72	16 302	0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	2,0	2,4	0:05	2:38
Bzeneč pňřoz	odjezd	0:02	11:03	0,00	41,00	0	225	225	297	0	16 302	1	0,5	0,0	0,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:38
Mor. Písek	příjezd	0:08	11:11	5,00	46,00	38	225	225	297	1 485	17 787	1	2,0	36,4	38,4	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:38
celkem		4:51	11:11	46,00	46,00	38	-250	225	297	17 787	17 787		33,3	418,2	451,4		13,2	20,0	33,2	2:38	2:38

484,6

A.9 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 742 (úsek Moravský Písek – Břeclav)

Typ lokomotivy		DE	a	N/kN	1,3
řada lokomotivy		742	c	N/kN/(km/h) ²	0,0003
hmotnost loko	t	64	v	km/h	75
zakladní spotřeba	litr/h	8,0	p0	N/kN	3,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81	s	%	2,0
střední měrný trakční odpor	N/kN	9,0	R	m	1,200
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm	24,5	k	%	15
účinnost	%	32	pr	N/kN	0,1
úspora rekuperací	%	0	L	km	1,06
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm	76,5	pa	N/kN	3,9
výhřevnost nafty	kWh/litr	10,0	zp	N/kN	9,0
měrná spotřeba	litr/1000 tkm	7,6			

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž		zátěž		hmotnost		Δ dopr. pr.		spotř. zákl.		spotř. dif.		spotř. cel. litr
							t	t	t	t	hrtkm	hrtkm	litr	litr	litr	litr			
Mor. Písek	přjezd		11:11	0,00	0,00		225	289	289	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Mor. Písek	odjezd	0:02	11:13	0,00	0,00	0	225	289	0	0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,3	
man. kolej	přjezd	0:02	11:15	0,25	0,25	8	225	289	72	72	0,3	0,6	0,8	0,8	0,4	0,4	0,0	0,4	
man. kolej	odjezd	0:03	11:18	0,00	0,25	0	-150	75	0	72	0,4	0,4	0,0	0,4	0,4	0,0	0,4	0,4	
Mor. Písek	přjezd	0:02	11:20	0,25	0,50	8	75	139	35	107	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,0	0,5	
Mor. Písek	odjezd	0:03	11:23	0,00	0,50	0		75	139	0	107	0,4	0,4	0,0	0,4	0,4	0,0	0,4	
Bzenec přívoz	přjezd	0:09	11:32	5,00	5,50	33	75	139	695	802	1,2	5,3	6,5	6,5	0,7	0,7	0,0	0,7	
Bzenec přívoz	odjezd	0:05	11:37	0,00	5,50	0	-75	0	64	0	802	0,7	0,5	1,2	1,2	0,0	0,7	1,2	
pískovna	přjezd	0:05	11:42	1,00	6,50	12		0	64	64	0,7	0,5	1,2	1,2	0,0	0,7	1,2	1,2	
pískovna	odjezd	0:12	11:54	0,00	6,50	0	150	150	214	0	866	1,6	0,0	1,6	1,6	0,0	1,6	1,6	
Bzenec přívoz	přjezd	0:05	11:59	1,00	7,50	12		150	214	214	1,080	0,7	1,6	2,3	2,3	0,0	2,3	2,3	
Bzenec přívoz	odjezd	0:11	12:10	0,00	7,50	0	75	225	289	0	1080	1,5	0,0	1,5	1,5	0,0	1,5	1,5	
Rohatec	přjezd	0:11	12:21	8,00	15,50	44		225	289	2,312	3,392	1,5	17,7	19,1	19,1	0,0	19,1	19,1	
Rohatec	odjezd	0:10	12:31	0,00	15,50	0	-225	0	64	0	3,392	1,3	0,0	1,3	1,3	0,0	1,3	1,3	
man. kolej	přjezd	0:03	12:34	0,50	16,00	10		0	64	32	3,424	0,4	0,2	0,6	0,6	0,0	0,6	0,6	
man. kolej	odjezd	0:05	12:39	0,00	16,00	0	150	150	214	0	3,424	0,7	0,0	0,7	0,7	0,0	0,7	0,7	
Rohatec	přjezd	0:03	12:42	0,50	16,50	10		150	214	107	3,531	0,4	0,8	1,2	1,2	0,0	1,2	1,2	
Rohatec	odjezd	0:18	13:00	0,00	16,50	0	225	375	439	0	3,531	2,4	0,0	2,4	2,4	0,0	2,4	2,4	
Hodonín	přjezd	0:11	13:11	7,00	23,50	38		375	439	3,073	6,604	1,5	23,5	25,0	25,0	0,0	25,0	25,0	
Hodonín	odjezd	0:08	13:19	0,00	23,50	0	-375	0	64	0	6,604	1,1	0,0	1,1	1,1	0,0	1,1	1,1	
areál	přjezd	0:10	13:29	1,50	25,00	9		0	64	96	6,700	1,3	0,7	2,1	2,1	0,0	2,1	2,1	
areál	odjezd	0:26	13:55	0,00	25,00	0	225	225	289	0	6,700	3,5	0,0	3,5	3,5	0,0	3,5	3,5	
Hodonín	přjezd	0:10	14:05	1,50	26,50	9		225	289	434	7,134	1,3	3,3	4,6	4,6	0,0	4,6	4,6	
Hodonín	odjezd	0:14	14:19	0,00	26,50	0	375	600	664	0	7,134	1,9	0,0	1,9	1,9	0,0	1,9	1,9	
Lužice	přjezd	0:09	14:28	5,00	31,50	33		600	664	3,320	10,454	1,2	25,4	26,6	26,6	0,0	26,6	26,6	
Lužice	odjezd	0:03	14:31	0,00	31,50	0	-600	0	64	0	10,454	0,4	0,0	0,4	0,4	0,0	0,4	0,4	
naft. doly	přjezd	0:03	14:34	0,50	32,00	10		0	64	32	10,486	0,4	0,2	0,6	0,6	0,0	0,6	0,6	
naft. doly	odjezd	0:06	14:40	0,00	32,00	0	225	225	289	0	10,486	0,8	0,0	0,8	0,8	0,0	0,8	0,8	
Lužice	přjezd	0:03	14:43	0,50	32,50	10		225	289	145	10,630	0,4	1,1	1,5	1,5	0,0	1,5	1,5	
Lužice	odjezd	0:07	14:50	0,00	32,50	0	600	825	889	0	10,630	0,9	0,0	0,9	0,9	0,0	0,9	0,9	
Břeclav	přjezd	0:20	15:10	14,00	46,50	42		825	889	12,446	23,076	2,7	95,2	97,8	97,8	0,0	97,8	97,8	
celkem		3:59		46,50			600			23,076		31,9	176,5	208,3	208,3	0,0	208,3	208,3	

A.10 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu Z10 (úsek Moravský Písek – Břeclav)

typ lokomotivy	E	a	N/kN	1,3
řada lokomotivy	Z10	c	N/kN/(km/h) ²	0,0003
hmotnost loko	t	v	km/h	75
základní spotřeba	kWh	p0	N/kN	3,0
gravitační zrychlení	m/s ²	s	%	2,0
střední inženýrský trakční odpor	N/kN	R	m	1,200
měrná trakční práce	kWh/1000tkm	k	%	15
účinnost	%	pr	N/kN	0,1
úspora rekuperací	%	ksr		1,06
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000tkm	L	km	6
účinnost P1Z	%	pa	N/kN	3,9
měrná spotřeba	kWh/1000tkm	Zp	N/kN	9,0

miesto	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	trolej	spotř.zákl kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh
Mor. Písek	přjezd		11:11		0,00		225	297	0	0	0	1	0,0	0,0	0,0
Mor. Písek	odjezd	0:02	11:13	0,00	0,00	0	225	297	0	0	0	1	0,5	0,0	0,5
man. kolej	přjezd	0:02	11:15	0,25	0,25	8	225	297	74	74	74	1	0,5	2,2	2,7
man. kolej	odjezd	0:03	11:18	0,00	0,25	0	-150	75	147	0	74	1	0,8	0,0	0,8
Mor. Písek	přjezd	0:02	11:20	0,25	0,50	8		75	147	37	111	1	0,5	1,1	1,6
Mor. Písek	odjezd	0:03	11:23	0,00	0,50	0		75	147	0	111	1	0,8	0,0	0,8
Bzeneč přívoz	přjezd	0:09	11:32	5,00	5,50	33	-75	75	147	735	846	1	2,3	21,8	24,1
Bzeneč přívoz	odjezd	0:05	11:37	0,00	5,50	0		72	72	0	846	1	1,3	0,0	1,3
pískovna	přjezd	0:05	11:42	1,00	6,50	12		72	72	72	918	1	1,3	2,1	3,4
pískovna	odjezd	0:12	11:54	0,00	6,50	0	150	150	222	0	918	1	3,0	0,0	3,0
Bzeneč přívoz	přjezd	0:05	11:59	1,00	7,50	12		150	222	222	1140	1	1,3	6,6	7,8
Bzeneč přívoz	odjezd	0:11	12:10	0,00	7,50	0	75	225	297	0	1140	1	2,8	0,0	2,8
Rohatec	přjezd	0:11	12:21	8,00	15,50	44		225	297	2376	3516	1	2,8	70,5	73,3
Rohatec	odjezd	0:10	12:31	0,00	15,50	0	-225	0	72	0	3516	1	2,5	0,0	2,5
man. kolej	přjezd	0:03	12:34	0,50	16,00	10		0	72	36	3552	1	0,8	1,1	1,8
man. kolej	odjezd	0:05	12:39	0,00	16,00	0	150	150	222	0	3552	1	1,3	0,0	1,3
Rohatec	přjezd	0:03	12:42	0,50	16,50	10		150	222	111	3663	1	0,8	3,3	4,0
Rohatec	odjezd	0:18	13:00	0,00	16,50	0	225	375	447	0	3663	1	4,5	0,0	4,5
Hodonín	přjezd	0:11	13:11	7,00	23,50	38		375	447	3129	6792	1	2,8	92,9	95,6
Hodonín	odjezd	0:08	13:19	0,00	23,50	0	-375	0	72	0	6792	1	2,0	0,0	2,0
areál	přjezd	0:10	13:29	1,50	25,00	9		0	72	108	6900	1	2,5	3,2	5,7
areál	odjezd	0:26	13:55	0,00	25,00	0	225	225	297	0	6900	1	6,5	0,0	6,5
Hodonín	přjezd	0:10	14:05	1,50	26,50	9		225	297	446	7346	1	2,5	13,2	15,7
Hodonín	odjezd	0:14	14:19	0,00	26,50	0	375	600	672	0	7346	1	3,5	0,0	3,5
Lužice	přjezd	0:09	14:28	5,00	31,50	33		600	672	3360	10706	1	2,3	99,7	102,0
Lužice	odjezd	0:03	14:31	0,00	31,50	0	-600	0	72	0	10706	1	0,8	0,0	0,8
naft. doly	přjezd	0:03	14:34	0,50	32,00	10		0	72	36	10742	1	0,8	1,1	1,8
naft. doly	odjezd	0:06	14:40	0,00	32,00	0	225	225	297	0	10742	1	1,5	0,0	1,5
Lužice	přjezd	0:03	14:43	0,50	32,50	10		225	297	149	10890	1	0,8	4,4	5,2
Lužice	odjezd	0:07	14:50	0,00	32,50	0	600	825	897	0	10890	1	1,8	0,0	1,8
Břeclav	přjezd	0:20	15:10	14,00	46,50	42		825	897	12558	23448	1	5,0	372,7	377,7
celkem		3:59		46,50			600			23448			59,8	696,0	755,7

A.11 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 D (úsek Moravský Písek – Břeclav)

typ lokomotivy	E
řada lokomotivy	210 D
hmotnost loko	72 t
základní spotřeba	15,0 kWh
gravitační zrychlení	m/s ² 9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN 7,4
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm 20,2
účinnost	% 85
úspora rekuperací	% 0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm 23,8
účinnost P1Z	% 97,0
měrná spotřeba	kWh/1000 tkm 24,5

typ lokomotivy	D
řada lokomotivy	210 D
hmotnost loko	72 t
základní spotřeba	2,0 litr/h
gravitační zrychlení	m/s ² 9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN 5,0
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm 13,6
účinnost	% 32
úspora rekuperací	% 0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm 42,6
výhřevnost nafty	kWh/litr 10,0
měrná spotřeba	litr/1000 tkm 4,3

a	N/kN
c	N/kN/(km/h) ²
v	km/h
p0	N/kN
s	%
R	m
k	%
pr	N/kN
ksf	
L	km
pa	N/kN
Σp	N/kN

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zatěž t	zatěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	trolej	spotř.zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh	diesel	spotř.zákl. litr	spotř. dif. litr	spotř. cel. litr	Δ čas d hh:mm	čas d hh:mm
Mor. Písek	přijezd		11:11	0,00	0,00			225	297	0	0	1	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	
Mor. Písek	odjezd	0:02	11:13	0,00	0,00	0		225	297	0	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,0	0,1	0:02	0:02
man. kolej	přijezd	0:02	11:15	0,25	0,25	8		225	297	74	74	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,3	0,4	0:02	0:04
man. kolej	odjezd	0:03	11:18	0,00	0,25	0	-150	75	147	0	74	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,0	0,1	0:03	0:07
Mor. Písek	přijezd	0:02	11:20	0,25	0,50	8		75	147	37	111	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,2	0,2	0:02	0:09
Mor. Písek	odjezd	0:03	11:23	0,00	0,50	0		75	147	0	111	1	0,8	0,0	0,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:09
Bzeneč přívoz	přijezd	0:09	11:32	5,00	5,50	33		75	147	735	846	1	2,3	18,0	20,3	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:09
Bzeneč přívoz	odjezd	0:05	11:37	0,00	5,50	0	-75	0	72	0	846	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:05	0:14
pískovna	přijezd	0:05	11:42	1,00	6,50	12		0	72	72	918	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,3	0,5	0:05	0:19
pískovna	odjezd	0:12	11:54	0,00	6,50	0	150	150	222	0	918	0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	0,0	0,4	0:12	0:31
Bzeneč přívoz	přijezd	0:05	11:59	1,00	7,50	12		150	222	222	1140	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,9	1,1	0:05	0:36
Bzeneč přívoz	odjezd	0:11	12:10	0,00	7,50	0	75	225	297	0	1140	1	2,8	0,0	2,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:36
Rohatec	přijezd	0:11	12:21	8,00	15,50	44		225	297	2376	3516	1	2,8	58,2	61,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:36
Rohatec	odjezd	0:10	12:31	0,00	15,50	0	-225	0	72	0	3516	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,0	0,3	0:10	0:46
man. kolej	přijezd	0:03	12:34	0,50	16,00	10		0	72	36	3552	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,2	0,3	0:03	0:49
man. kolej	odjezd	0:05	12:39	0,00	16,00	0	150	150	222	0	3552	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:05	0:54
Rohatec	přijezd	0:03	12:42	0,50	16,50	10		150	222	111	3663	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,5	0,6	0:03	0:57
Rohatec	odjezd	0:18	13:00	0,00	16,50	0	225	375	447	0	3663	1	4,5	0,0	4,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:57
Hodonín	přijezd	0:11	13:11	7,00	23,50	38		375	447	3129	6792	1	2,8	76,7	79,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:57
Hodonín	odjezd	0:08	13:19	0,00	23,50	0	-375	0	72	0	6792	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,0	0,3	0:08	1:05
Hodonín	areál	0:10	13:29	1,50	25,00	9		0	72	108	6900	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,5	0,8	0:10	1:15
areál	odjezd	0:26	13:55	0,00	25,00	0	225	225	297	0	6900	0	0,0	0,0	0,0	1	0,9	0,0	0,9	0:26	1:41
Hodonín	přijezd	0:10	14:05	1,50	26,50	9		225	297	446	7346	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	1,9	2,2	0:10	1:51
Hodonín	odjezd	0:14	14:19	0,00	26,50	0	375	600	672	0	7346	1	3,5	0,0	3,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	1:51
Lužice	přijezd	0:09	14:28	5,00	31,50	33		600	672	3360	10706	1	2,3	82,4	84,6	0	0,0	0,0	0,0	0:00	1:51
Lužice	odjezd	0:03	14:31	0,00	31,50	0	-600	0	72	0	10706	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,0	0,1	0:03	1:54
naft. doly	přijezd	0:03	14:34	0,50	32,00	10		0	72	36	10742	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,2	0,3	0:03	1:57
naft. doly	odjezd	0:06	14:40	0,00	32,00	0	225	225	297	0	10742	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:06	2:03
Lužice	přijezd	0:03	14:43	0,50	32,50	10		225	297	149	10890	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,6	0,7	0:03	2:06
Lužice	odjezd	0:07	14:50	0,00	32,50	0	600	825	897	0	10890	1	1,8	0,0	1,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:06
Břeclav	přijezd	0:20	15:10	14,00	46,50	42		825	897	12558	23448	1	5,0	307,8	312,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	2:06
celkem		3:59		46,50			600	825	897	23448			28,3	543,2	571,4		4,2	5,5	9,7	2:06	

A.12 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 A (úsek Moravský Písek – Břeclav)

typ lokomotivy	E
řada lokomotiv	210 A
hmotnost toka	t 72
základní spotřeba	kWh 15,0
gravitační zrychlení	m/s ² 9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN 7,4
měrná trakční práce	kWh/1000tkm 20,2
účinnost	% 85
úspora rekuperací	% 0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000tkm 23,8
účinnost PTZ	% 97,0
měrná spotřeba	kWh/1000tkm 24,5

typ lokomotivy	A
řada lokomotiv	210 A
hmotnost toka	t 72
základní spotřeba	kWh 5,0
gravitační zrychlení	m/s ² 9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN 12,1
měrná trakční práce	kWh/1000tkm 32,9
účinnost	% 74
úspora rekuperací	% 40
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000tkm 26,6
účinnost PTZ	% 97,0
měrná spotřeba	kWh/1000tkm 27,5

elektrická		N/kN		N/kN		N/kN		N/kN		N/kN		N/kN		N/kN	
a	c	N/kN/(km/h) ²	km/h	a	c	N/kN/(km/h) ²	km/h	a	c	N/kN/(km/h) ²	km/h	a	c	N/kN/(km/h) ²	km/h
v	p0	N/kN	3,0	v	p0	N/kN	3,0	v	p0	N/kN	3,0	v	p0	N/kN	3,0
s	R	%	2,0	s	R	%	2,0	s	R	%	2,0	s	R	%	2,0
R	k	m	1 200	R	k	m	1 200	R	k	m	1 200	R	k	m	1 200
pr	pr	N/kN	0,1	pr	pr	N/kN	0,1	pr	pr	N/kN	0,1	pr	pr	N/kN	0,1
ksí	ksí	N/kN	1,06	ksí	ksí	N/kN	1,06	ksí	ksí	N/kN	1,06	ksí	ksí	N/kN	1,06
pa	pa	km	10	pa	pa	km	10	pa	pa	km	10	pa	pa	km	10
Σp	Σp	N/kN	2,3	Σp	Σp	N/kN	2,3	Σp	Σp	N/kN	2,3	Σp	Σp	N/kN	2,3
		N/kN	7,4			N/kN	7,4			N/kN	7,4			N/kN	7,4

akumulátorová		N/kN		N/kN		N/kN		N/kN		N/kN		N/kN		N/kN	
a	c	N/kN/(km/h) ²	km/h	a	c	N/kN/(km/h) ²	km/h	a	c	N/kN/(km/h) ²	km/h	a	c	N/kN/(km/h) ²	km/h
v	p0	N/kN	1,5	v	p0	N/kN	1,5	v	p0	N/kN	1,5	v	p0	N/kN	1,5
s	R	%	5,0	s	R	%	5,0	s	R	%	5,0	s	R	%	5,0
R	k	m	500	R	k	m	500	R	k	m	500	R	k	m	500
pr	pr	N/kN	25	pr	pr	N/kN	25	pr	pr	N/kN	25	pr	pr	N/kN	25
ksí	ksí	N/kN	0,4	ksí	ksí	N/kN	0,4	ksí	ksí	N/kN	0,4	ksí	ksí	N/kN	0,4
pa	pa	km	1,06	pa	pa	km	1,06	pa	pa	km	1,06	pa	pa	km	1,06
Σp	Σp	N/kN	5,2	Σp	Σp	N/kN	5,2	Σp	Σp	N/kN	5,2	Σp	Σp	N/kN	5,2
		N/kN	12,1			N/kN	12,1			N/kN	12,1			N/kN	12,1

misíto	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. hrtkm	dopr. hrtkm	trolej	spotř. kWh	zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh	aku	spotř. zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh	Δ čas a hh:mm	čas a hh:mm
Mor. Písek	přijezd	11:11	11:13	0,00	0,00	0	225	297	297	0	0	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Mor. Písek	odjezd	11:13	11:13	0,00	0,00	0	225	297	297	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:02	0:02
man. kolej	přijezd	11:15	11:15	0,25	0,25	8	225	297	297	74	74	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	2,0	2,2	0:02	0:04
man. kolej	odjezd	11:18	11:18	0,00	0,25	0	-150	75	147	0	74	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,0	0,3	0:03	0:07
Mor. Písek	přijezd	11:20	11:20	0,25	0,50	8	225	297	297	37	111	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	1,0	1,2	0:02	0:09
Mor. Písek	odjezd	11:23	11:23	0,00	0,50	0	225	297	297	0	111	1	0,8	0,0	0,8	0,8	0	0,0	0,0	0,8	0:00	0:09
Bzeneč přívoz	přijezd	11:32	11:32	5,00	5,50	33	225	297	297	735	846	1	2,3	18,0	20,3	20,3	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:09
Bzeneč přívoz	odjezd	11:37	11:37	0,00	5,50	0	-75	0	72	0	846	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	0,0	0,4	0:05	0:14
pískovna	přijezd	11:42	11:42	1,00	6,50	12	150	222	222	72	918	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	2,0	2,4	0:05	0:19
pískovna	odjezd	11:54	11:54	0,00	6,50	0	150	150	222	0	918	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	1,0	0,0	1,0	0:12	0:31
Bzeneč přívoz	přijezd	11:59	11:59	1,00	7,50	12	150	222	222	222	1 140	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	6,1	6,5	0:05	0:36
Bzeneč přívoz	odjezd	12:10	12:10	0,00	7,50	0	75	225	297	0	1 140	1	2,8	0,0	2,8	2,8	0	0,0	0,0	2,8	0:00	0:36
Rohatec	přijezd	12:21	12:21	8,00	15,50	44	225	297	297	2 376	3 516	1	2,8	58,2	61,0	61,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:36
Rohatec	odjezd	12:31	12:31	0,00	15,50	0	-225	0	72	0	3 516	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,8	0,0	0,8	0:10	0:46
man. kolej	přijezd	12:34	12:34	0,50	16,00	10	150	222	222	36	3 552	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	1,0	1,2	0:03	0:49
man. kolej	odjezd	12:39	12:39	0,00	16,00	0	150	150	222	0	3 552	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	0,0	0,4	0:05	0:54
Rohatec	přijezd	12:42	12:42	0,50	16,50	10	150	222	222	111	3 663	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	3,0	3,3	0:03	0:57
Rohatec	odjezd	13:00	13:00	0,00	16,50	0	225	375	447	0	3 663	1	4,5	0,0	4,5	4,5	0	0,0	0,0	4,5	0:00	0:57
Hodonín	přijezd	13:11	13:11	7,00	23,50	38	375	447	447	3 129	6 792	1	2,8	76,7	79,5	79,5	0	0,0	0,0	79,5	0:00	0:57
Hodonín	odjezd	13:19	13:19	0,00	23,50	0	-375	0	72	0	6 792	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,7	0,0	0,7	0:08	1:05
areál	přijezd	13:29	13:29	1,50	25,00	9	225	297	297	108	6 900	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,8	3,0	3,8	0:10	1:15
areál	odjezd	13:55	13:55	0,00	25,00	0	225	225	297	0	6 900	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	2,2	2,2	2,2	0:26	1:41
Hodonín	přijezd	14:05	14:05	1,50	26,50	9	225	297	297	446	7 346	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,8	12,2	13,1	0:10	1:51
Hodonín	odjezd	14:19	14:19	0,00	26,50	0	375	600	672	0	7 346	1	3,5	0,0	3,5	3,5	0	0,0	0,0	3,5	0:00	1:51
Lužice	přijezd	14:28	14:28	5,00	31,50	33	600	672	672	3 360	10 706	1	2,3	82,4	84,6	84,6	0	0,0	0,0	84,6	0:00	1:51
Lužice	odjezd	14:31	14:31	0,00	31,50	0	-600	0	72	0	10 706	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,0	0,3	0:03	1:54
naft. doily	přijezd	14:34	14:34	0,50	32,00	10	0	72	72	36	10 742	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	1,0	1,2	0:03	1:57
naft. doily	odjezd	14:40	14:40	0,00	32,00	0	225	225	297	0	10 742	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,5	0,0	0,5	0:06	2:03
Lužice	přijezd	14:43	14:43	0,50	32,50	10	225	297	297	149	10 890	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	4,1	4,3	0:03	2:06
Lužice	odjezd	14:50	14:50	0,00	32,50	0	600	825	897	0	10 890	1	1,8	0,0	1,8	1,8	0	0,0	0,0	1,8	0:00	2:06
Břeclav	přijezd	15:10	15:10	14,00	46,50	42	825	897	897	12 558	23 448	1	5,0	307,8	312,8	312,8	0	0,0	0,0	312,8	0:00	2:06
celkem		3:59		46:50		600				23 448		1	28,3	543,2	571,4			10,5	35,4	45,9	2:06	

A.13 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 742 (úsek Břeclav – Vranovice)

typ lokomotivy		DE
řada lokomotivy		742
hmotnost loko	t	64
základní spotřeba	litr/h	8,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN	9,0
měrná trakční práce	kWh/1000tkm	24,5
účinnost	%	32
úspora rekuperační	%	0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000tkm	76,5
vyhřevnost nafty	kWh/litr	10,0
měrná spotřeba	litr/1000tkm	7,6

a	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h) ²	0,0003
v	km/h	75
p0	N/kN	3,0
s	%	2,0
R	m	1 200
k	%	15
pr	N/kN	0,1
ksí		1,06
L	km	6
pa	N/kN	3,9
Σp	N/kN	9,0

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	spotř. zákl. litr	spotř. dif. litr	spotř. cel. litr
Břeclav	příjezd		22:27		0,00			625	689	0	0	0,0	0,0	0,0
Břeclav	odjezd	0:20	22:47	0,00	0,00	0		625	689	0	0	2,7	0,0	2,7
Zaječí	příjezd	0:18	23:05	18,00	18,00	60		625	689	12 402	12 402	2,4	94,8	97,2
Zaječí	odjezd	0:02	23:07	0,00	18,00	0	-250	375	439	0	12 402	0,3	0,0	0,3
man. kolej	příjezd	0:02	23:09	0,50	18,50	15		375	439	220	12 622	0,3	1,7	1,9
man. kolej	odjezd	0:02	23:11	0,00	18,50	0	-300	75	139	0	12 622	0,3	0,0	0,3
Válcovny	příjezd	0:04	23:15	1,00	19,50	15		75	139	139	12 761	0,5	1,1	1,6
Válcovny	odjezd	0:03	23:18	0,00	19,50	0	-75	0	64	0	12 761	0,4	0,0	0,4
Zaječí	příjezd	0:02	23:20	0,50	20,00	15		0	64	32	12 793	0,3	0,2	0,5
Zaječí	odjezd	0:02	23:22	0,00	20,00	0	250	250	314	0	12 793	0,3	0,0	0,3
Šakvice	příjezd	0:08	23:30	6,00	26,00	45		250	314	1 884	14 677	1,1	14,4	15,5
Šakvice	odjezd	0:08	23:38	0,00	26,00	0	-100	150	214	0	14 677	1,1	0,0	1,1
areál	příjezd	0:05	23:43	1,00	27,00	12		150	214	214	14 891	0,7	1,6	2,3
areál	odjezd	0:18	0:01	0,00	27,00	0	-75	75	139	0	14 891	2,4	0,0	2,4
Mostárna	příjezd	0:05	0:06	1,00	28,00	12		75	139	139	15 030	0,7	1,1	1,7
Mostárna	odjezd	0:19	0:25	0,00	28,00	0	-75	0	64	0	15 030	2,5	0,0	2,5
Šakvice	příjezd	0:03	0:28	1,00	29,00	20		0	64	64	15 094	0,4	0,5	0,9
Šakvice	odjezd	0:15	0:43	0,00	29,00	0	100	100	164	0	15 094	2,0	0,0	2,0
Vranovice	příjezd	0:12	0:55	9,00	38,00	45		100	164	1 476	16 570	1,6	11,3	12,9
celkem		2:28		38,00			-525			16 570		19,7	126,7	146,4

A.14 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 (úsek Břeclav – Vranovice)

typ lokomotivy		E
řada lokomotivy		210
hmotnost loko	t	72
základní spotřeba	kWh	15,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN	9,0
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm	24,5
účinnost	%	85
úspora rekuperačí	%	0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm	28,8
účinnost PTZ	%	97,0
měrná spotřeba	kWh/1000 tkm	29,7

a	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h) ²	0,0003
v	km/h	75
p0	N/kN	3,0
s	%	2,0
R	m	1 200
k	%	15
pr	N/kN	0,1
ksí		1,06
L	km	6
pa	N/kN	3,9
Σp	N/kN	9,0

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	trolej	spotř. zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh
Břeclav	příjezd		22:27		0,00			625	697	0	0	1	0,0	0,0	0,0
Břeclav	odjezd	0:20	22:47	0,00	0,00	0		625	697	0	0	1	5,0	0,0	5,0
Zaječí	příjezd	0:18	23:05	18,00	18,00	60		625	697	12 546	12 546	1	4,5	372,4	376,9
Zaječí	odjezd	0:02	23:07	0,00	18,00	0	-250	375	447	0	12 546	1	0,5	0,0	0,5
man. kolej	příjezd	0:02	23:09	0,50	18,50	15		375	447	224	12 770	1	0,5	6,6	7,1
man. kolej	odjezd	0:02	23:11	0,00	18,50	0	-300	75	147	0	12 770	1	0,5	0,0	0,5
Válcovny	příjezd	0:04	23:15	1,00	19,50	15		75	147	147	12 917	1	1,0	4,4	5,4
Válcovny	odjezd	0:03	23:18	0,00	19,50	0	-75	0	72	0	12 917	1	0,8	0,0	0,8
Zaječí	příjezd	0:02	23:20	0,50	20,00	15		0	72	36	12 953	1	0,5	1,1	1,6
Zaječí	odjezd	0:02	23:22	0,00	20,00	0	250	250	322	0	12 953	1	0,5	0,0	0,5
Šakvice	příjezd	0:08	23:30	6,00	26,00	45		250	322	1 932	14 885	1	2,0	57,3	59,3
Šakvice	odjezd	0:08	23:38	0,00	26,00	0	-100	150	222	0	14 885	1	2,0	0,0	2,0
areál	příjezd	0:05	23:43	1,00	27,00	12		150	222	222	15 107	1	1,3	6,6	7,8
areál	odjezd	0:18	0:01	0,00	27,00	0	-75	75	147	0	15 107	1	4,5	0,0	4,5
Mostárna	příjezd	0:05	0:06	1,00	28,00	12		75	147	147	15 254	1	1,3	4,4	5,6
Mostárna	odjezd	0:19	0:25	0,00	28,00	0	-75	0	72	0	15 254	1	4,8	0,0	4,8
Šakvice	příjezd	0:03	0:28	1,00	29,00	20		0	72	72	15 326	1	0,8	2,1	2,9
Šakvice	odjezd	0:15	0:43	0,00	29,00	0	100	100	172	0	15 326	1	3,8	0,0	3,8
Vranovice	příjezd	0:12	0:55	9,00	38,00	45		100	172	1 548	16 874	1	3,0	45,9	48,9
celkem		2:28		38,00			-525			16 874			37,0	500,8	537,8

A.15 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 D (úsek Břeclav – Vranovice)

typ lokomotivy		E
řada lokomotivy		210 D
hmotnost loko	t	72
základní spotřeba	kWh	15,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN	7,4
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm	20,2
účinnost	%	85
úspora rekuperací	%	0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm	23,8
účinnost PTZ	%	97,0
měrná spotřeba	kWh/1000 tkm	24,5

typ lokomotivy		D
řada lokomotivy		210 D
hmotnost loko	t	72
základní spotřeba	litr/h	2,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN	5,0
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm	13,6
účinnost	%	32
úspora rekuperací	%	0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm	42,6
výhřevnost nafty	kWh/litr	10,0
měrná spotřeba	litr/1000 tkm	4,3

a	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h) ²	0,0003
v	km/h	75
p0	N/kN	3,0
s	%	2,0
R	m	1,200
k	%	15
pr	N/kN	0,1
L	km	1,06
pa	N/kN	10
Zp	N/kN	2,3
		7,4

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	trolej	spotř. zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh	diesel	spotř. zákl. litr	spotř. dif. litr	spotř. cel. litr	Δ čas d hh:mm	čas d hh:mm
Břeclav	příjezd		22:27	0,00	0,00	0		625	697	0	0	1	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	
Břeclav	odjezd	0:20	22:47	0,00	0,00	0		625	697	0	0	1	5,0	0,0	5,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Zaječ	příjezd	0:18	23:05	18,00	18,00	60		625	697	12 546	12 546	1	4,5	307,6	312,1	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Zaječ	odjezd	0:02	23:07	0,00	18,00	0	-250	375	447	0	12 546	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,0	0,1	0:02	0:02
man. kolej	příjezd	0:02	23:09	0,50	18,50	15		375	447	224	12 770	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	1,0	1,0	0:02	0:04
man. kolej	odjezd	0:02	23:11	0,00	18,50	0	-300	75	147	0	12 770	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,0	0,1	0:02	0:06
Válcovny	příjezd	0:04	23:15	1,00	19,50	15		75	147	147	12 917	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,6	0,8	0:04	0:10
Válcovny	odjezd	0:03	23:18	0,00	19,50	0	-75	0	72	0	12 917	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,0	0,1	0:03	0:13
Zaječ	příjezd	0:02	23:20	0,50	20,00	15		0	72	36	12 953	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,2	0,2	0:02	0:15
Zaječ	odjezd	0:02	23:22	0,00	20,00	0	250	250	322	0	12 953	1	0,5	0,0	0,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:15
Šakvice	příjezd	0:08	23:30	6,00	26,00	45		250	322	1 932	14 885	1	2,0	47,4	49,4	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:15
Šakvice	odjezd	0:08	23:38	0,00	26,00	0	-100	150	222	0	14 885	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,0	0,3	0:08	0:23
areál	příjezd	0:05	23:43	1,00	27,00	12		150	222	222	15 107	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,9	1,1	0:05	0:28
areál	odjezd	0:18	0:01	0,00	27,00	0	-75	75	147	0	15 107	0	0,0	0,0	0,0	1	0,6	0,0	0,6	0:18	0:46
Mostátna	příjezd	0:05	0:06	1,00	28,00	12		75	147	147	15 254	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,6	0,8	0:05	0:51
Mostátna	odjezd	0:19	0:25	0,00	28,00	0	-75	0	72	0	15 254	0	0,0	0,0	0,0	1	0,6	0,0	0,6	0:19	1:10
Šakvice	příjezd	0:03	0:28	1,00	29,00	20		0	72	72	15 326	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,3	0,4	0:03	1:13
Šakvice	odjezd	0:15	0:43	0,00	29,00	0	100	100	172	0	15 326	1	3,8	0,0	3,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	1:13
Vranovice	příjezd	0:12	0:55	9,00	38,00	45		100	172	1 548	16 874	1	3,0	37,9	40,9	0	0,0	0,0	0,0	0:00	1:13
celkem		2:28		38,00			-525	100	172	16 874		18,8	392,9	411,6		2,4	3,6	6,0	1:13		

A.16 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 A (úsek Breclav – Vranovice)

typ lokomotivy	E
řada lokomotivy	210 A
hmotnost loko	t
základní spotřeba	72
gravitační zrychlení	15,0
střední měrný trakční odpor	m/52
úspora rekuperací	9,81
úspora rekuperací	N/kN
úspora rekuperací	7,4
úspora rekuperací	20,2
úspora rekuperací	%
úspora rekuperací	85
úspora rekuperací	%
úspora rekuperací	0
úspora rekuperací	%
úspora rekuperací	23,8
úspora rekuperací	%
úspora rekuperací	97,0
úspora rekuperací	%
úspora rekuperací	24,5

typ lokomotivy	A
řada lokomotivy	210 A
hmotnost loko	t
základní spotřeba	72
gravitační zrychlení	5,0
střední měrný trakční odpor	m/52
úspora rekuperací	9,81
úspora rekuperací	N/kN
úspora rekuperací	12,1
úspora rekuperací	32,9
úspora rekuperací	%
úspora rekuperací	74
úspora rekuperací	%
úspora rekuperací	40
úspora rekuperací	%
úspora rekuperací	26,6
úspora rekuperací	%
úspora rekuperací	97,0
úspora rekuperací	%
úspora rekuperací	27,5

a	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h)2	0,0003
v	km/h	75
p0	N/kN	3,0
s	%	2,0
R	m	1,200
k	%	15
pr	N/kN	0,1
ksf		1,06
L	km	10
pa	N/kN	2,3
Σp	N/kN	7,4

a	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h)2	0,0003
v	km/h	25
p0	N/kN	1,5
s	%	5,0
R	m	500
k	%	25
pr	N/kN	0,4
ksf		1,06
L	km	0,5
pa	N/kN	5,2
Σp	N/kN	12,1

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	trolej	spotř. zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh	aku	spotř. zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh	Δ čas a hh:mm	čas a hh:mm
Breclav	příjezd	0:20	22:47	0,00	0,00	0		625	697	0	0	1	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Breclav	odjezd	0:18	23:05	18,00	18,00	60		625	697	0	0	1	5,0	0,0	5,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Zaječí	příjezd	0:02	23:07	0,00	18,00	60		625	697	12,546	12,546	1	4,5	307,6	312,1	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Zaječí	odjezd	0:02	23:09	0,00	18,00	0	-250	375	447	0	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:02	0:02
man. kolej	příjezd	0:02	23:09	0,50	18,50	15		375	447	224	12,770	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:02	0:04
man. kolej	odjezd	0:02	23:11	0,00	18,50	0	-300	75	147	0	12,770	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:02	0:06
Valcovny	příjezd	0:04	23:15	1,00	19,50	15		75	147	147	12,917	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	4,0	4,4	0:04	0:10
Valcovny	odjezd	0:03	23:18	0,00	19,50	0	-75	0	72	0	12,917	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,0	0,3	0:03	0:13
Zaječí	příjezd	0:02	23:20	0,50	20,00	15		0	72	36	12,953	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	1,0	1,2	0:02	0:15
Zaječí	odjezd	0:02	23:22	0,00	20,00	0	250	250	322	0	12,953	1	0,5	0,0	0,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:15
Šakvice	příjezd	0:08	23:30	6,00	26,00	45		250	322	1,932	14,885	1	2,0	47,4	49,4	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:15
Šakvice	odjezd	0:08	23:38	0,00	26,00	0	-100	150	222	0	14,885	0	0,0	0,0	0,0	1	0,7	0,0	0,7	0:08	0:23
areál	příjezd	0:05	23:43	1,00	27,00	12		150	222	222	15,107	0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	6,1	6,5	0:05	0:28
areál	odjezd	0:18	0:01	0,00	27,00	0	-75	75	147	0	15,107	0	0,0	0,0	0,0	1	1,5	0,0	1,5	0:18	0:46
Mostárna	příjezd	0:05	0:06	1,00	28,00	12		75	147	147	15,254	0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	4,0	4,5	0:05	0:51
Mostárna	odjezd	0:19	0:25	0,00	28,00	0	-75	0	72	0	15,254	0	0,0	0,0	0,0	1	1,6	0,0	1,6	0:19	1:10
Šakvice	příjezd	0:03	0:28	1,00	29,00	20		0	72	72	15,326	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	2,0	2,2	0:03	1:13
Šakvice	odjezd	0:15	0:43	0,00	29,00	0	100	100	172	0	15,326	1	3,8	0,0	3,8	0	0,0	0,0	0,0	0:00	1:13
Vranovice	příjezd	0:12	0:55	9,00	38,00	45		100	172	1,548	16,874	1	3,0	37,9	40,9	0	0,0	0,0	0,0	0:00	1:13
celkem		2:28		38,00				100		16,874			18,8	392,9	411,6		6,1	23,3	29,4		1:13

441,0

B.1 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 742 (úsek Karlovy Vary – Stráž nad Ohří a zpět)

typ lokomotivy		DE
řada lokomotivy		742
hmotnost loko	t	64
základní spotřeba	litr/h	8,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN	14,7
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm	40,2
účinnost	%	32
úspora rekuperací	%	0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm	125,6
výhřevnost nafty	kWh/litr	10,0
měrná spotřeba	litr/1000 tkm	12,6

a	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h) ²	0,0003
v	km/h	60
p0	N/kN	2,4
s	%	9,0
R	m	500
k	%	60
pr	N/kN	0,9
ksí		1,06
L	km	6
pa	N/kN	2,5
Σp	N/kN	14,7

místo	stav	Δčas hh:mm	čas hh:mm	Δdráha km	dráha km	rychlost km/h	Δzátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δdopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	spotř.zákl. litr	spotř. dif. litr	spotř. cel. litr
Karlovy Vary	příjezd		7:40		0,00			150	214	0	0	0,0	0,0	0,0
Karlovy Vary	odjezd	0:30	8:10	2,00	2,00	4		150	214	428	428	4,0	5,4	9,4
Ostrov nad Ohří	příjezd	0:24	8:34	15,50	17,50	39		150	214	3317	3745	3,2	41,7	44,9
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:03	8:37	0,00	17,50	0	-75	75	139	0	3745	0,4	0,0	0,4
man. koleje	příjezd	0:04	8:41	0,50	18,00	8		75	139	70	3815	0,5	0,9	1,4
man. koleje	odjezd	0:07	8:48	0,00	18,00	0	-75	0	64	0	3815	0,9	0,0	0,9
Ostrov nad Ohří	příjezd	0:04	8:52	0,50	18,50	8		0	64	32	3847	0,5	0,4	0,9
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:06	8:58	0,00	18,50	0	75	75	139	0	3847	0,8	0,0	0,8
Stráž nad Ohří	příjezd	0:16	9:14	12,00	30,50	45		75	139	1668	5515	2,1	20,9	23,1
Stráž nad Ohří	odjezd	0:10	9:24	0,00	30,50	0		75	139	0	5515	1,3	0,0	1,3
man. koleje	příjezd	0:04	9:28	0,50	31,00	8		75	139	70	5584	0,5	0,9	1,4
man. koleje	odjezd	0:18	9:46	0,00	31,00	0	150	225	289	0	5584	2,4	0,0	2,4
Stráž nad Ohří	příjezd	0:04	9:50	0,50	31,50	8		225	289	145	5729	0,5	1,8	2,3
Stráž nad Ohří	odjezd	0:10	10:00	0,00	31,50	0		225	289	0	5729	1,3	0,0	1,3
Ostrov nad Ohří	příjezd	0:17	10:17	12,00	43,50	42		225	289	3468	9197	2,3	43,6	45,8
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:04	10:21	0,00	43,50	0	-225	0	64	0	9197	0,5	0,0	0,5
man. koleje	příjezd	0:04	10:25	0,50	44,00	8		0	64	32	9229	0,5	0,4	0,9
man. koleje	odjezd	0:06	10:31	0,00	44,00	0	225	225	289	0	9229	0,8	0,0	0,8
Ostrov nad Ohří	příjezd	0:04	10:35	0,50	44,50	8		225	289	145	9373	0,5	1,8	2,3
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:06	10:41	0,00	44,50	0	225	450	514	0	9373	0,8	0,0	0,8
Karlovy Vary	příjezd	0:22	11:03	15,50	60,00	42		450	514	7967	17340	2,9	100,1	103,0
Karlovy Vary	posun	0:30	11:33	2,00	62,00	4		450	514	1028	18368	4,0	12,9	16,9
celkem		3:53		62,00			300			18368		31,1	230,7	261,7

B.2 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 (úsek Karlovy Vary – Stráž nad Ohří a zpět)

typ lokomotivy	E
řada lokomotivy	210
hmotnost loko	t
základní spotřeba	kWh
gravitační zrychlení	m/s ²
střední měrný trakční odpor	N/kN
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm
účinnost	%
úspora rekuperací	%
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm
účinnost PTZ	%
měrná spotřeba	kWh/1000 tkm

a	N/kN
c	N/kN/(km/h) ²
v	km/h
p0	N/kN
s	%
R	m
k	%
pr	N/kN
ksí	N/kN
L	km
pa	N/kN
Σp	N/kN

místo	stav	Δ čas	čas	Δdráha	dráha	rychlost	Δzátěž	zátěž	hmotnost	Δdopr. pr.	dopr. pr.	troje	spotř. zákl.	spotř. dif.	spotř. cel.
		hh:mm	hh:mm	km	km	km/h	t	t	t	hrtkm	hrtkm		kWh	kWh	kWh
			7:40		0,00			150	222	0	0	1	0,0	0,0	0,0
Karlovy Vary	příjezd			2,00	2,00	4		150	222	444	444	1	7,5	21,6	29,1
Karlovy Vary	odjezd	0:30	8:10	15,50	17,50	39		150	222	3 441	3 885	1	6,0	167,7	173,7
Ostrov nad Ohří	příjezd	0:24	8:34	17,50	17,50	0	-75	75	147	0	3 885	1	0,8	0,0	0,8
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:03	8:37	17,50	17,50	0		75	147	0	3 885	1	0,8	0,0	0,8
man. koleje	příjezd	0:04	8:41	18,00	18,00	8		75	147	74	3 959	1	1,0	3,6	4,6
man. koleje	odjezd	0:07	8:48	18,00	18,00	0	-75	0	72	0	3 959	1	1,8	0,0	1,8
Ostrov nad Ohří	příjezd	0:04	8:52	18,50	18,50	8		0	72	36	3 995	1	1,0	1,8	2,8
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:06	8:58	18,50	18,50	0	75	75	147	0	3 995	1	1,5	0,0	1,5
Stráž nad Ohří	příjezd	0:16	9:14	30,50	30,50	45		75	147	1 764	5 759	1	4,0	86,0	90,0
Stráž nad Ohří	odjezd	0:10	9:24	30,50	30,50	0		75	147	0	5 759	1	2,5	0,0	2,5
man. koleje	příjezd	0:04	9:28	31,00	31,00	8		75	147	74	5 832	1	1,0	3,6	4,6
man. koleje	odjezd	0:18	9:46	31,00	31,00	0	150	225	297	0	5 832	1	4,5	0,0	4,5
Stráž nad Ohří	příjezd	0:04	9:50	31,50	31,50	8		225	297	149	5 981	1	1,0	7,2	8,2
Stráž nad Ohří	odjezd	0:10	10:00	31,50	31,50	0		225	297	0	5 981	1	2,5	0,0	2,5
Ostrov nad Ohří	příjezd	0:17	10:17	43,50	43,50	42		225	297	3 564	9 545	1	4,3	173,7	178,0
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:04	10:21	43,50	43,50	0	-225	0	72	0	9 545	1	1,0	0,0	1,0
man. koleje	příjezd	0:04	10:25	44,00	44,00	8		0	72	36	9 581	1	1,0	1,8	2,8
man. koleje	odjezd	0:06	10:31	44,00	44,00	0	225	225	297	0	9 581	1	1,5	0,0	1,5
Ostrov nad Ohří	příjezd	0:04	10:35	44,50	44,50	8		225	297	149	9 729	1	1,0	7,2	8,2
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:06	10:41	44,50	44,50	0	225	450	522	0	9 729	1	1,5	0,0	1,5
Karlovy Vary	příjezd	0:22	11:03	60,00	60,00	42		450	522	8 091	17 820	1	5,5	394,4	399,9
Karlovy Vary	posun	0:30	11:33	62,00	62,00	4		450	522	1 044	18 864	1	7,5	50,9	58,4
celkem		3:53		62,00			300			18 864			58,3	919,5	977,7

B.3 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 D (úsek Karlovy Vary – Stráž nad Ohří a zpět)

typ lokomotivy		E
řada lokomotivy		210D
hmotnost loko	t	72
základní spotřeba	kWh	15,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN	13,7
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm	37,5
účinnost	%	85
úspora rekuperací	%	0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm	44,1
účinnost PTZ	%	97,0
měrná spotřeba	kWh/1000 tkm	45,4

typ lokomotivy		D
řada lokomotivy		210D
hmotnost loko	t	72
základní spotřeba	litr/h	2,0
gravitační zrychlení	m/s ²	9,81
střední měrný trakční odpor	N/kN	5,0
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm	13,6
účinnost	%	32
úspora rekuperací	%	0
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm	42,6
výhřevnost nafty	kWh/litr	10,0
měrná spotřeba	litr/1000 tkm	4,3

a	N/kN	1,3
c	N/kN/(km/h) ²	0,0003
v	km/h	60
p0	N/kN	2,4
s	%	9,0
R	m	500
k	%	60
pr	N/kN	0,9
ksí		1,06
L	km	10
pa	N/kN	1,5
Σp	N/kN	13,7

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	trolej	spotř. zákl. kWh	spotř. dif. kWh	spotř. cel. kWh	diesel	spotř. zákl. litr	spotř. dif. litr	spotř. cel. litr	Δ čas d hh:mm	čas d hh:mm
Karlovy Vary	přilezd	7:40		0,00			150	222	0	0	0	1	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	
Karlovy Vary	odjezd	8:10	2,00	2,00	2,00	4	150	222	444	444	444	1	7,5	20,2	27,7	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Ostrov nad Ohří	přilezd	8:24	8,34	15,50	17,50	39	150	222	3441	3885	1	6,0	156,3	162,3	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00	
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:03	8:37	0,00	17,50	0	-75	75	147	0	3885	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,0	0,1	0:03	0:03
man. kolej	přilezd	0:04	8:41	0,50	18,00	8	75	147	74	3959	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,3	0,4	0:04	0:07	
man. kolej	odjezd	0:07	8:48	0,00	18,00	0	-75	0	72	0	3959	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:07	0:14
Ostrov nad Ohří	přilezd	0:04	8:52	0,50	18,50	8	0	72	36	3995	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,2	0,3	0:04	0:18	
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:06	8:58	0,00	18,50	0	75	147	0	3995	1	1,5	0,0	1,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:18	
Stráž nad Ohří	přilezd	0:16	9:14	12,00	30,50	45	75	147	1764	5759	1	4,0	80,1	84,1	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:18	
Stráž nad Ohří	odjezd	0:10	9:24	0,00	30,50	0	75	147	0	5759	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,0	0,3	0:10	0:28	
man. kolej	přilezd	0:04	9:28	0,50	31,00	8	75	147	74	5832	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,3	0,4	0:04	0:32	
man. kolej	odjezd	0:18	9:46	0,00	31,00	0	150	225	297	5832	0	0,0	0,0	0,0	1	0,6	0,0	0,6	0:18	0:50	
Stráž nad Ohří	přilezd	0:04	9:50	0,50	31,50	8	225	297	149	5981	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,6	0,8	0:04	0:54	
Stráž nad Ohří	odjezd	0:10	10:00	0,00	31,50	0	225	297	0	5981	1	2,5	0,0	2,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:54	
Ostrov nad Ohří	přilezd	0:17	10:17	12,00	43,50	42	225	297	3564	9545	1	4,3	161,9	166,2	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:54	
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:04	10:21	0,00	43,50	0	-225	0	72	9545	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,0	0,1	0:04	0:58	
man. kolej	přilezd	0:04	10:25	0,50	44,00	8	0	72	36	9581	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,2	0,3	0:04	1:02	
man. kolej	odjezd	0:06	10:31	0,00	44,00	0	225	225	297	9581	0	0,0	0,0	0,0	1	0,2	0,0	0,2	0:06	1:08	
Ostrov nad Ohří	přilezd	0:04	10:35	0,50	44,50	8	225	297	149	9729	0	0,0	0,0	0,0	1	0,1	0,6	0,8	0:04	1:12	
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:06	10:41	0,00	44,50	0	225	450	522	9729	1	1,5	0,0	1,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	1:12	
Karlovy Vary	přilezd	0:22	11:03	15,50	60,00	42	450	522	8091	17820	1	5,5	367,6	373,1	0	0,0	0,0	0,0	0:00	1:12	
Karlovy Vary	posun	0:30	11:33	2,00	62,00	4	450	522	1044	18864	1	7,5	47,4	54,9	0	0,0	0,0	0,0	0:00	1:12	
celkem		3:53		62,00		300		450	522	18864		40,3	833,7	873,9		2,4	2,2	4,6	1:12		

B.4 Tabulka výpočtu spotřeby energie pro lokomotivu 210 A (úsek Karlovy Vary – Stráž nad Ohří a zpět)

typ lokomotivy	E
řáda lokomotivy	210 A
hmotnost loko	t
základní spotřeba	kWh
gravitační zrychlení	m/s ²
střední měrný trakční odpor	N/kN
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm
účinnost	%
úspora rekuperací	%
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm
účinnost PTZ	%
měrná spotřeba	kWh/1000 tkm

typ lokomotivy	A
řáda lokomotivy	210 A
hmotnost loko	t
základní spotřeba	kWh
gravitační zrychlení	m/s ²
střední měrný trakční odpor	N/kN
měrná trakční práce	kWh/1000 tkm
účinnost	%
úspora rekuperací	%
měrná práce trakčního motoru	kWh/1000 tkm
účinnost PTZ	%
měrná spotřeba	kWh/1000 tkm

a	N/kN
c	N/kN/(km/h) ²
v	km/h
p0	N/kN
s	%
R	m
k	%
pr	N/kN
ksf	N/kN
L	km
pa	N/kN
Σp	N/kN

a	N/kN
c	N/kN/(km/h) ²
v	km/h
p0	N/kN
s	%
R	m
k	%
pr	N/kN
ksf	N/kN
L	km
pa	N/kN
Σp	N/kN

místo	stav	Δ čas hh:mm	čas hh:mm	Δ dráha km	dráha km	rychlost km/h	Δ zátěž t	zátěž t	hmotnost t	Δ dopr. pr. hrtkm	dopr. pr. hrtkm	tróleř	spotř. zákl. kWh	spotř. díř. kWh	spotř. cel. kWh	aku	spotř. zákl. kWh	spotř. díř. kWh	spotř. cel. kWh	Δ čas a hh:mm	čas a hh:mm
Karlovy Vary	přijezd		7:40		0,00			150	222	0	0	1	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Karlovy Vary	odjezd	0:30	8:10	2,00	2,00	4		150	222	444	444	1	7,5	20,2	27,7	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Ostrov nad Ohří	přijezd	0:24	8:34	15,50	17,50	39		150	222	3 441	3 885	1	6,0	156,3	162,3	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:00
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:03	8:37	0,00	17,50	0	-75	75	147	0	3 885	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,0	0,3	0:03	0:03
man. koleř	přijezd	0:04	8:41	0,50	18,00	8		75	147	74	3 959	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	1,7	2,0	0:04	0:07
man. koleř	odjezd	0:07	8:48	0,00	18,00	0	-75	0	72	0	3 959	0	0,0	0,0	0,0	1	0,6	0,0	0,6	0:07	0:14
Ostrov nad Ohří	přijezd	0:04	8:52	0,50	18,50	8		0	72	36	3 995	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,8	1,2	0:04	0:18
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:06	8:58	0,00	18,50	0	75	75	147	0	3 995	1	1,5	0,0	1,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:18
man. koleř	přijezd	0:16	9:14	12,00	30,50	45		75	147	1 764	5 759	1	4,0	80,1	84,1	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:18
Stráž nad Ohří	odjezd	0:10	9:24	0,00	30,50	0		75	147	0	5 759	0	0,0	0,0	0,0	1	0,8	0,0	0,8	0:10	0:28
man. koleř	přijezd	0:04	9:28	0,50	31,00	8		75	147	74	5 832	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	1,7	2,0	0:04	0:32
man. koleř	odjezd	0:18	9:46	0,00	31,00	0	150	225	297	0	5 832	0	0,0	0,0	0,0	1	1,5	0,0	1,5	0:18	0:50
Stráž nad Ohří	přijezd	0:04	9:50	0,50	31,50	8		225	297	149	5 981	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	3,4	3,8	0:04	0:54
Stráž nad Ohří	odjezd	0:10	10:00	0,00	31,50	0		225	297	0	5 981	1	2,5	0,0	2,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:54
Ostrov nad Ohří	přijezd	0:17	10:17	12,00	43,50	42		225	297	3 564	9 545	1	4,3	161,9	166,2	0	0,0	0,0	0,0	0:00	0:54
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:04	10:21	0,00	43,50	0	-225	0	72	0	9 545	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,0	0,3	0:04	0:58
man. koleř	přijezd	0:04	10:25	0,50	44,00	8		0	72	36	9 581	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0,8	1,2	0:04	1:02
man. koleř	odjezd	0:06	10:31	0,00	44,00	0	225	225	297	0	9 581	0	0,0	0,0	0,0	1	0,5	0,0	0,5	0:06	1:08
Ostrov nad Ohří	přijezd	0:04	10:35	0,50	44,50	8		225	297	149	9 729	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	3,4	3,8	0:04	1:12
Ostrov nad Ohří	odjezd	0:06	10:41	0,00	44,50	0	225	450	522	0	9 729	1	1,5	0,0	1,5	0	0,0	0,0	0,0	0:00	1:12
Karlovy Vary	přijezd	0:22	11:03	15,50	60,00	42		450	522	8 091	17 820	1	5,5	367,6	373,1	0	0,0	0,0	0,0	0:00	1:12
Karlovy Vary	posun	0:30	11:33	2,00	62,00	4		450	522	1 044	18 864	1	7,5	47,4	54,9	0	0,0	0,0	0,0	0:00	1:12
celkem		3:53		62,00		4	300					1	40,3	833,7	873,9		6,0	11,9	17,9	1:12	