

**TÓTH BÉLA**

okleveles gépészmérnök
nyug. MÁV mérnök főtanácsos

KOVÁCS KÁROLY

okleveles gépészmérnök
műszaki fejlesztési koordinátor
MÁV START Zrt.



Menetrendben nem tervezett kényszerű lassítások, rendkívüli megállások vontatásenergetikai és jármű karbantartási következményei a vasúti vontatásban (2. rész)

Összefoglaló

A Vasútgépészet 1995. évi 3. számában a szerzők már foglalkoztak a lassújelek vontatásenergetikai és jármű karbantartási költségekre gyakorolt hatásával, következményeivel.

A cikk megjelenésétől eltelt 16 évre visszatekintve sajnálatos tényként állapíthatjuk meg, hogy a magyar vasúthálózat állapotának romlása miatt a címben jelzett problémák ma is léteznek, sőt tovább súlyosbodtak. Célunk e cikksorozat keretében a romló infrastruktúra következtében a vasút üzemeltetésében keletkező többletköltségek feltárása, javaslatok bemutatása a probléma megoldására.

Béla Tóth

Dipl. Maschinenbauingenieur
Oberbaurat a D., i. R. in MÁV

Károly Kovács

Dipl.-Ing. Maschinenbau
Koordinator – Technische
Entwicklung
MÁV-START Zrt.

Die Folgen der im Fahrplan nicht geplanten zwangsmäßigen Geschwindigkeitsreduktion und Sonderhalte im Hinblick auf die Traktionsenergetik und Fahrzeuginstandhaltung der Zugförderung – Teil 2.

Kurzfassung

Die Autoren haben schon früher – Vasútgépészet 3/1995 – den durch die Langsamfahrstellen auf die Traktionsenergetik und auf die Fahrzeuginstandhaltungskosten ausgeübten Einfluss behandelt.

Zurückblickend auf die vergangenen 16 Jahre muss man bedauerlicherweise feststellen, dass die im Titel angedeuteten Probleme bedingt durch die Zustandsverschlechterung des Eisenbahnnetzes in Ungarn weiterhin - sogar in erhöhtem Maße – existieren. Im Rahmen dieser Artikelreihe wünschen die Autoren die infolge der sich verschlechternden Infrastruktur im Eisenbahnbetrieb ergebenden Mehrkosten anzugeben, bzw. Vorschläge für eine Lösung zu unterbreiten.

Béla Tóth

MSc Mech. Engineer
Retired MÁV Technical Adviser

Károly Kovács

M.Sc. Mech. Engineer.
Technical Development Coordinator
MÁV-START Zrt.

Consequencies in the traction energy consumption and the maintenance of the compulsory down-slowng train speed, not prescribed in the time table as well as the extraordinary stop on the open line – Part 2

Summary

In the periodical Railway Engineering, copy 3. 1995. the authors have studied the consequences of the compulsory train down-slowng to the traction energy and the running cost. It can be proved that nothing happened for this 16 years. For that, this is to show the surplus expense rising by the neglected infrastructure as well as to give some suggestions for the future.

Előzmények

A Vasútgépészet előző számában felidézünk egy 1995. évből való esetet, a sárvári Rába híd évtizedes kényszerű sebességkorlátozásának következményeit a vonattovábbítás energiaszükségletére és a fékkarban-

tartás költségének növekedésére. A témát folytatva idézzünk fel egy másik klasszikus hidas történetet.

Az Újpesti Duna-híd energia vesztesége és fékkopása

A budapesti dunai Északi összekötő

híd története megérdemli, hogy a sárvári hídra elkészített vizsgálatot megismételjük.

A második világháborút követően a déli összekötő híd K-jelű felállandó elemeiből 1955. május 22-én átadták a forgalomnak az újpesti északi ösz-

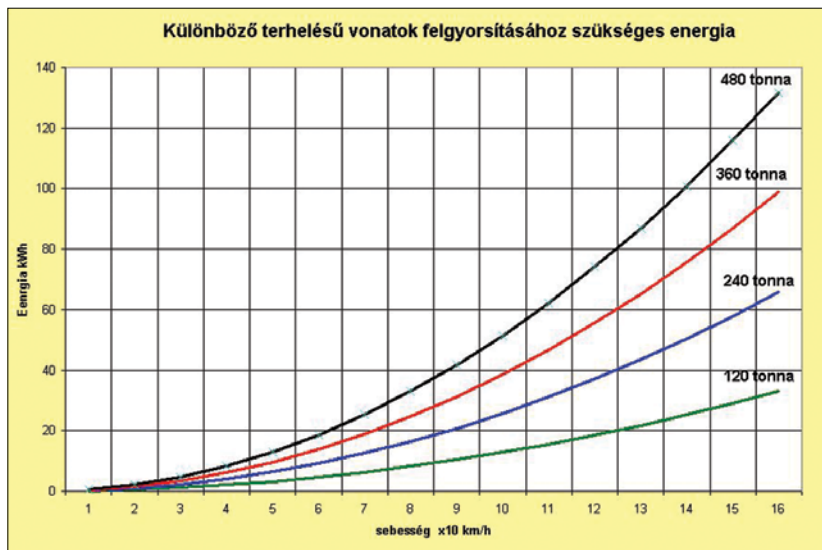
szekítő Duna hidat. Ezen a hídon a következő évtizedekben nem volt érdemi állapotfenntartás. A bontásból összeépített felálló híd állapota miatt több mint 50 éven át előbb 20 majd 10 km/h-s sebességhatár volt érvényben. Amíg a hídon végig az említett sebességhatár volt, addig a kettes vonalon előtte és utána jellemzően 60 km/h sebességgel lehetett közlekedni. Ezért mind a két irányból a hídra érkező vonatok korábban 40, később már 50 km/h sebességszűkítésre és újbóli felgyorsításra kényszerültek. A példa kedvéért napi 20 pár négy kocsis M41-es vontatta személyvonatra készítettük el az energia veszteség és féktuskókopás számítását.

A számítás az 1970-2010. időszak (40 év) személyszállító vonataira terjedt ki. Nem vettük figyelembe se a teherforgalmat se pedig a gépmeneteket.

Arra a kérdésre kerestük a választ, hogy mekkora többlet üzemeltetési és karbantartási költséget okozott a hídon lévő sebességhatár miatt szükséges újra felgyorsítások többlet energiafogyasztása és a hídra lassítás miatti szükséges fékezés költsége a többlet fékkopás. (3. táblázat)

A mélyebben érdeklődőknek jelezjük, hogy a hídon annak 1955. évi megnyitása óta, 20 km/h sebességhatár volt, a tényleges híd többletköltség ezért magasabb a 3. táblázatban megadottnál.

2010-ben elkészült az új híd. Ezzel az energetikai többletköltség halmazódásnak és a többlet fékkopás okozás



3. ábra Különböző vonatterhelésű vonatok kényszerű lassítása utáni újra felgyorsításához szükséges energia a kerék-sín kapcsolatban

Abbildung 3. Erforderliche Energie am Treibradumfang für das erneute Beschleunigen nach Zwangsverzögerung von verschiedenen Zuglasten

Figure 3. Needed power for re-accelerate after forced slowdowns of different load of trains, on wheel rail connection

történetnek vége lett. Megjegyezzük: Az átépítés nettó 14 milliárd forintba került, amire EIB hitel (Európai Fejlesztési Bank) és költségvetési forrás nyújtott fedezetet. Ehhez hozzászámíthatjuk azt a közel 12 milliárd forintos vontatási energetikai és járműfék-kopási többletköltséget is, amely a híd rossz műszaki állapota miatt keletkezett.

A bemutatott két hidas példa mellett számos igen tartós ideig fennálló sebességhatározásos példát lehetne még ismertetni. Mások érdeklődését is felkeltette például a hegyeshalmi vonal, amelynek közel két évtizeden át tartó átépítése alatt számos átépí-

tésből kimaradt lassabban járható pályaszakasza miatt a fenti számítások elkészíthetők lennének. A 3. ábrán bemutatjuk, hogy néhány jellemző személyvonat kényszerű lassítása és újbóli felgyorsítása mekkora energia befektetésével valósítható meg.

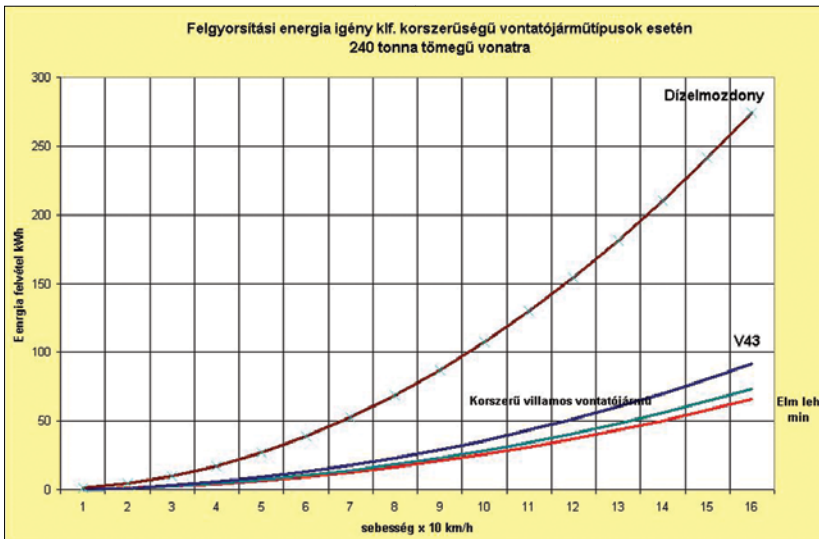
A diagramot szemlélve kijelenthetjük, mivel a felgyorsításkor közölt energia adott tömegű jármű esetén mindig a sebesség négyzetével arányos, a nagyobb sebességre felgyorsítás nagyobb energia bevitellel érhető el, azonos delta V esetén.

Amennyiben az Északi összekötő híd sebességváltozása pl. 100-60-100 km/h tartományban lett volna, akkor a vonatok felgyorsítási energiaköltsége sokkal nagyobb lett volna a 60-20-60 km/h-hoz számíthatóhoz képest. Ha pedig a híd villamosított lett volna, akkor a vonattovábbítás, a felgyorsítás energiaköltsége kb. negyede lett volna a táblázatban közölt értéknek.

Amennyiben egy pontszerű sebességhatározás a pálya olyan részén van, ahol nagy a forgalom, és/vagy nagy tömegű vonatok közlekedése a jellemző, ott a visszagyorsítás költ-

Esemény	A hídon áthaladt vonattömeg összes (tonna)	A 20-60 km/h-ra (ΔV=40km/h) felgyorsítás energiaigénye összesen (kWh)	Az energia-vesztés pótlása gázolaj egyenértékben (liter)	A 60-20 km/h-ra lassítás légfékezéssel a fékanyag kopás (kilogramm)
Sebességhatározás az Északi hídon	160 000 000	3 200 000	575 500	80 000
Nettó költsége 2010. évi árszinten (millió Ft)			11 500	100-120

3. táblázat Egy példa a sebességhatározás következményére a vontatási energia 2010 évi árszinten és járműfékek karbantartási többletköltségre (40 év összesen becsült)



4. ábra Különböző vontatójárműves vonatok felgyorsításához szükséges energia
Abbildung 4. Erforderliche Primärleistung für das Beschleunigen von Zügen gleicher Zuglasten, aber mit Triebfahrzeugen verschiedenen Typs
Figure 4. Necessary power to accelerate same load and different type of power car trains on primary side

sége is nagyobb lesz. Ezt szemlélteti néhány vonatömegre az 3. ábra.

Összefoglalva kijelentjük a következőket:

- A vonat gyorsításakor a keréken közölni szükséges energia a gyorsítandó vonat tömegével egyenes arányos. Pl. kétszeres vonatömeg, kétszeres energiaigény.
- Adott vonatömeg gyorsításához szükséges energia a sebességváltozás négyzetével arányos. Pl. egy 485 tonnás össztömegű vonatnak, indulástól 60 km/h-ra gyorsításához elégséges 19 kWh keréken történő energia bevitel, addig ennek a vonatnak a 60-120 km/h tartományban való gyorsításához a kerék nyomkarián már 57 kWh energiaközlés szükséges.
- Fontos hangsúlyozni, hogy a kerék-sín kapcsolatban szükséges energia bevitelt a vontatójármű típusára jellemző hatásfokkal még korrigálni szükséges. Az egyes vontatójármű típusok hatásfoka igen csak különböző, ezért jelentősen eltérő energiamennyiség bevitelét igényli egyazon gyorsítási feladat teljesítése. Lásd a 4.

ábrát, ahol az átlag dízelt 24%-kal, a V43-ast 80%-kal, egy korszerű villamos vontatójárművet 90%-os hatásfokkal ábrázoltuk. A 4. ábrából az is látható, hogy a dízelvontatás sokkal rosszabb hatásfoka miatt igencsak jelentős primeroldali energiaközlés szükséges a villamos vontatáshoz képest. Ezzel hangsúlyozni kívántuk, hogy a dízelvontatás megengedése a villamos vonta-

tású pályákon igen káros, minden szempontból. Hasonlóan fontos, hogy a nagy forgalmú ám még nem villamosított vonalak is mielőbb villamosításra kerüljenek és addig is élvezzen elsőbbséget a rövidtávolságú pályahibák megszüntetési programjában.

- A komplex vasúti elemzések fontossága: a pálya állapotát, az adott vonal villamosítottság helyzetét, a rajta közlekedő vontatójárművek energetikai tulajdonságait és kocsik műszak jellemzőit együtt vizsgálni és a pályahibák felszámolására javaslatok megfogalmazása.

Feltehető a kérdés, mire jó ez, miért szükséges hasonló elemzéseket elvégezni?

Lehet-e a pályaállapot romlás miatti vonattovábbítási és fékkopási költségeket minimalizálni, a szűkös költségkeretből gazdálkodó pályafehőújítások sorrendjét optimalizálni?

Igen, létezik jó megoldás:

A pályaállapot romlás vasútvonalankénti alakulása, eltérései folyamatos változásaira létezik olyan számítógépes módszer, amely rendszeres alkalmazása, szimulációk elvégzése eredményeképpen kimutatható, hogy a lassújeleken áthaladás miatt keletkezett veszteségeket milyen forgalmi feltételek teljesülése esetén

Hegyeshalom–Kelenföld	Eng. sebesség 120 km/h	Eng. sebesség 120/140 km/h	Eng. sebesség 120/140 km/h	Eng. sebesség 120/140 km/h
Vontatójármű	V43	V63	I047	480
Vonatterhelés (tonna)	315	315	315	315
Vonóerő munka (kWh)	1224,9	1392	1257,8	1257,1
Fékerő munka (kWh)	210,6	227,2	212,8	212,9
Visszatáplált (kWh)	0	0	39	39
Nettó energia fogyasztás (kWh)	1531	1698	1423	1406
Rendes menetidő (min)	97,4	96	95,6	95,8
Rövid menetidő (min)	91,2	89,9	89,5	89,6
Menetrendi menetidő	91	91	91	91

4. táblázat A táblázat szerint az öt perc késés erőltetett menet esetén sem hozható be

Hegyeshalom–Kelenföld	Eng. sebesség 120 km/h	Eng. sebesség 120 km/h	Eng. sebesség 120 km/h	Eng. sebesség 120 km/h
Vontatójármű	V43	V63	I047	480
Vonatterhelés (tonna)	315	315	315	315
Vonóerő munka (kWh)	2557,4	3014	2813	2801
Fékerő munka (kWh)	1733,2	2008,3	1880,5	1877
Bruttó energiafogyasztás (kWh)	3197	3677	3721	3220
Visszatáplált (kWh)	0	0	347	347
Nettó energia fogyasztás (kWh)	3197	3677	2927	2873
Tartózkodási idő (min)	29	29	29	29
Rendes menetidő (min)	138,2	128,9	125,6	127,6
Rövid menetidő (min)	130,4	121,4	118,3	120,2
Menetrendi menetidő*	125	125	125	125

5. táblázat Hegyeshalom–Kelenföld között közlekedő, mindenütt megálló, különböző típusú mozdonyokkal továbbított személyvonatokkal elérhető legrövidebb menetidő

lesznek a legkisebbek. E számítási módszer alkalmazásával kimutatjuk, hogy a különböző vonattömegek lassításához mekkora fékezési munkára van szükség. Nyilvánvaló, ha a fékezés hagyományosan ún. súrlódásos fékkel történik, akkor a fékezési munka teljes egészében a féket koptatja. Ismerte, hogy 1 kWh mozgási energia felemésztése mintegy 0,5 gramm hagyományos ún. P10 féktuskókopást okoz a fékezés okozta költség kiszámítható lesz.

Azt is könnyű belátni, hogy műanyag féktuskós fékezés kopásviszonyai eltérnek az öntöttvas féktuskóétól. A műanyag féktuskós súrlódásos energiafelemésztés miatti kerékabroncskopás és melegedési állapotok, abroncszlazulások anyagi következményeit, fékezéssel kapcsolatos többletköltségeit vizsgálni indokolt. A mozdony és a kocsikeréken a fékezés miatti többlet abroncskopás költségeit vizsgálatssorozattal lehet feltárni.

Ha pedig korszerű nagy villamos fékteljesítményű járművek fékeznek, akkor a fékkopás és a fékezési anyagkár minimális lesz.

A felsoroltakon kívül további fontos szempontok vannak, amelyekkel a pontszerű pályahibák, többletkölt-

sége tovább csökkenthető. Nézzünk erre példákat.

A járműpark adottságainak figyelembe vétele a menetrendtervezésnél

A vonaton utazók, a vonatkésésekre érzékeny utasok utazás közben gyakran fogadnak egymással arra, hogy „ma késünk vagy nem késünk” a nyertes egy törzsutas, helyzeti előnyben van, mert korábban felfigyelt azokra az ismétlődő jelenségekre, amelyek oka bizonyítottan vonatkésés lesz.

A késés számos lehetséges oka közül emeljük ki azokat a menetrendkészítés hibáira vezethetők vissza.

Egy vonalra lehetőleg egy féle, utas számtól függetlenül azonos menetdinamikai adottságú, lehetőleg azonos gyorsító képességű járművek közlekedtetését tervezzük.

A vasút legfontosabb alrendszerei együttműködése eredményeképpen a vasúti közlekedés lebonyolítása során keletkező költségek a következőkkel befolyásolhatók.

A vasúti pálya mindenkori állapota alapján:

- Mekkora a hálózaton, vonalakon, vonalszakaszokra, állomási vágányokra a kiépítési sebesség, azon

belül az engedélyezett sebesség?

- Mekkora a hálózaton a vonalakra, vonalszakaszokra, állomási vágányokra engedélyezett sebesség változás sűrűsége?
- Milyen gyakori egy vasútvonalon belül, a közlekedő vonatnak a pályahibák okozta sebességváltoztatásra kényszerítése?
- A vasútvonalakon menetrendben nem tervezett lassítások mennyisége, évenkénti változása?
- Az ideiglenes sebességkorlátozások időtartama hogyan változik, optimális-e?
- A vonatforgalom nagysága alapján rangsorolt-e a sebességkorlátozások megszüntetése?
- A nem tervezett váratlan pályahibák okozta lassítások mértéke (delta V a realizált sebességcsökkentések és azok változása)?
- Az egy illetve többvágányos útátjárókban a sorompóhibák hibaelhárítási ideje hogyan viszonyul a forgalom sűrűséghez?

Helyes vasútforgalmi, irányítási tevékenységgel befolyásolható és csökkenthető:

- A menetrendtervezés megfelelősége: korrekt (időjárás körülményeket is figyelembe vevő) betartható menetrend készüljön.
- Magas színvonalú összehangolt forgalomirányítás.
- Forgalmi torlódások kialakulásának megakadályozása menetrend előzetes zavarérzékenységi vizsgálatával.
- A kialakult torlódások ésszerű sorrendű feloldása.
- Vonatok előnyben részesítése, hátrább sorolása, energetikailag helyes alkalmazása.

Tudva és elismerve, hogy a pálya és a forgalomirányítás korszerűsítése sok-sok milliárd forint beruházási és karbantartási ráfordítást igényel, még sem adjuk fel a reményt, hogy az ehhez képest fillérekért elvégezhető, viszont sokszoros eredményt hozó tudományos alapossággal megalkotott és számítástechnikai módszerekre támaszkodó javaslatokat közreadjuk.

A következőkben ismertetünk néhány fontosabb költségelemet, amely mindenkor kifejti hatását és ezzel befolyásolja az előzőekben leírtakat.

- A vontatási energia ára (folyóáron).
- A vontatási célú energia árváltozás mértéke. (változó, általában az inflációt meghaladóan emelkedő).
- A gyakoribb fékezés miatt a fék-karbantartás költségét meghatározó elemek ártöbblete, (pl. karbantartó műhelybe és forgalomba visszaállítás miatt a pályahasználati díjban, a jármű vontatási költségében, a karbantartó anyagokban, a karbantartói munkában, a teljes rendszer amortizációjában bekövetkező költségváltozások stb.).

A felsorolt költségelemek együtt kifejtik hatásukat és amennyiben a kényszerű vonatlassítások száma nem csökken, akkor bizonyítottan emelkedik a vontatás energia felhasználás és a közlekedő járművek karbantartási költségigénye.

Dolgozatunk közreadásával célunk a vonattovábbításhoz kapcsolódó felesleges költségek keletkezése megakadályozásának fontosságára és lehetőségére felhívjuk a figyelmet.

Vonattovábbítási energia és kar-

bantartási, költségtakarékossági szempontból mennyire jól tervezett a 2010/2011. évi MÁV személyszállítási menetrend?

A menetdinamikai alapú EnOpt program segítségével elvégzett vonatkésés behozási kísérletünk.

Feladat a rövid és rendes menetben a Hegyeshalom–Győr–Kelenföld vonalon rendes és rövid menetidő kiszámítása, feltételezésünk, Győrben indulóban 5 illetve 10 perc késés van, ezt kellene tudni a különféle vontatójármű típusokkal behozni úgy, hogy feltételezzük Ács és Herceghalom állomások mindkét végén 60 km/h-ás sebességkorlátozás van, kitérőhiba miatt. Az 4. táblázatban feltüntetett mozdonyosorozatokra meghatároztuk egy EC vonatra lehetséges legrövidebb menetidőt. Vizsgáltuk, hogy lehetséges-e a menetidőt betartani és ez mekkora vonattovábbítási energiafogyasztással valósítható meg.

Megjegyzés: a V43-as nem képes a 140 km/h sebességgel való közlekedésre, nem is alkalmas a kijelölt feladatra

A fenti táblázat adatainak elemzésekor szembevetjük, hogy a kifuttatásokkal tervezett rendes menetidőkhöz is igen jelentős energiafogyasztási értékek tartoznak, a különféle típusú

mozdonyos vonattovábbításkor. E tekintetben a V63-as mozdony nagyobb tömegével és mert visszatáplálásra sem képes, magyarázható nagyobb fogyasztása, amely szembevetjük a legalacsonyabb fogyasztású Taurushoz képest, 292 kWh többlet vonattovábbítási energiaigényével.

Felhívjuk a figyelmet a késés ledolgozására tett kísérlet közben a vonattovábbítási energia igen jelentős növekményére, a kb. 6 perc menetidő rövidülés további tetemes vonattovábbítási energiátöbblettel lehetséges. Az energia szimulációs számításokat megismételtük az előbbi mozdonyosorozatokkal továbbított azonos tömegű személyvonatra.

A 5. táblázatból látható, hogy egyik mozdonyosozattal se lehet az előírt menetrend szerkesztési elvek betartásával készített menetrendet teljesíteni. A vonatkésés tehát pályahiba és forgalmi zavar nélkül is bizonyított.

A 6. táblázat arra példa, hogy a RailJet vonat 91 perces menetidejéhez, illetve egy percen belüli menetidő eltérésekhez mekkora vonattovábbítási energiafogyasztás tartozik. (Azonos vontatójármű határfok feltételezésével.)

A 7. táblázat szerinti személyvonati menetidő igen feszes. A számításokat ezért megismételtük a FLIRT és a Talent típusú vonatokra.

Példák a jól vagy kevésbé jól tervezett menetrendre és jól megválasztott vontatójárműre

A MOTORVONAT-ÜZEM című EnOpt programfuttatás eredményeiből látható, hogy a menetrendben meghatározott 125 perces menetidő így teljesíthető. Ezért közlekedik mozdonyos vonatok helyett a TALENT: Hegyeshalom–Győr között átszállás után a FLIRT a Győr–Kelenföld–(Budapest Déli pu.) között.

Kockázatok:

A 125 perces menetidő betartását 2-3 pályahiba miatti többlet sebességsökkenés, és felgyorsítás miatti menetidő növekedés már veszélyez-

Vontatójármű	TRAXX (480)	TRAXX (480)	TAURUS (470)	TAURUS (470)
Menetidő	91 perc	91,2 perc	90,7 perc	91 perc
Vonóerő munka	1820,5 kWh	1754,7 kWh	1823,6	1738,5 kWh
Fékerő munka	506,8 kWh	445,7 kWh	506,8	429,9 kWh
Bruttó vonattovábbítási energiafogyasztás	2092 kWh	2017 kWh	2096 kWh	1998 kWh
Visszatáplálható	84 kWh	74 kWh	83 kWh	71 kWh
Nettó vonattovábbítási energiafogyasztás	2008 kWh	1943 kWh	2013 kWh	1927 kWh
Megjegyzés:		60 sec fékezés előtti kifuttatás lehetséges		80 sec fékezés előtti kifuttatás lehetséges

6. táblázat A 91 perces és ahhoz közeli menetidőkre elvégzett néhány menet-szimuláció eredménye

tetheti. Az EnOpt szoftver egy lehetőség a kockázatok csökkentésére:

A pályahibák okozta forgalmi zavarérzékenység előzetes vizsgálatára is kitűnően alkalmas az EnOpt programcsomag, amely egy feltételezett pályahiba miatti sebességsökkenés következményeinek pontos bemutatásával javaslatot készít a menetrend bevezetés előtti korrekciójára. A jól tervezett menetrendben közlekedő vonat behozza a késését, de ennek ára van, a többletenergiafogyasztás miatt.

A RailJet 6,4 MW teljesítményű Taurus mozdonya 7 kocsit vonnat, illetve a TRAXX elméletben ugyanazt a tömegű vonatot továbbítja. A két korszerű mozdony hatásfokát azonosnak tételeztük fel.

Feladat a Railjet 91 perces menetidő teljesítése. Ennek ellenőrzésére szolgált az EnOpt program. (lásd 7. és 8. táblázatot). A 91 perc és az ahhoz legközelebbi szimulációk eredményeit a 9. táblázatban foglaltuk össze.

Vonalazonosító: 1			
Max. vonatsebesség: 120 km/h			
1. vonalszakasz			
Vonattípus:		Zárt motorvonat	
Vontatójármű:		TALENT 136 t	
2. vonalszakasz			
Vonattípus:		Zárt motorvonat	
Vontatójármű:		Flirt4-D 280 t	
km		perc	perc
0,0	Hegyeshalom		
4,2	Levél_mh.	2,6	2,8
7,0	Mosonmagyaróvár	4,0	4,3
7,7	Kimle	4,4	4,6
8,2	Lébény-M.sztmiklós	4,1	4,4
6,3	Öttevény	3,2	3,4
5,0	Abda_mh.	2,5	2,7
8,0	Győr	4,5	4,8
	Átszállás	27,0	27,0
2,3	Győr Gyárváros_mh.	1,4	1,5
6,1	Győrsszentiván	3,1	3,3
9,6	Nagyszentjános	4,8	5,1
10,1	Ács	5,0	5,4
9,2	Komárom	4,6	5,0
5,0	Szöny_mh.	2,5	2,6
2,9	Almásf._felső_mh.	1,5	1,6
3,6	Almásfüzitő	1,8	1,9
8,6	Tata	4,2	4,6
2,7	Tóvároskert_mh.	1,4	1,5
3,8	Vértesszöllős_mh.	1,9	2,0
3,9	Tatabánya	2,4	2,6
4,0	Alsógalla_mh.	2,2	2,5
8,0	Szárliget	4,0	4,3
4,6	Szár_mh.	2,2	2,4
6,9	Bicske	3,5	3,7
1,8	Bicske-alsó_mh.	0,9	1,0
8,0	Herceghalom	4,0	4,3
7,5	Biatorbágy	3,8	4,0
7,5	Törökbálint_mh.	3,7	4,0
4,2	Budaörs	2,1	2,3
5,7	Budapest-Kelenföld	3,4	3,6
172,4		112,0	118,2
Energia-adatok			
	1. vonalszakasz	2. vonalszakasz	
Vonóerő-munka:	152,4 kWh	818,7 kWh	
Fékerő-munka:	42,8 kWh	82,4 kWh	
Bruttó energiafogyasztás:	175 kWh	941 kWh	
Visszatáplálható energia:	24 kWh	72 kWh	
Nettó energiafogyasztás:	151 kWh	869 kWh	

7. táblázat A jól tervezett menetrend és jól megválasztott vontatójármű esete, motorvonatok vontatási képességeinek kihasználása

A táblázat négy oszlopa szemlélteti, hogy két korszerű, azonos hatásfokú, de eltérő teljesítményű, visszatáplálásra képes vontatójármű közül miért az erősebb az alkalmasabb a RailJet menetidő teljesítésére azonos maximális sebességgel közlekedtetve őket. Fontos, hogy a 91 perces menetidőt a nagyobb teljesítményű Taurus a legkevesebb fékerő munkával teljesíti, vagyis a jól megszerkesztett menetrend, és a helyes vezetési stílus a súrlódó fékek számottevő 12-15%-os kímélését eredményezi.

A betartható, reális menetidőkkel készített és energiatakarékos menetrend kérdésköre

A korábban idézett EnOpt programmal kimutatható, hogy a vizsgált menetrendben pl. két megállás között betervezett menetidő a pályasebességgel, vagy a vontatójármű műszaki teljesítőképességével összhangban van-e, vagy nincs összhangban.

Ez a vizsgálat számítógépes programfuttatás eredményeire alapozva gyorsan elvégezhető és a szakértők számára közvetlenül is értékelhető lesz. Alábbi példánkban a 30-as vonalra elkészített szimuláció eredményeit mutatjuk be.

Néhány jellemző vonatterhelésű, különböző vontatójárművel továbbított vonat egyetlen sebességsökkenés és újra felgyorsítás energia többletigényét a következő példákon mutatjuk be.

A 2011/2012. évi menetrendben tervezett vonatindulási adatok szerint a V43-asokkal továbbított vonatoknál a menetrendszerű közlekedés gyakorlatilag teljesíthetetlen, a vonatok késése ezért a menetrendben sajnálatosan előre betervezett volt.

A nyomdába adott 2011/2012. évi menetrend szerint az előző vonalszakaszra a menetrend a következő lesz.

A táblázat alapján látható, hogy a V43-asokkal továbbított vonatok, ha feszesen is, de tartani tudják a menetidőt a FLIRT-ökkel pedig lehetőség lesz a menetidő kényelmes betartásá-

ra, kisebb késések csökkentésére. Az előző példák csak illusztrációk annak bemutatására, hogy a többször hivatkozott számítógépes program alkalmazásával feltárhatók és a menetrend bevezetés előtt még korrigálhatók azok a hibák, amelyek segítenek a vonatkésések számát csökkenteni.

A jól tervezett, betartható, gazdaságos menetrend fontossága

A vonattovábbítási energia és költségkímélés adott pálya infrastruktúra körülményei között is lehetséges,

amennyiben a menetrend jól tervezett, bevezetés előtt vonattovábbítási energiafogyasztásra optimalizált, szimulációval ellenőrzött. Erre a témára a Vasútgépészet következő számában e cikk folytatásaként számos példát hozunk, a tervezett menetrend alapos átvizsgálása után.

A közlekedő járművek tömegének, korszerűségének vagy korszerűtlenségének mindenkori árváltozások okozta költségtöbblet hozzáadódik a növekvő

- A lassújeleken lassításra kényeszerűülő vonatok mennyisége

és menetrendi időszakonkénti változása.

- A közlekedő (váratlan lassításra kényeszerűített) vonatok tömege, évenkénti változása.
- A közlekedő vonatok műszaki, elsősorban energetikai korszerűsége, az ebben elért változás (az energia visszatáplálásra képes vonatok aránya).

Mi a javasolt tennivaló, ha váratlan események vagy nem tervezett pályafelújításokra kell beavatkozni?

Célszerű, ha nem kellene ilyen esetben menetrend módosításokkal terhelni az utasokat.

A sebességcsökkentést megelőzően mikor érdemes és célravezető az ún. rövid menetidőre törekedve a vonalra megengedett pályasebességgel közlekedve időt nyernünk?

Adódik a kérdés, hogy érdemes-e ezzel a kérdéskörrel foglalkozni. Ennek eldöntése érdekében vizsgáljuk meg egyetlen vonatlassítás és újra gyorsítás energetikai és karbantartási következményét, költségét.

Ha egy ideális esetre – homogén pályasebességre – kiszámítjuk (mégmérjük) a vonattovábbítási energiafogyasztást majd a valóságnak megfelelően „telerakjuk” lassújelekkel, vagy forgalmi zavarok miatti lassításokkal jelentős energiafelhasználási eltéréseket kapunk.

A pályahibák miatt szükséges lassítás többlet fékkopást, gyakoribb karbantartást és ebből fakadóan nagyobb karbantartási költséget okoz a pályán közlekedő járművek üzemeltetőinek. A legnagyobb karbantartási költségnövekedésre a hagyományos féktuskós fékezésű járművek fékezésakor és azok nagyobb 120-140 km/h sebességekről lassítás esetén számolhatunk. A költségtöbblet a féktuskók idő előtti cseréje és a kerékabroncs felületének gyakoribb szabályozása és korábbi cseréje miatt következik be. Fontos tehát, hogy a 100 km/h feletti sebességtartományokban a hagyományos tuskós fékes járművek közlekedését csökkentjük, és lehetőleg ritkán megálló vagy lassító vonatokban

Menetidő adatok		2011-11-14	
RÖVID ÉS RENDES MENETIDŐK		kifuttatás: 80 s	
Vonalazonosító:	1p		
Vonattípus:	Személy		
Vonatterhelés:	360 t		
Vonathossz:	240 m		
Max. vonatsebesség:	135 km/h		
Vontatójármű:	V1047		
km		perc	perc
0,0	Hegyeshalom		
4,2	Levél_mh.	2,5	2,7
7,0	Mosonmagyaróvár	3,8	4,0
7,7	Kímle	4,1	4,4
8,2	Lébény-M. sztmiklós	3,7	3,9
6,3	Öttevény	2,8	3,0
5,0	Abda_mh.	2,2	2,4
8,0	Győr	4,3	4,6
2,3	Győr Gyárvaros_mh.	1,7	1,8
6,1	Győrszentiván	2,7	2,9
9,6	Nagyszentjános	4,3	4,6
8,6	Pontszerű-3	3,8	4,1
1,6	Ács	1,2	1,3
9,2	Komárom	4,6	4,9
5,0	Szöny_mh.	2,3	2,4
2,9	Almásf._felső_mh.	1,3	1,4
3,6	Almásfüzitő	1,6	1,8
8,6	Tata	3,8	4,1
2,7	Tóvároskert_mh.	1,2	1,3
3,8	Vértesszőlős_mh.	1,7	1,8
3,9	Tatabánya	2,4	2,6
4,0	Alsógalla_mh.	2,5	2,6
8,0	Szépliget	3,5	3,8
3,3	Pontszerű-2	1,5	1,6
1,3	Szár_mh.	0,6	0,6
6,9	Bicske	3,1	3,3
1,8	Bicske-alsó_mh.	0,8	0,9
8,0	Herceghalom	4,1	4,3
7,5	Biatörbágy	3,9	4,2
7,5	Pontszerű-1	3,4	3,8
4,2	Budaörs	2,1	2,2
5,7	Budapest-Kelenföld	3,5	3,7
172,5		85,0	91,0
Min. tartózkodási idő:	3,0 perc		
Energia-adatok			
Vonóerő-munka:	1738,5 kWh		
Fékerő-munka:	429,9 kWh		
Bruttó energiafogyasztás:	1998 kWh		
Visszatáplálható energia:	71 kWh		
Nettó energiafogyasztás:	1927 kWh		

8. táblázat A jól tervezett menetrend és jól megválasztott vontatójármű esete, Taurus vontat EC vonat

Vonalszakasz a 30a vonalon	Menetrendi út (km)	2010/2011 menetrendi indulási adatokból számított időtartam (perc)+	Szimulációval számított legrövidebb menetrendi érték ++
Albertfalva–Budafok ¹	1,8	3	3
Budafok–Albertfalva ¹	1,8	2 vagy 3	3
Albertfalva–Budafok ²	1,8	3	2,5
Budafok–Albertfalva ²	1,8	2 vagy 3	2,4

9. táblázat A 30a vonal 2010/2011 évi menetrendi vizsgálata

1 – V43+5 kocsis; 2 – Flirt; + Elvira; ++ egyszeri 40 sec megállási tartózkodási idővel együtt

közlekedtessük azokat. A korszerű új villamos motorvonatok tisztán villamos fékezéssel képesek lassulni, megállni, ezért ott a légfék szerepe korlátozottabb. A 120-160 km/h sebességről lassítás e járműtípusok esetében fokozottabban igényli a jól tervezett menetrendet, az intenzív lassítások elkerülése érdekében.

A féktuskós vonatok lassításakor a mozgási energia felemésztése a kerék és a tuskó közötti felületen azok felmelegítésével és hőátadással történik, miközben úgy a féktuskó mind pedig a kerékabroncs kopik. 2010. évi átlagos féktuskó árral és átlagos féklakatos díjakkal a számítást megismételtük. A pályahiba miatti sebességcsökkentés fékezési költsége a következő.

A féktárcsás konstrukciók alkalmazása a menetsebesség növekedése miatt vált szükségessé, a 140-160 km/h és nagyobb sebességről történő lassítás és biztonságos vonatmegállítást érdekében.

Villamos fékezés fontosságáról:

A személyszállításban a szokásos nagyobb vonatsebességről megállítani hatékonyan képes villamos energia-visszatáplálás féktechnika alkalmazása új lehetőséget teremtett, mert üzemszerű alkalmazásával jelentősen csökkenthető volt a súrlódásos fékezés üzemszerű alkalmazása, és ezáltal a fék kopás és a fék karbantartás költsége csökkent. (Lásd a 7. táblázat a FLIRT menetszimuláció)

A villamos fékezés hatékony visszatáplálása eredményeképpen a fajlagos vonattöbblettel energiata

gyasztás is sokkal kedvezőbben alakul. Ennek a fontos energiatakarékosági követelménynek csak a korszerű és nagy teljesítmény/vonattömeg mutatójú villamos motorvonatok képesek maradéktalanul megfelelni.

Javaslatok a menetrendtervező és az elfogadó szervezetek számára

A vasúti közlekedés voltaképpen egy egydimenziós közlekedési mód. Ez azt jelenti, hogy egy vonat mozgása csak egyetlen koordináta – a beállított vágányút – mentén történhet. E tény alapján a vasúti jármű menetének dinamikai és energetikai vizsgálata a két-dimenziós felszíni közlekedési módokéhoz képest lényegesen egyszerűbb és ez által egy számítógépes menet-szimulációval jól követhetővé válik. Ezen a módon, valóságos pályasimulációval alapozott, hiteles eredmények képezhetők egy-egy menetfázisra, vagy bármely vonalon történő teljes, menetrend szerinti vonatmenetre.

Az acél sínen gördülő acél kerekes vasúti jármű gördülési ellenállása mindössze tized akkora, mint bármely gumikerekes közúti járműé, ami által a vasúti jármű teljes menetellenállása (a légellenállást is figyelembe véve) a közútiénak csak kb. 15...20 százalékát teszi ki, a 60...120 km/h sebességtartományban.

A vasúti jármű és a pálya

A vasúti pályán gördülő vonat fizikai szempontból egy több-elemű – a pályasimulációval és a járműelemeket magába fog-

láló – dinamikai rendszer. A pályajármű dinamikai rendszer – amely további számos különböző elemet tartalmaz, több-tömegű lengőrendszerként képez, aminek következtében a pályán gördülő vonatszerelvény nemcsak a tömegének súlyerejével terheli a pályát, de lengőrendszerként igen jelentős mértékű járulékos igénybevételt is előidéz a pályában. A pályasimuláció így a következő két összetevőből áll:

1. fő összetevő: egy kvázi-statisztikus igénybevétel, amit a járművek függőleges irányú tengelyterhelései, a keresztirányú vezetőerők, valamint a hosszirányú vonó- és fékezőerők hoznak létre,
2. járulékos összetevő: egy dinamikai igénybevételből, amit a pályajármű dinamikai rendszer lengéstanai folyamata idéz elő. Lengéstanai folyamatok két ok miatt keletkezhetnek:

1. minden járműtípusra vonatkozóan: a pályaeigenetlenségek – esetleg súlyosabb pályahibák – gerjesztő hatása
2. hibás járműkonstrukció vagy elhanyagolt karbantartási munka miatt előálló kigyózó, ún. instabil járműfutás.

Mint mindenfajta járműüzemeltetésnél, a vasút esetében is első számú követelménynek tekintendő mind a pálya, mind a jármű berendezéseinek rendszeres, tervszerű ellenőrzése és karbantartása. (Folytatását tervezzük.)

MÁV 275-ös gőzmozdony és tartálykocsi modell

A modelleket készítette: Jenovai Károly kiskunhalasi fűtőház nyugalmazott dolgozója 1962-ben. A modell megtekinthető: Kiszállás, Újfalú

