



## CSÁRÁDI JÁNOS

Okleveles közlekedésmérnök  
Okleveles gazdasági mérnök, Európa mérnök  
Nyugalmazott MÁV Vezérigazgató  
Hungarail Kft.  
Ügyvezető igazgató

## Vasút villamosítás gazdaságosan (2. rész)

### Összefoglaló

A vasútüzem gazdaságosságára törekvés – a közpénzzel felelős gazdálkodás részeként – kiemelt fontosságú feladat kell, hogy legyen minden olyan gazdasági társaságnál, ahol a közpénzt – az adófizetők pénzét – költik el. E tekintetben a MÁV csoportban nincs különbség a vasúti jármű, a pályalétesítmény vagy más vasúti eszközfejlesztés beruházása között. Ezért a vasút-villamosítás valamennyi elemére, eszközére kimondható a közpénzköltés miatti felelős gazdálkodás kötelessége.

A cikk a gazdaságos villamosítás kérdéseivel, hazai gyakorlatával foglalkozik.

CSÁRÁDI, JÁNOS  
Dipl.-Ing. für Verkehr  
Dipl.-Ing. für Wirtschaft, EU-Ingenieur  
MÁV Generaldirektor i.R.  
Hungarail GmbH.  
Geschäftsführer

### Bahnelektrifizierung – aber wirtschaftlich (Teil 2.)

#### Zusammenfassung

Das Streben nach Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebs – als Teil einer verantwortlichen Bewirtschaftung von öffentlichen Mitteln – muss bei jeder solchen Wirtschaftsgesellschaft eine Aufgabe von gehobener Wichtigkeit sein, wo die Ausgabe von öffentlichen Mitteln – die Gelder der von Steuerzahlern – erfolgt. Unter diesem Aspekt besteht im Hinblick auf die MÁV-Gruppe kein Unterschied bei einer Investition, sei es für Eisenbahnfahrzeug, Streckenbau oder Entwicklung für Mittel der Bahn. Deshalb trifft auf jedes Element und Mittel der Bahnelektrifizierung wegen der Ausgabe von öffentlichen Mitteln die Pflicht der verantwortlichen Wirtschaftsführung Bewirtschaftung.

Der Artikel behandelt die Fragen der wirtschaftlichen Elektrifizierung, und die in Ungarn geübte Praxis.

JÁNOS CSÁRÁDI  
Traffic engineer  
Economic engineer,  
EUR ENG  
Retired MÁV general director  
Executive director Hungarail Ltd.

### Railway Electrification, Economically (Part 2.)

#### Summary

As a part of responsible public money management, the object of economic railway operation should be an important task for all business organizations, which spend the money of the tax payers. On this point of view, there is not any difference between the investments of MÁV group's organization even if it is a rolling stock, an infrastructure or any other procurement project. Therefore, it can be said for every elements and details of railway electrification process, the responsible management is duty because of the invested public money. The article deals with questions of economic railway electrification and its national practice.

## Előzményekről

A cikk első részében a villamosítási beruházás előkészítését, az EU-s közbeszerzéssel megvalósított vasút villamosítás kérdéseit tárgyaltuk. Szóltunk a villamosítás reális beruházási költségeiről, a hazai vasúti infrastruktúraüzemeltetők korábbi, egymástól különböző villamosítási szemléletéről. Példákkal támasztottuk alá a szemléletbeli különbözőség hatását a villamosítás beruházási költségére. Elemeztük a vasútvonal forgalom és villamosítás kapcsolatát, hangsúlyozva a személyszállítási dominanciájú vonalak forgalmának kedvezőbb megtérülését. Vizsgáltuk a közel párhuzamos, villamosítható vasútvonalak villamosításra érettségét, lehetőségeit, és a magyar gazdasági környezet hatását a villamosításra.

## 7. A villamosítás gazdaságos tervezése és beruházása

Korábban rávilágítottunk arra, hogy a villamosítás tervezésének szempontjai jelentősen befolyásolják a villamosítás várható költségeit.

A villamosítás gazdaságosságát a villamosítani tervezett vasútvonal forgalma mellett a villamosítás beruházási költségei határozzák meg. Nyilvánvaló, ha egy nagy igénybevételű, forgalmas vasútvonalat villamosítunk, vagy újítunk fel, akkor célszerű a legkisebb kockázattal és magasabb műszaki tartalommal (beleértve a pálya, a biztosítóberendezés mellett az utasok kiszolgálásának akadálymentesített létesítményeit is) megtervezni a villamosítást. Az uniós finanszírozású vasúti fejlesztések ebbe a kategóriába esnek. A villamosítás részeként 25 kV, 50Hz-es felsővezeteki hálózat létesülhet, kétvágányú, legalább 160km/h sebességre tervezés olyan

követelmény, amely alól ritkán ad felmentést az unió. Ilyen csökkentett műszaki tartalomra kivételek a GYSEV villamosításai, és a MÁV 2. vonalának folyamatban lévő villamosítása.

Ugyanakkor, ha egy kisebb forgalmú, és legfeljebb 80-100 km/h-ra engedélyezett sebességű vasúti szárnyvonal, vagy két már villamosított vonal összekötő vonalának villamosítása a feladatot, akkor a megtérülést javítandó olcsóbban, költség-takarékosabban kell a villamosítást tervezni. A 7. ábrán bemutatott, félbehagyott villamosítású MÁV vonalak ilyen megfontolás alá esnek.

### 7.1. Felsővezeték oszlopok helyes megválasztása

A 10. ábrán bemutatjuk, hogy a beruházási költséget hogyan befolyásolja a felsővezeték oszlop fajtájának, anyagának megválasztása.

Arra a kérdésre, hogy mennyibe

**A pörgetett vasbeton oszlopok és a horganyzott acéloszlopok alkalmazásának gazdasági hatása**

Oszloptípusok	Db	Pörgetett vasbeton oszlop (adatok E Ft-ban)		Horganyzott acéloszlop (adatok E Ft-ban)	
		Egységár	Teljes ár	Egységár	Teljes ár
Szavatolt élettartam		50 év		25 - 30 év ?	
Közbenső vonali oszlopok átlagos száma	12	127,0	1 524,0	237,0	2 844,0
Szakaszolás oszlopai					0,0
Utánfeszítőket tartó oszlop	4	280,0	1 120,0	318,7	1 274,8
Szakaszolás közbenső oszlop	4	231,0	924,0	363,0	1 452,0
A fix pont három oszlopa	1	609,0	609,0	789,0	789,0
Szikraköz	23	0,0	0,0	18,0	414,0
Összesen			4.177,0		6 773,8
Különbség (1 hosszlánc, 1 vágányú pálya)			2 596,8		
Különbség (1 hosszlánc, 2 vágányú pálya)			5.193,6		
Különbség (100 km 2 vágányú pálya)			346.257,3		

10. ábra: Acél és pörgetett vasbeton szerkezetű felsővezeték rendszer beruházási költségének alakulása (forrás: Szerző)

kerül egy vonalkm villamosítása, a válasz attól függ, hogy a megrendelő milyen műszaki paraméterű villamosítást terveztet meg és mennyire karbantartás igényes műszaki megoldások megvalósítását támogatja.

A vasútvonal villamosításra, mint minden műszaki alkotás létesítésére igaz, hogy műszakilag több helyes válasz adható. A beruházás költsége függ a tervezett felsővezeték rendszer elemeinek beszerzési költségétől. A 10. ábrán példaként bemutatott oszlop típus kiválasztásától, pörgetett betonoszlop vagy horganyzott acéloszlop, vagy, a kettő optimuma. A táblázat nem tartalmazza az élettartam alatti oszlopkarbantartást, a korrózióvédelem költségét. A betonoszlopnál nincs korrózió.

A villamosítás tervezésénél figyelemmel kell lenni a műszakilag megfelelő, azonos értékű, egymást helyettesítő konstrukciók, műszaki megoldásokra.

Ismerni kell a javasolt eszköz műszaki és költség előnyeit, hátrányait. A villamosítás tervezett eszközeinek kiválasztása komoly tervezői felelősség is.

Az adott feladatra megtervezett és kidolgozott műszaki megoldások

költségelemzése kiadja a legolcsóbbat, ez lesz a villamosítási beruházás költsége.

Megkerülhetetlen a megrendelő felelőssége azáltal, hogy meghatározza a villamosítás tervezésének, megvalósítás legfontosabb műszaki paramétereit. Lásd a példaként bemutatott 10. ábrát. A tervező anyagismereti és árszakértelme elegendő támogatást nyújthat a megrendelőnek. Pl., a pörgetett betonoszlop előnyeinek, hátrányainak ismerete.

**7.2. Felsorolásszerűen néhány fontosabb beruházási költség-befolyásoló tényező, szempont:**

A beruházás tervezésekor eldöntendő, hogy

- kell-e költséges vontatási állomást létesíteni, vagy alkalmazható-e a 2X25kV-os megoldás?
- a villamos felsővezeték rendszer üzemeltetése, állomásonkénti a vonal üzemidejében biztosított emberi jelenléttel legyen vagy távirányítással, FET.
- a pályamentén létesített vezetékes telefonhálózatra alapozott üzemszavarjelzés vagy mobiltelefonos kapcsolattartással értesítve a központ legyen-e tervezve. E felvetés ma már megmosolyogtató lehet,

de tény, hogy az ezredfordulón a MÁVTI az akkor hatályos MÁV E101-es utasításra hivatkozva pálya menti telefonok létesítésével számolt és drágította a villamosítás beruházást. A GYEV ekkor már mobiltelefonnal kalkulált.

- a biztosítóberendezés működéséhez a tartalék energiaellátás a villamosítás után is a korábban létesített dízel aggregátoros energiaellátással történjen-e, vagy közüzemi villamoshálózatról megtáplálásra térjünk át. Ez utóbbi esetben a tartalék áramforrás: közüzemi villamos energia ellátásról, illetve a 25 kV-os felsővezetékéről nyert energiával biztosítható.

Költségkímélés szempontjából célszerű a villamosítás után az addig néhány órát üzemelt dízel aggregátort megtartani, mert egy másik rendszer telepítése felesleges beruházási költségnöveléssel járna.

A villamosított vonalak felsővezeték rendszerének időszakos karbantartási feladatai és ebből fakadó karbantartási és üzemeltetési költség alapvetően a bérköltségből és az időszakonként cserélni szükséges rendszerelemek majdani áráról függ.

Ismert, hogy az élömunka költsége folyamatosan nő, a hazai minimálbér több éven át tervezett és szükségszerű emelése elkerülhetetlen lesz. Tény, hogy az üzemszavar elhárítás, a karbantartás gyakran nehéz munkakörülményekkel járó és speciális szaktudást igénylő személyzet bérköltségének gyors ütemű emelkedése elkerülhetetlen költségnövelő tényező lesz. Dönteni kell tehát a villamosítás beruházásának megtervezésekor arról is, hogy modern, magasabb beruházási költséggel, kevesebb élömunka ráfordítással üzemeltethető műszaki megoldásokkal villamosítunk, vagy a nagyobb élömunka igényes – drágább - üzemeltetést támogatjuk. Az is fontos előrelátó – tervezést megelőző gondolkodás és dön-

tés, hogy a karbantartás, az üzemfelügyelet az élómunka drágulásával egyre költségesebbé váló tevékenységet milyen eszközök beszerzésével váltható ki, tehető gazdaságosabbá.

Fontos követelmény kell, hogy legyen a beruházás tervezése előtt ún. érzékenységi vizsgálattal megalapozni a villamosítással elérhető utas és árutömeg növekedést, ezek hatását a vasútvonal forgalmára, üzemköltségre. Célszerű előrejelzéssel monitorozni az operátorok villamosítás utáni üzemköltségének prognosztizált változását, a beruházás megvalósítását követő évek villamos áram áramdíjbenchmarkjára alapozva.

A 11. ábra a különböző forgalmú, de azonos műszaki paraméterű - fajlagos beruházási költséggel - megvalósítani tervezett MÁV vasútvonal villamosításra mutat példát. A villamos alállomás szükséges megépítése jelentősen drágítja a beruházást.

A MÁV 2006-ban készített villamosítási koncepció azt kutatta, hogyan lehetett a 2005-ben villamosított vonalhálózat bővítésével gazdaságosan fejleszteni a vasúti infrastruktúrát. A villamos vontatás energiaköltsége lényegesen alacsonyabb a dízelénél, ezért kellő mértékű forgalom mellett a villamosítás jellemzően jól megtérülő beruházás.

Tizenhét potenciális vasútvonalat vizsgáltunk meg. Ezek közül a leggyorsabban megtérülő tizenkettőt mutatja be a 11. ábra és ebből nyolc bizonyult gyorsan megtérülő villamosításra érett vonalnak a 2005. évi forgalom és költség szint mellett. További négy vonalon üzemviteli szempontból, bizonyos feltételek megléte esetén, indokolt a villamosítás.

A gazdasági szempontból villamosításra javasolt vonaloknál a legrövidebb megtérülési idő 10 évre, a leghosszabb 21 évre jött ki. A többi vonalnál a várható megtérülési idő

több mint 30 év. A vizsgálathoz a költségadatokat a Pályavasúti- és a Gépészeti Üzletágtól kaptuk, módszerként nettó jelenérték számítását alkalmaztuk, a várható inflációt és a diszkonttényezőt a vonatkozó rendelet szerinti értékkel becsültük.

Vasút-technológiai és egyéb előnyök miatt több vonal villamosítását javasoljuk. Ezek a vonalak a Székesfehérvár – Pusztaszabolcs vonal mellett az észak-balatoni vonalcsoporthoz és a Szombathely – Kőszeg vasútvonalhoz tartoznak.

élettartamának biztosítása érdekében.

**8. 1. Különleges villamosítási feladatok**

A korrózióvédelem rutinfeladatai mellett a MÁV hálózatán is adóznak különleges, nem szokványos villamosítási feladatok. Ilyen volt korábban a Bp. Déli pu. 2 vágányú alagút villamos vontatásra kiépítése és napjainkban a 2-es vonal villamosításakor a piliscsabai gőz-alagút is.

A feladat, a kisméretű alagút villamos vontatásra átépítése költségta-

A vonal neve	A villamosítás költségei (millió Ft)	Nettó jelenérték 30 éves megtérüléssel (millió Ft)	Várható megtérülési idő (év)
Hegyeshalom – Csorna – Porpác	4820	2906	15
Szombathely – Zalaszentiván – Nagykanizsa	5260	6516	10
Győr – Pápa – Celldömölk	3570	1143	19
Pécs – Villány – Magyarbóly	2915	504	21
Hatvan – Somoskőújfalu – oh.	5075	2038	18
Mezőzombor – Sátoraljaújhegy – oh.	2670	2312	12
Püspökladány – Biharkeresztes – oh.	4820	1115	21
Budapest – Lajosmizse – Kecskemét	6025	2735	17
Budapest – Esztergom	3895	2089	16
Székesfehérvár - Pusztaszabolcs	1500	negatív	30 éven túl
Szombathely - Kőszeg	940	negatív	30 éven túl
Ukk – Tapolca – Keszthely / Szabadbattyán	10 630	negatív	30 éven túl

11. ábra: Villamosításra érett és javasolt MÁV vasútvonalak 2005-ben (forrás: MÁV FKI)

**8. Mekkora a tervezett villamosítás költségesebb elemeinek élettartama**

Nyilvánvaló, hogy a villamosítás egyszeri beruházási költségén túl fontos ismerni a beépített költséges elemek várható élettartamát, az időszakos karbantartás költségeit is. A környezeti ártalmaknak, szélnek, csapadéknak, szálló pornak kitett **felsővezeték oszlopok** korrózióvédelme hogyan és milyen módszerekkel valósítható meg az oszlopok tervezett

karékosan volt.

Az esztergomi vonalon az alagút szűkös helye miatt a 25 kV-os tápvezeték szigetelten az alagút belsőjében vezetik át. Az alagútnál kettős munkavezeték alkalmaznak. A 2x100mm<sup>2</sup> Cu, szabványos munkavezeték 10.000 N feszítőerővel biztosítja az alagúton belül a felsővezeték stabil, rögzített helyzetét. Életvédelmi okokból az alagút előtt és utána életvédelmi kerítéssel védett területet alakítottak ki.



A 12. ábrán látható, az oszloptól induló védőcsőben vezetett 25 kV-os kábeles tápvezeték az alagútban alagútban való biztonságos átvezetésére szolgál.

A kettős munkavezeték alagútban történő átvezetésére alkalmazott műszaki megoldást a 13. ábra mutatja.

Tekintettel arra, hogy a villamosítás során beépített elemek, alkatrészek, hosszú élettartamúak, a villamosítás ezért alacsony 2-3%-os ÉCS leírású beruházás. Ebből következik, hogy két szükséges átépítés, felújítás közötti élettartama 33-50 év.



12. ábra: A piliscsabai alagút villamos vontatásra alkalmassá téve (forrás: Szerző)



13. ábra: A piliscsabai alagútban kialakított a kettős munkavezeték felfüggesztésére szolgáló szabványos szigetős konstrukció (forrás: Szerző)



14. ábra: Az esztergomi vasútvonal villamosítása során kis helyigényű rugós feszítőmű beépítésére vált szükségessé (forrás: Szerző)

Ha egy vasútvonal villamosított hálózatán, a felsővezeték alatt elhaladt áramszedők a koptató hatás miatt, az üzemévek során elvékonyítják a munkavezetékét, akkor azt cserélni szükséges, mert az áramvezető keresztmetszete – a vezetékkopás miatt – a kritikus értékre csökken.

Ha tehát a felsővezeték rendszer elemei erősen elhasználódtak, akkor cseréire szorulnak. A felújítás, átépítés szükségessége az adott vasútvonal forgalmától függően a felújítási igény 33-50 év üzemidő végén következik be.

A minőségi gyártású pörgetett betonszlopok élettartama legalább 50-60 év a bennük lévő betonacél védett a korróziótól. A betonszlop korrózió védelmére nem kell költeni, az időjárás viszontagságait jól viseli. Az acéloszlopok festésének felújítása a korróziós hatásoktól függően 20-25 évenként szükséges, ennek elmaradása esetén az oszlop tervezett élettartama előtt selejtezésre, cseréire szorulhatnak.

A porcelán vagy műanyag szigetelők hasonlóan eltérő árszinten szerezhetők be. Az elmúlt években a drágább, de hosszabb élettartamú műanyag szigetelők kiszorították az olcsóbb, rövidebb élettartamú porcelánszigetelőket.





15. ábra: A tervek szerint 2018-ban a 2-es vonal villamosítása elkészül (fotó: Kovács Károly)

A vasúti felsővezeték rendszer elemei körében számos újdonságot fedezhetünk fel.

A következő számban többek között a villamosítás tárgyi eszközeinek fejlődéséről, napjaink felsővezeték szerelés, építés, technikai, technológia innovációról szólnak.

(folytatjuk)

## Hírek a vasút világából

### Tender felhívást tettek közzé portugál vonalvillamosításra

A tendert írtak ki a portugáliai Viana do Castelo- Valenca közötti 49 km hosszú vonalszakasz villamosítására 23 millió euróért. A vonalszakasz része a Portugáliai Minho vonalnak, mely Nine Viana do Costelo-tól halad Valenca-ig a spanyol határig. A terv magába foglalja az állomási peronok bővítését, alagút víztelenítést, a rézsűk megerősítését, valamint a vízvezető rendszer megújítását.

A szerződést az Efacec és ABB alkotta konzorciummal kötötték meg, míg a Vila Fria-ban építendő alállomásra a Siemenssel szerződtek. Ugyancsak a Siemenset bízták meg a jelzőberendezések és a szintbeli keresztezések védelmének automatizálásával a Nine – Valenca – Spanyol határ, vonalon Mind a két szerződés teljesítési határideje 2019 év vége.

A teljes projekt értéke 83 millió euró, és 2020 áprilisára kell a munkákkal végezni. A Minho vonal villamosítása része az öt éves fejlesztési tervnek, melynek értéke 2,5 milliárd euró, mely a portugáliai vasúthálózat megújulását tűzte ki célul.

### A kétszintes vonatok eltűnnek a japán Shinkansen hálózatokból.

A kelet-japán vasúti társaság kijelentette, hogy négy évben belül leállítja a kétszintes szuper-expressz vonatokat.

Japán első kétszintes emeletes vonata 1985-ben kezdte meg működését a Tokaido Shinkansen vonalon.



1. ábra: Emeletes Shinkansen



1. ábra: E7 sorozatú Shinkansen

Az emeletes vonatokat 20 évvel ezelőtt vezették be a Joetsu Shinkansen vonalon, amely Tokiót köti össze Niigatával, a japán tengerpart városával. A 16 kocsis vonatok több mint 1600 utast szállíthatnak.

A JR East azt tervezi, hogy a Hoku-

riku Shinkansen vonalán már használatban lévő E7 sorozatú vonatokra cserélik fel a kétszinteseket. Néhány új vonatot luxus lakosztályokkal szállítanak. A JR East azt tervezi, sűríti járatait, hogy fenntartsa a kapacitást a kétszintesek leállítását után.