

# BKV Zrt. Autóbusz és Trolibusz Üzemeltetési Igazgatóság

## Elektromos járművek üzemeltetése, fejlesztése



**Szedlmajer László**

BKV Zrt. ATÜI – vezérigazgató-helyettes

## A hőskor

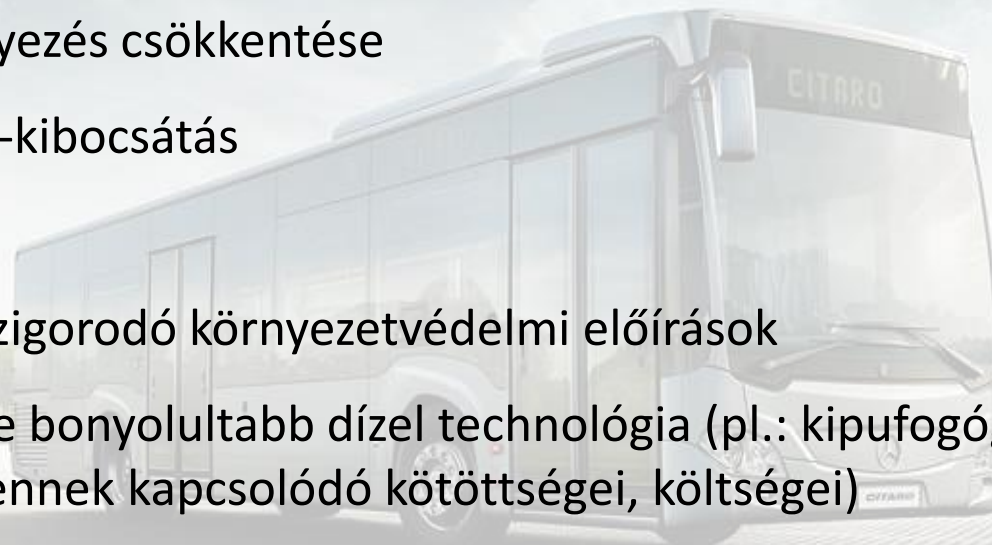
- **Belsőégésű motor**
  - Gázzal, alkoholokkal, különféle olajszármazékokkal vagy ezek keverékével hajtva
  - Az üzemanyag beszerzése sokszor nehézkes volt, különösen a háborúk idején
- **Külső égésű, külső hőbevezetésű motor**
  - Gőzgép, Stirling motor
  - Közúti, városi közlekedéshez kevésbé alkalmas
- **Villanymotor**
  - Villamos energia tárolása már az első időkben is gondot okozott
  - Ugyancsak nehézkes „utántölthetőség”
  - Ezzel együtt a Magyar Királyi Posta még az 1920-as és '30-as években is több mint 40 elektromos autót alkalmazott



**Az alternatív meghajtásokat leginkább a kísérletező szellemű, külön utakon járó feltalálók és az akkoriban nehézkesen beszerezhető hajtóanyagok motiválták**

## Egyre több tényező jelenik meg kényszerként

- Környezetszennyezés csökkentése
  - Károsanyag-kibocsátás
  - Zajemisszió
- Folyamatosan szigorodó környezetvédelmi előírások
- Dráguló és egyre bonyolultabb dízel technológia (pl.: kipufogógáz utánkezelés és ennek kapcsolódó kötöttségei, költségei)



# Alternatív hajtások - lehetőségek

## A belsőégésű motor lehetséges alternatívái

- Gázmotorok (LPG, CNG, LNG, Hidrogén)
- Bioetanol motorok
- Biodízel alkalmazása
- Hibrid hajtásláncok (benzines és dízel)
- Elektromos hajtás
- Üzemanyagcellák



**Cél:** Zéró károsanyag-emisszió elérése – teljesen elektromos hajtás



**Optimum:** 100%-ban megújuló forrásokból álló lokális energiamix

# Alternatív hajtások a jelenkor autóbuszpiacán

## Belsőégésű motor

- Dízel/biodízel üzemű
- CNG / LNG

## Hibrid

- Dízel-elektromos (soros vagy vegyes)

## Elektromos

- Éjszakai/vonali töltésű elektromos busz
- Trolibusz (akár önjáró képességgel)
- Üzemanyagcellás elektromos busz

# A különböző technológiák mérlegelési pontjai

- **Az adott technológia előnyeinek területi érvényesülési képessége**  
Pl.: a belvárosban elektromos, a peremeken hibrid, az agglomeráción dízel.
- **Optimális alternatív flottaméret kialakítása**  
Az infrastruktúra költsége nem párhuzamosan változik a flottamérettel
- **A jövő „meglátása”**  
El kell kerülni a középtávon feleslegessé váló infrastrukturális beruházásokat

**A megtérülés nem a költségviselőknél érvényesül → KI FIZETI A RÉVÉSZT?**

**Költségalapú versenyben az alternatív technológiák jelenleg nem versenyképesek, egyedül a CNG lehet kivétel ideális esetben.**

# A közelmúlt járműbeszerzései

Fenntarthatóság

Használt, homogén dízel  
járműflották beszerzése

Új jármű  
beszerzése

- „PKD” konstrukció
- Hagyományos vásárlás
- Rendelkezésre tartás

Innovatív  
hajtásláncok

- CNG
- Hibrid
- Elektromos

Alacsony járműbeszerzési intenzitás

# Alternatív hajtású járművek a BKV-nál



CNG



Elektromos



Hibrid

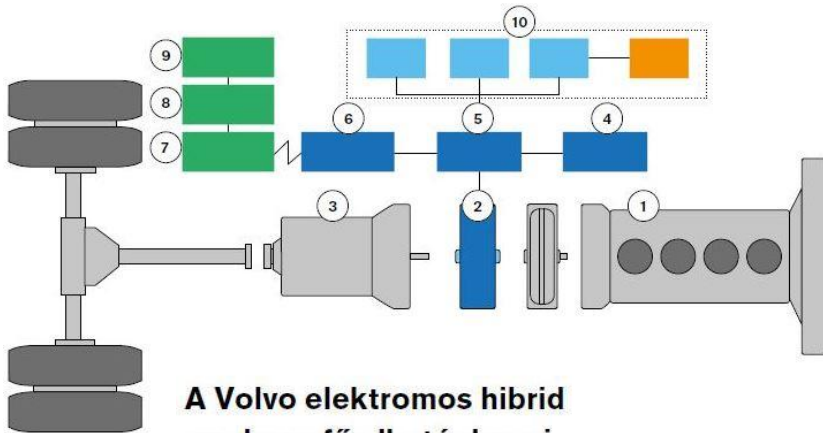


# Ízelítő az elektromos jövőből 1 + 40 db hibrid Volvo a BKV-nál

- 1 bérelt jármű
- 40 db, 3-7 éves szóló autóbusz
- Volvo 7700 és 7900 széria
- Euro V, Euro EEV és Euro VI besorolásúak
- Párhuzamos hibrid hajtáslánc
- Infrastrukturális fejlesztések az éjszakai balanszírozás megvalósítására
- Karbantartó személyzet képzése a speciális hajtásrendszerhez igazodva
- Szoros együttműködés a gyártó hazai képviselőjével
- Forgalomba állnak: 2017. IV. negyedévében



# A hibrid hajtás (Volvo 7700 és 7900)



## A Volvo elektromos hibrid rendszer fő alkotóelemei

1. Dízelmotor
2. Elektromos motor/generátor (I-SAM)
3. Sebességváltó
4. ESS (Electrical Storage System, Elektromos tárolórendszer)
5. Meghajtó elektronika
6. Fedélzeti töltő interfész
7. Külső töltő interfész
8. Elektromos töltő
9. Hálózat
10. Elektromos segédberendezések



- + Zéró emissziós zónák kialakításának lehetősége
- + Tisztább és csendesebb belvárosi környezet, felsővezeték-hálózat nélkül
- Bonyolult hajtáslánc (I-Shift, kuplung)
- Szervizigényes
- Fődarabok élettartama alulmarad a hagyományos modellekével szemben
- 19kWh elektromos kapacitás

# Elektromos hajtás – előnyök



- Lokálisan zéró emisszió
- Társadalmi felelősségvállalás
- Mérsékelt externális hatások
- Alacsony zajkibocsátás, csendes utastér
- Egyszerűbb felépítés – kisebb karbantartási igény
- Többféle megoldás: nagy akkumulátorok, vagy vonali/végállomási töltés
- Alacsony fajlagos üzemeltetési költség a belsőégésű motorral szerelt típusokhoz képest

# Elektromos hajtás – hátrányok

- Újszerű technológia – nem állnak rendelkezésre üzemeltetési és karbantartási tapasztalatok
- Egyes komponensek jelentősen megnövelik a vételárat (pl.: akkumulátor)
- Nagyteljesítményű töltési infrastruktúra: költséges és helyigényes
- Hosszú töltési idők a hagyományos tankolásokhoz képest
- A technológia jelenleg rohamosan fejlődik – gyors avulás
- Az ideális hatótávolsághoz, fordatervhez kellően nagy akkumulátor vagy vonali/végállomási töltő infrastruktúra kiépítése szükséges
- Nagyfeszültségű rendszer veszélyei
- Akkumulátor amortizáció



# Innovatív hajtásrendszerek

## Az elektromos hajtásláncok jellemzői

### Trolibusz

- Felsővezetékes energia-ellátás
- „Korlátlan” hatótávolság
- Speciális karbantartói környezet
- Kötöttpályás üzem, nagy függőség az infrastruktúrától
- Költséges hálózati infrastruktúra
- Opcionálisan önjáró képesség (akkumulátor beépítés)

### Éjszakai töltésű e-busz

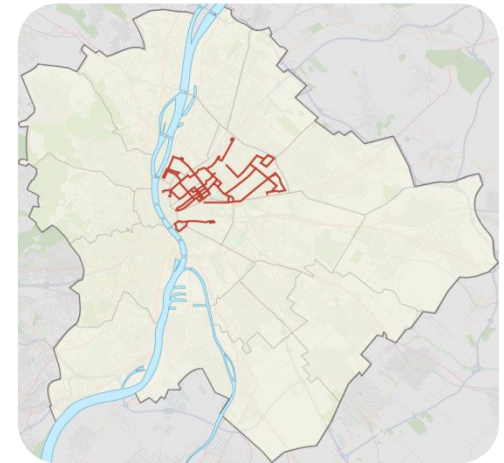
- Jelentős akkumulátor-kapacitás igénye
- Energiatárolók gyorsabb amortizációja
- Többlettömeg
- Korlátozott, de kellően nagy napi hatótávolság
- Kis infrastrukturális kötöttség
- Telephelyi töltési infrastruktúra igénye
- Szervezést igényel a töltés

### Vonali töltésű e-busz

- Dedikált vonalakon közlekedhet
- Vonali töltési infrastruktúra igénye
- Kis hatótáv, szakaszos töltésekkel egész napos üzem biztosítható
- Közepes függőség az infrastruktúrától
- Kisebb energiataroló, ez által kisebb tömeg
- Végállomási, telephelyi töltés esetleges igénye

# Új trolibuszok önjáró képességgel

- Trolibusz: zéró emisszió, de drága és fenntartásigényes infrastruktúra – kiváló menetdinamika mellett
- Új járművek beszerzése: 20 db szóló és 16 db csuklós Solaris-Škoda trolibusz (BKK tulajdonú)
- Modern, a mai kornak megfelelő járművek
- Megnövelt önjáró képesség
- A heterogén flotta homogenizálása és a magaspadlós járművek kiszorítása érdekében az opcionális mennyiség lehívását kezdeményeztük
- Az önjáró képesség menetrend szerinti szárnypróbálgatásai – hol a határ az elektromos busz és az önjáró trolibusz között?
- Újabb lehívás várható



# Innovatív hajtásrendszerek

## E-busz a BKV-nál

20 db Modulo C68E

- Magyar fejlesztés és gyártás, 2016 áprilisától üzemelnek a BKV-nál
- Moduláris felépítés, korróziómentes kompozit karosszéria elemek
- 160 kW indukciós elektromotor
- Kiváló menetdinamika és rugalmasság
- 141 kWh akkumulátor tárolási képesség, jellemzően 1 kWh/km alatti „fogyasztás”
- Zéró emissziós hajtás
- Energiára vonatkozó kilométerköltsége harmada az Ikarus 405 típusnak
- Alacsonypadlós, klimatizált utastér
- A prototípus jelleg miatt az elvárttól messze elmaradó rendelkezésre állás



# Töltési infrastruktúra

## A **Kelenföldi Divízió** telephelyén:

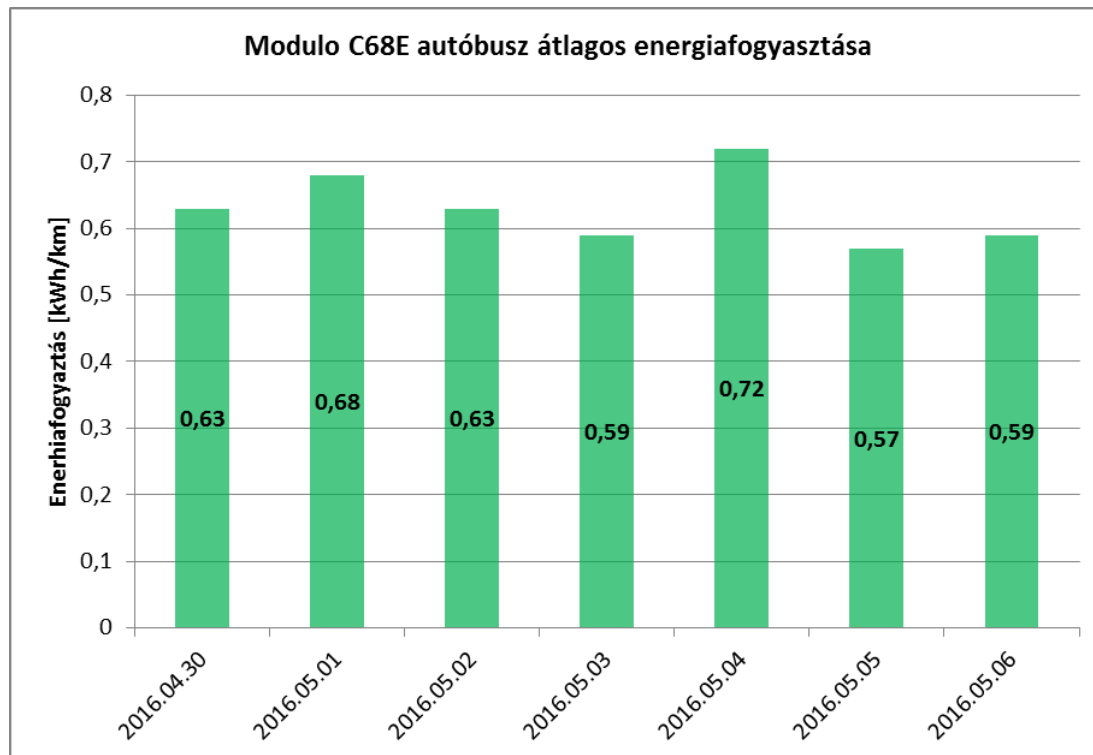
- 12 db **MCS-60** töltőberendezés a tárolótéren
- 6 db **MCS-60** töltőoszlop a csarnokban
- CAN-buszos kommunikáció a járművel
- Input:
  - 400 V AC
  - Áramfelvétel: 100 A
  - Hálózatról felvett teljesítmény: 80 kW
- Output:
  - 500-720 V DC
  - Kimenő áram: 85-90 A
  - Kimeneti névleges teljesítmény: 60 kW
- Töltési idő: 2-6 óra (SOC-tól függően)
- Töltési módok:
  - Normál
  - Balanszírozás – akár több mint 24 óra
- IP55 védelem





A forgalomba állítás előtt a megváltozott műszaki tartalmú autóbusz tesztelése is lezajlott:

- Valós körülmények
- 0,6-07 kWh/km átlagfogyasztás
- Maradó töltéssel is teljesíti a napi meneteket
- A tartalékokra szükség van: a klíma használata megnöveli a nyári energiafogyasztást



# Valós felhasználás melletti energia-felhasználás

- Akkumulátorok kapacitása: ~141 kWh

Az alábbi értékek az akkumulátorok névleges tárolási képességének teljes kihasználását feltételezik. Az üzemeltetés során törekedni kell az amortizáció mértékének minimalizálására, a töltöttség optimális intervallumban való tartására.

- Átlagos fogyasztás: 0,72 kWh/km  
Átlagos hatótávolság: 195,83 km
- Maximális fogyasztás: 1,46 kWh/km  
Minimális hatótávolság: 96,57 km
- Minimális fogyasztás: 0,49 kWh/km  
Maximális hatótávolság: 287,75 km
- Klímahasználat/segédüzem többlete (átlagos-max.): 0,22 – 0,97 kWh/km

Az erősen szóródó hatótávolság miatt együttműködés folyik az on-line diagnosztikai rendszerekre épülő dinamikus fordatervezés megvalósítására.

# Üzemeltetési tapasztalatok

## Jellemző meghibásodások

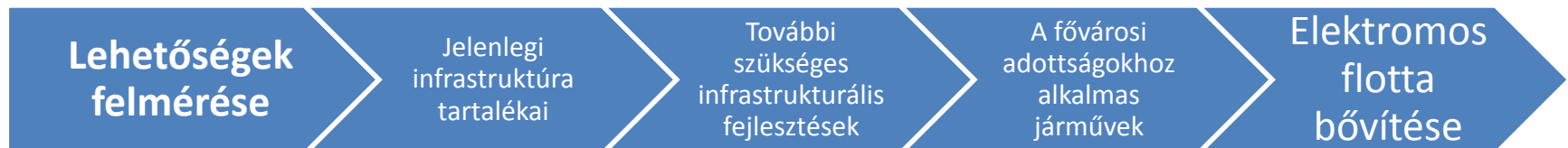
- A hibák nagy részét az új típusoknál általánosságban jellemző ajtóműködési rendellenességek képezik (mechanikai és elektromos jellegű)
- Kisebb számban előforduló gyermekbetegségek: ablaktörlő, páramentesítő hiba
- Szigetelési hibák
- Eleinte gyakrabban jelentkező (vezérlő)szoftveres hibák
- Az üzemeltetői kockázatot jelenthet a kompozit karosszéria, amely a hagyományos módszerekkel nem javítható

- Kedvező visszajelzések mind a járművezetők, mind az utasok részéről
- A fővárosi viszonylatokhoz megfelelő, kiemelkedően dinamikus menettulajdonságok
- Alacsony energiafogyasztás, kedvező üzemeltetési költségek
- Csendes működés, mind az utasteret, mind a környezetet illetően
- A turizmus által látogatott városrészeken pozitív benyomást kelt
- Speciális, a képességekre szabott fordatervezést igényel
- Szélsőséges hőmérsékleti és időjárási tartományokban üzemeltetési nehézségek tapasztalhatóak
- Az intenzív klímahasználat csökkenti a hatótávolságot

# Elektromos autóbuszok a jövőben – kitekintés

## ***A flottafejlesztésben a későbbiekben ismét szerepet kaphatnak az elektromos járművek:***

- A Kelenföldi Divíziónál kiépített töltő kapacitás nagyobb flottát is képes ellátni
- A globális trendeknek megfelelően a közösségi közlekedésben is egyre nagyobb figyelmet, szerepet kap a zéró emissziós hajtás
- Dedikáltan elektromos buszokkal lebonyolítható viszonylatok lehetőségének vizsgálata
- Vonali, végállomási töltők által kiszolgált elektromos járműrendszerek vizsgálata



# Köszönöm a figyelmet!



szedlmaj@bkv.hu