



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergiei românești",
SEBEȘ, 2012

METROUL

Partea a II-a

Mircea BEJAN, Ioana BĂLAN

SUBWAY

Most large towns and cities in the world, trying to solve urban transport as efficiently as low pollution.

Travel by Metro provides commercial speed of 30-45 km/h, with traffic up to 90 s duration between two trains, a maximum transport 10,000 passengers per train (of 6 cars) and distances between stations of 600-1000 m. In recent years, have built automated metro systems without conductor/driver, which are directly controlled from a control centred. It is estimated that one kilometre of underground line costs 30 million Euros.

It presents some generalities on the metro, public transport it, looking at the short subways in London, Budapest, Paris, Madrid and Bucharest.

Cuvinte cheie: transport urban, metrou greu, metrou ușor, sisteme automate de conducere, diferite linii de metrou în Londra, Budapesta, Paris, Madrid și București

Keywords: transportation, subway hard, light rail, automated management, different subway lines in London, Budapest, Paris, Madrid and Bucharest

4. Metroul budapestan

În ordine, urmează construirea unor metrouri, la New York - 1871; Budapesta – 1896; Paris – 1900; Berlin – 1902; Madrid – 1919.

De menționat că în anul 1868 a fost construită la New York prima cale ferată urbană aeriană.

Metroul din Budapesta (în maghiară, *Budapesti metró*) este cea mai rapidă formă de transport în comun din Budapesta, Ungaria.

Metroul budapestan - al treilea sistem subteran de metrou din lume după Metroul londonez și cel din New York - a fost inaugurat de împăratul Franz Joseph, în ziua de 2 mai 1896, anul Mileniului maghiar. Trenul circula pe direcția nord-est - sud-vest, de la strada Andrásy, stația Vörösmarty tér (centru) către City Park, iar stația terminus era Grădina Zoologică (între timp, aceasta a fost schimbată). Linia, cu o lungime de 3,7 km, avea 11 stații (9 subterane și 2 terestre) și, la



Fig. 7 Stația Gara de Est pe linia de metrou 2



Fig. 8 Terminalul Kőbánya-Kispest pe linia 3

vremea aceea, trenurile se succedau din două în două minute. Putea suporta 35.000 de oameni pe zi (astăzi, metroul transportă într-o zi de lucru peste 125.000 de călători, de peste 3,5 ori mai mulți).

Această primă linie de metrou, M1, avea drept obiectiv prioritar facilitarea transportului către Parcul orășenesc al Budapestei, însă locuitorii capitalei maghiare s-au opus tot timpul transportului de suprafață pe Bulevardul Andrásy – cea mai elegantă stradă din Budapesta, parte a patrimoniului lumii. Parlamentul Ungariei a acceptat planul metroului în 1870, iar construcția a început în 1894. La lucrări au participat 2000 de muncitori și s-au folosit cele mai performante utilaje ale timpului, astfel că, în mai puțin de 2 ani, această primă linie de metrou - construită, în întregime, la suprafață (după metoda „taie și acoperă”) - a fost terminată.

Planurile pentru încă 2 linii de metrou au fost făcute încă din 1895, stabilind principalele direcții nord-sud și est-vest.

Primele planuri pentru actualul metrou - 2 linii - au fost făcute în 1942, iar decretul Consiliului de Miniștri adopta construirea lui în 1950. Conform planului inițial, Metrou 2 trebuia să unească două mari stații

feroviare: *Keleti* (Est) și *Déli* (Sud) *Pályaudvar*, construcția urmând să fie terminată până în 1955. Din cauza unor motive financiare și politice, lucrările au fost stopate din 1945 până în 1963. În final, linia Metrou 2 (direcția est-vest) a fost deschisă, cu 7 stații, la 4 aprilie 1970 și, deocamdată, este singura linie care trece peste Fluviul Dunărea și ajunge la Buda (partea de vest a orașului Budapesta). Are o stație comună cu prima linie de metrou la *Deák Ferenc tér*, care, de atunci, a devenit, de asemenea, un punct de transfer pentru o a treia linie. În 1973, ambele linii au fost extinse (prima cu o singură stație, a doua cu patru stații), astfel că prima linie a ajuns la o lungime de 4,4 km, iar a doua la 10,3 km, având 11 stații. Asociația de Tranzit Urban și Suburban (VEKE) a făcut un plan pentru unificarea liniei 2 cu linia suburbană *Gödöllő*, acest plan fiind preconizat a fi realizat până în anul 2020.

Între anii 1980 și 1990, M1 a suferit diferite elemente din acele timpuri reconstrucției majore. Din cele 11 stații, 8 sunt originale și 3 au fost reconstruite. Stațiile amintesc de timpul mileniului, inclusiv podeaua, băncile, ferestrele de lemn și iluminatul. Fiecare stație este un mic muzeu, cu fotografii și informații. Există Muzeul Subteran "Millennium" în trecerea subterană *Deák Ferenc tér*, unde pot fi văzute elemente din acele timpuri.



Fig. 9 Stația Kossuth Lajos pe linia 2 Metro 4

Linia a 2-a se afla în prezent în reconstrucție, având mare parte din infrastructură și 5 stații finalizate (*Blaha Lujza tér* și *Kossuth Lajos tér* renovate în 2004, *Batthyány tér*, *Astoria* și *Keleti pályaudvar* în 2005), la acel moment, cele mai moderne stații de metrou din Budapesta. În vara anului 2006 se renovează stațiile: *Déli pályaudvar*, *Moszkva tér* și *Deák Ferenc tér*. Cele mai mari operațiuni de reconstrucție au loc în

perioada verii și durează zece săptămâni, magistrala terminându-se în 2007. Vor fi instalate ascensoare prima dată la stațiile *Kossuth Lajos tér*, *Blaha Lujza tér*, *Keleti pályaudvar*, și *Astoria*, introducându-se trenuri noi care vor avea aer condiționat.

Primul decret pentru cea de a treia linie, M3, a fost emis în 1963, construcția a început în 1970, iar prima secțiune a fost deschisă în 1976, având 6 stații. Direcția sudică a fost complementată cu încă 5 stații în 1980, iar cea de nord în 1981, 1984, și în 1990 cu 9 stații,

ajungând să aibă 20 de stații și lungimea de 17 km, cea mai lungă linie din Budapesta.

M3 merge pe o direcție nord-sud (mai precis, din nord-nord-est spre sud-est). Există planuri pentru extinderea liniei 3 spre Káposztásmegyér de la Újpest-Központ și de la Határ út la Aeroportul Ferihegy. Káposztásmegyér este acum servit de linia de tramvai 14, dar șinele pot fi folosite și de metrou.

Niciuna din stațiile linilor 2 sau 3 nu au fost încă făcute accesibile pentru persoanele cu handicap sau pentru părinți cu cărucioare, inclusiv stațiile renovate de curând.



Fig. 10 Stația Pöttyös pe linia 3

Lungimea totală a celor 3 linii de metrou este de 31,7 km, având 40 de stații, din care 3 de legătură. Pentru viitoarea linie 4 se vor construi încă 12 stații, din care 2 de legătură.

Metroul budapestan are aproximativ 1.270.000 de utilizatori zilnic (în 2004). În 2003, au fost 315 milioane de călători, adică o medie zilnică de circa 860.000 de călători.

Metroul 4 (în construcție încă din 2006) are o lungă istorie ce începe încă din anul 1972.

În ultimele decenii, a întâmpinat serioase dificultăți din cauza izvoarelor medicinale aflate pe traseul său ce pornește din sud-vestul orașului spre nord-est (exemplu Băile Gellért). Au avut loc lungi dezbateri dacă această construcție va fi în siguranță, ce parte trebuie plătită de guvern, dacă ruta sa era potrivită și dacă merită (mai mult decât construirea unei linii conectoare, vezi M5) și în ce lungime ar trebui construită într-o primă fază.

Dacă în cel mai bun caz linia se termină până în 2009, munca fiind în progres, istoria sa va include peste 37 de ani de istorie, cel mai lung timp de construire al unei linii de metrou din Budapesta. Linia M4 va avea stații accesibile prin ascensor de la nivelul stradal dar persoanele în scaun cu roțile nu vor putea folosi pasajele subterane pentru a trece strada.

Magistrala M5 de metrou va merge pe malul Dunării, trecând fluviul lângă Insula Margareta și va avea corespondență cu liniile suburbane spre Szentendre, Csepel și Ráckeve. Construcția acestei magistrale s-a preconizat să înceapă în toamna anului 2007.

5. Metroul parizian

Cu cele aproape 300 de stații, Metroul din Paris este una dintre cele mai mari rețele de metrou din lume.

Majoritatea stațiilor sunt subterane, platformele fiind conectate cu nivelul străzii prin niște rețele complicate de tunele. Stațiile la nivelul platformei au în general tavan jos. Intrările stațiilor mai vechi, mai ales cele din centrul orașului, au o arhitectură stil art nouveau, fiind proiectate de arhitectul Hector Guimard. Acestea sunt un simbol binecunoscut al metroului parizian, deși în ziua de astăzi nu mai sunt multe în folosință, multe din ele fiind modernizate.



Fig. 11 O intrare art nouveau de Hector Guimard



Fig. 12 Interiorul stației *léna* în Metroul din Paris

- Lungimea șinelor este de 213 km
- Circulația se face pe partea dreaptă
- Rețeaua are peste 300 de stații
- Electricitatea circulă printr-o șină mijlocie (a treia șină)
- Distanța medie între două stații este de 300 m
- Liniile 1, 4, 6, 11 și 14 folosesc trenuri cu roți de cauciuc
- Linia 14 este complet automatizată. Este folosită o singură rată de bilet pentru orice distanță și indiferent de numărul de schimbări, dar călătoria nu poate dura mai mult de două ore.

Metroul parizian (franceză, *Métro de Paris*, sau pe scurt *Métro*) este sistemul de metrou din Paris. Metroul a fost cunoscut original ca *Chemin de Fer Métropolitain* (Căile Ferate Metropolitane) și apoi *Métropolitain*, după care a fost abreviat la *Métro*. Rețeaua este compusă din 16 linii, cu preponderență subterane, având

o lungime totală de 211 km. Sistemul, devenit unul dintre simbolurile orașului, este de remarcă prin densitatea rețelei sale în centrul Parisului și pentru omogenitatea stilului său arhitectural, influențat de Art Nouveau.

Prima linie a fost inaugurată în anul 1900.

Sistemul s-a extins foarte rapid la începutul primului război mondial, pentru ca în anii 1920 centrul orașului să fie deja acoperit. Primele extinderi spre suburbii s-au construit în anii 1930, împreună cu linia 11. După o pauză în "deceniile automobilelor" - anii 1950-1970, s-au construit numeroase alte extensii suburbane. Decizii tehnice din perioada conceperii primelor linii, cum ar fi distanțele mici între stații, limitează posibilitățile de extindere. O parte a pasagerilor ar trebui să fie transportați de rețeaua de tramvai aflată în dezvoltare și de rețeaua RER construită în anii 1960. Cu toate acestea, la sfârșitul secolului 20 este inaugurată linia 14, complet automatizată, având ca principal scop ușurarea traficului de pe linia RER A.

În prezent metroul din Paris transportă aproximativ 4,5 milioane de pasageri pe zi (1,365 miliarde în anul 2005) și dispune de 297 de stații, dintre care 62 reprezintă puncte de legătură între linii. Este al doilea sistem de metrou din Europa de Vest ca și lungime, după Metroul Londonez. Metroul din Madrid (care este situat în Europa de Sud) este mai lung decât Metroul din Paris.



Fig. 13 Un metrou modern în stația Colombia, linia 8

6. Metroul din Madrid

Metroul din Madrid (*Metro de Madrid* în spaniolă) este un sistem de metrou care servește Madridul, capitala Spaniei, aproximativ al 50-lea cel mai mare oraș/zonă metropolitană din lume.

Sistemul este printre cele mai mari din lume, după



Fig. 14 Stația a metroulului din Madrid

lungime fiind în primele zece sisteme din lume cu 226,7 km de linii.

Din această cauză, Metroul din Madrid este cel mai dens sistem de tren subteran din lume. Metroul are 190 de stații pe 12 linii, adăugându-se încă 44 km de șine din anul 2007.

Tabelul 2 conține o sinteză a principalelor sisteme de metrou din unele metropole și capitale ale lumii.

Tabelul 2

Nr. crt.	Denumire	Lungime totală km	Număr linii - stații	Data intrării în funcțiune	Număr maxim de călători - milioane călători/zi	Observații
1	Metroul londonez - <i>London Underground</i>	peste 300	12 linii	10 ianuarie 1863	anual, 40 milioane călători în 1880	
2	Metroul din Budapesta - <i>Budapesti metró</i>	31,7 primele trei linii	40 stații	12 mai 1896	1,3	Liniile M4 și M5 în construcție
3	Metroul parizian - <i>Métro de Paris</i>	213	16 linii peste 300 stații	Inaugurat în anul 1900	4,5	Trenuri cu roți de cauciuc – liniile 1, 4, 6, 11 și 14. Linia 14 complet automatizată
4	Metroul din Madrid <i>Metro de Madrid</i>	270,7	12 linii 190 stații			printre primele 10 din lume
5	Metroul din Barcelona <i>Metro de Barcelona</i>		9 linii	1924		
6	Metroul din Moscova	256	9 linii 138 stații	1935		
7	Metroul din Leningrad			1954		
8	Metroul din Kiev <i>Київське метро</i> în			1960	1,7 În anul 2005, numărul total de	A fost primul sistem de tren subteran din Ucraina și al treilea din

	ucraineană				călători a fost peste 600 de milioane	fosta URSS, după metroul din Moscova și St.Petersburg
9	Metroul din Tbilisi			1966		
10	Metroul din Bruxelles	43,7	3 linii 69 stații	1976	310	

7. Metroul din București

Pe arterele care sunt situate pe coridorul Nord – Sud al municipiului București, cât și pe arterele care constituie inelul central și median nivelul de serviciu monitorizat al traficului este relativ ridicat, chiar și la nivelul mediu zilnic. Pe majoritatea acestor artere nivelul de serviciu al traficului este de peste 0,7 (raport cerere/ofertă), ceea ce duce la timpuri de deplasare ridicați, consum excedentar de combustibil și implicit emisii ridicate de noxe. De asemenea, congestiile apărute în trafic afectează în mod negativ nivelul de performanță al transportului public de suprafață, în cazul în care acesta nu are cale separată – troleibuze, autobuze și uneori tramvaie.

La nivelul anului 2007, Regia Autonomă de Transport București – RATB utilizează 300 km de linii de tramvai cu un parc de 500 de vagoane de tramvai, 18 linii de troleibuz cu 485 km de rețea și cu un parc de 300 troleibuze și respectiv sistemul de transport cu autobuze, având 2.900 km de rețea și un parc de 1.300 autobuze. Metrorex (responsabil cu transportul cu metroul în București) utilizează 4 linii de metrou, având 65 km de rețea, utilizând 108 trenuri cu rame de metrou livrate de firma Bombardier, economice și moderne acționate cu invertoare trifazate și motoare de tracțiune asincrone, și respectiv 140 rame de metrou realizate în țară acționate cu sisteme clasice cu controlere și rezistoare de pornire, tracțiune și frânare și motoare de curent continuu¹.

Viteza medie zilnică de deplasare a autoturismelor este estimată la 32 km/h, dar la orele de vârf când cele mai multe autoturisme transportă călătorii de acasă la serviciu și de la serviciu - acasă se estimează 15-18 km/h. Pentru transportul public de suprafață viteza medie de deplasare este estimată la 16 km/h, la orele de vârf

¹ Pentru descongestionarea traficului rutier, Capitala are nevoie de încă șapte linii de metrou, un kilometru de linie de metrou, echipat complet și o stație, costând între 30 și 70 milioane de euro.

scăzând în gama 8-10 km/h, în contrast cu ramele de metrou subterane unde se obține o viteză comercială de 45-50 km/h și la metroul ușor de suprafață cu traseu izolat, 25-35 km/h – vezi tabelul 1.

Impactul asupra mediului constă în nivelul de zgomot (pentru anul 2007 a fost estimat la 62,8 dB) și cantitățile de emisie (valori estimate: 2 t NO_x; 10 t CO; 1,2 t hidrocarburi nearse/particule; 357 t SO₂; 1.113 t CO₂).

Câteva repere calendaristice: 1975 – începe proiectarea rețelei de metrou din orașul București și construirea primei linii. 1977 – se introduce în exploatare prima ramă (convoi) electrică românească, formată din vagoane de călători prevăzute cu motoare electrice (50 Hz, 25 kV) la toate cele patru osii ale fiecărui vagon. Rama prototip experimentală cuprinde patru vagoane, cu puterea totală de 1920 CP și cu viteza maximă de 120 km/h. Destinația principală: traficul suburban. Poate servi și la traficul interurban și pentru turism. În ianuarie 2009, întreaga rețea este subterană, cu excepția unei porțiuni foarte scurte între stațiile Dimitrie Leonida și Berceni, la unul din capetele Magistralei M2. Rețeaua este deservită de 4 depouri, două fiind supraterane (Berceni și Industriilor) și 2 subterane (Semănătoarea și Pantelimon). În plus, mai există și alte două zone de garare la Gara de Nord și Eroilor. Rețeaua de contact este de 750 V cc, alimentarea făcându-se prin a treia șină (în trafic) sau prin pantografe (în depouri). Viteza maximă este de 80 km/h. Pe liniile metroului circulă două tipuri de trenuri: 1. ramele IVA (Întreprinderea de vagoane Arad, actualmente Astra Arad) sunt rame de concepție românească, produse între 1978 și 1990; 2. ramele Bombardier (model **MOVIA 346**, existând două serii de trenuri Bombardier) au fost introduse începând cu anul 2003; sunt produse de Bombardier Transportation în colaborare cu Electroputere Craiova.



Fig. 15 Rama Bombardier MOVIA 346

8. Concluzii

Asigurarea unui transport urban bine organizat trebuie să se bazeze pe mijloace moderne de transport electric, care să utilizeze rețele de metrou subteran și de suprafață (pe trasee speciale, inclusiv metrou ușor), completat cu linii de legătură care să folosească tramvaie, troleibuze și autobuze hibride și electrice bazate pe pile de combustie conectate în paralel cu baterii moderne de acumuloare electrice.

Cu toate că un km de linie de metrou costă minimum 30 de milioane de euro, metroul subteran constituie o rezolvare rezonabilă a transportului urban.

Transportul cu metroul asigură o viteză comercială de 30-45 km/h, cu un trafic de circulație de până la 90 s durată între două trenuri, un transport de maxim 10.000 de călători pe tren (format din 6 vagoane) și cu distanțele dintre stații de 600-1.000 m.

Și o problemă deosebită. În traficul urban numărul accidentelor este în creștere an de an. Unul din trei accidente fatale se produc în aria urbană, victimele principale fiind pietonii și cicliștii. Se constată că autoritățile locale nu pot face față singure acestui flagel, fiind nevoie de o colaborare și coordonare la nivel european.

Prof.Dr.Ing. Mircea BEJAN
Universitatea Tehnică din Cluj Napoca
Președintele Filialei Cluj a AGIR
Ing. Ioana BĂLAN
Camera de Comerț și Industrie METZ – Franța
membri AGIR