

Davorin Kolić
Neuron Zagreb d.o.o.



SUSTAVI METROA SVJETSKIH METROPOLA

AMCA-FA

**Građevinski fakultet
2009.**

Sveučilište u Zagrebu

Zagreb, 17. studenog



Sadržaj

- 1. Uvod i terminologija
- 2. Mega projekti ili megalomanski projekti
- 3. Uzroci nastajanja metro sustava
- 4. Tipovi “metro” sustava
- 5. Tehnologije i metode izvedbe
- 6. Suvremeni pristup : ekologija i arhitektura
- 7. Oblici financiranja : primjeri iz svijeta



1. Uvod i terminologija

referentni projekti : Davorin Kolić

- | | | |
|-------------------------------|--------------------|------------------|
| • 1992 Metro Washington | Columbia stat. | projektant |
| • 1992 Metro Los Angeles | Hollywood Stat. | projektant |
| • 1992 U-Bahn München | Candidplatz St. | projektant |
| • 1993 Metro Pariz | RER Lot 35 B | gl.projektant |
| • 1994 Light rail Lille | Ligne2, Sect.“F“ | eksp/konzalting |
| • 1995 Metro Taipeh | Sect.258a | gl.projektant |
| • 1996 Metro Seoul | Cabletunnel | gl.projektant |
| • 1997 Metro Singapore | NE Line, C710 | gl.projektant |
| • 1998-99 Metro Budapest | 4th Line | revident |
| • 1999 Metro New Delhi | MC1B | gl.projektant |
| • 1999 Subway San Juan,P.Rico | Minillas Extension | eksp/konzalting |
| • 2000 Light Rail Seattle | 1st Line | gl.projekt. NATM |
| • 2001-02 U-Bahn Wien | Kagranerplatz | gl.projektant |
| • 2004-05 Metro Hong Kong | Kowloon SouthLink | eksp/konzalting |
| • 2005-06 Metro Singapore | Circle Line, C855 | eksp/konzalting |
| • 2008 Metro Istanbul | Halic Bridge | eksp/konzulting |



1. Uvod i terminologija

Terminologija

- metro
 - subway
 - U-Bahn
 - light rail
 - lakošinski tračnički sustav
 - podzemni tramvaj
 -
 - ..
- Internet izvori :
 - www.urbanrail.net
 - www.lightrail.com
 - www.cityrailtransit.com



1. Uvod i terminologija

Povijest i nazivlje

- 1863 London metro na parni pogon (od 1890 električni)
 - 1892 Chicago metro na parni pogon (od 1895 električni pogon)
 - 1896 Budapest metro elektricni pogon
 - 1897 Boston metro električni pogon
 - 1898 Beč U-Bahn na parni pogon
 - 1900 Paris metro na električni pogon
 - 1901 New York metro na parni pogon (od 1904 na električni)
 - 1902 Berlin U-Bahn na električni pogon
-
- **metro system** = “rapid transit train system”
 - ...dolazi od riječi : “...metropolitain”... gradski prijevoz



2. Mega projekti ili megalomanski projekti

usporedbe

Mega projekti

- opće prihvaćeni
- skupi ali neupitni
- jasna svrhovitost
- opća namjena
- otvorenost pristupa
- lakše financiranje

Megalomanski projekti

- nametnuti “odozgo”
- skupi i upitni
- prisilna smisaonost
- služe “višim ciljevima”
- zatvorenost informacija
- nepoznata konačna svota

Izvor : B.Flyvbjerg : “Megaprojects and Risks”, Cambridge Press



3. Uzroci nastajanja metro sustava

prometni razlozi



zastoji na Maximilianplatzu u Minhenu, 1965 prije gradnje metroa



3. Uzroci nastajanja metro sustava

prometni razlozi



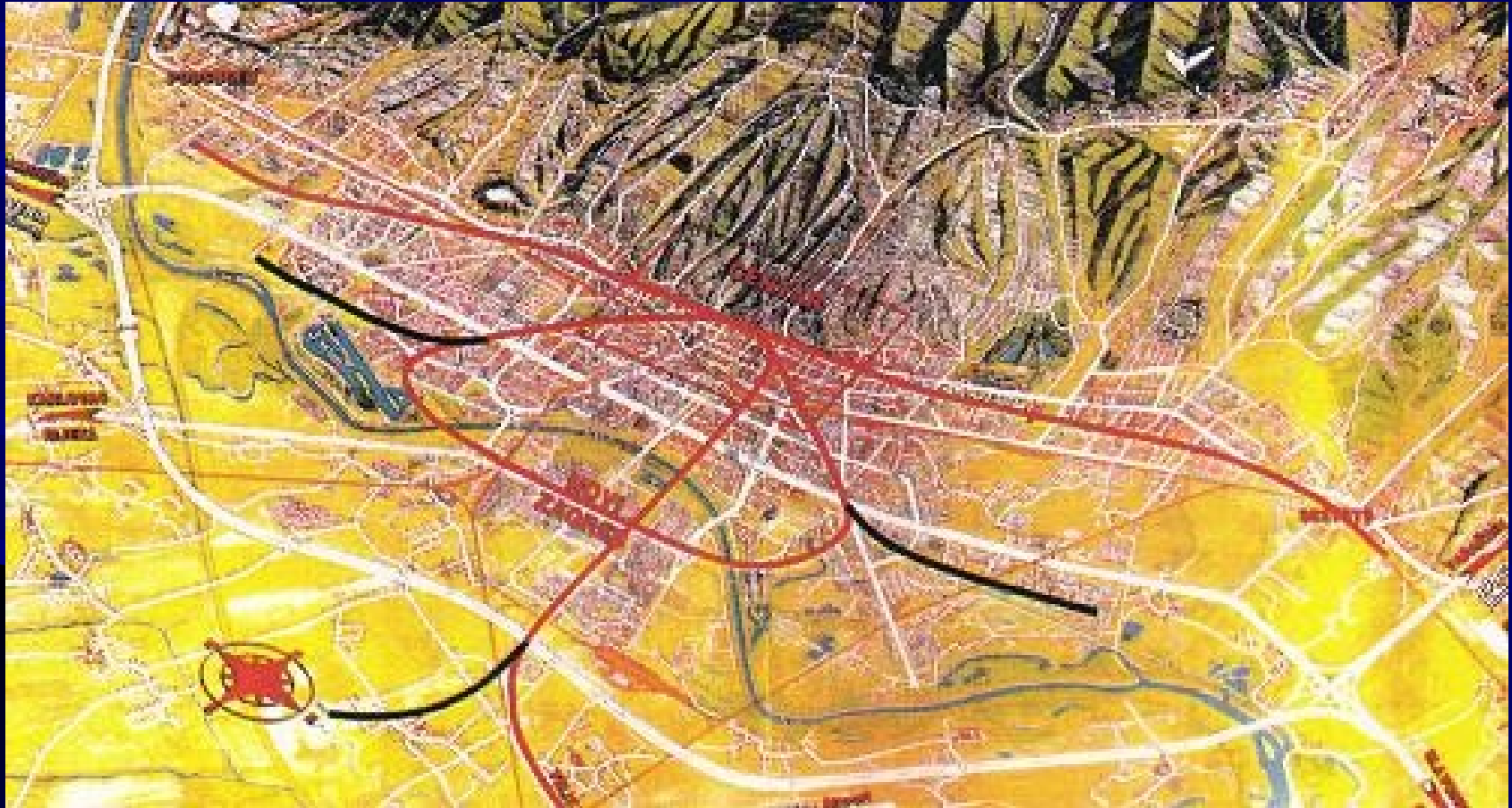
Zapreke : rijeka, 2 linije željeznice, 2 brze ceste, autocesta, brdo

dnevni promet : sjever-jug, istok-zapad



3. Uzroci nastajanja metro sustava

prometni razlozi



... rješenje razvojem : “METRO” Zagreb sustava javnog gradskog prometa



3. Uzroci nastajanja metro sustava

prometni razlozi



... rješenje : u obliku podzemnog tramvaja ili lake gradske željeznice primjer
Linza, Austrija s 200 000 stanovnika



3. Uzroci nastajanja metro sustava

prometni razlozi



... rješenje : u obliku podzemnog tramvaja ili lake gradske željeznice primjer
Linza, Austrija s 200 000 stanovnika



3. Uzroci nastajanja metro sustava

prometni razlozi



... rješenje : u obliku podzemnog tramvaja ili lake gradske željeznice primjer
Linza, Austrija s 200 000 stanovnika



4. Tipovi “metro” sustava

razmak tračnica, duljina, širina i broj vozila

Razmak tračnica :

- $b = 900 \text{ mm}$ (Linz)
- $b = 1000 \text{ mm}$ (Zagreb, Stuttgart)
- $b = 1435 \text{ mm}$ (Beč)
- $b = 1676 \text{ mm}$ (New Delhi)



Strasbourg
subway tramway

1435 mm

Porto Light rail

1435 mm



New Delhi Metro

1676 mm





5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno

Podzemno

- Rampe
- Otvoreni kop
- Tuneli konvencionalni iskop
- Tuneli strojni iskop

Nadzemno :

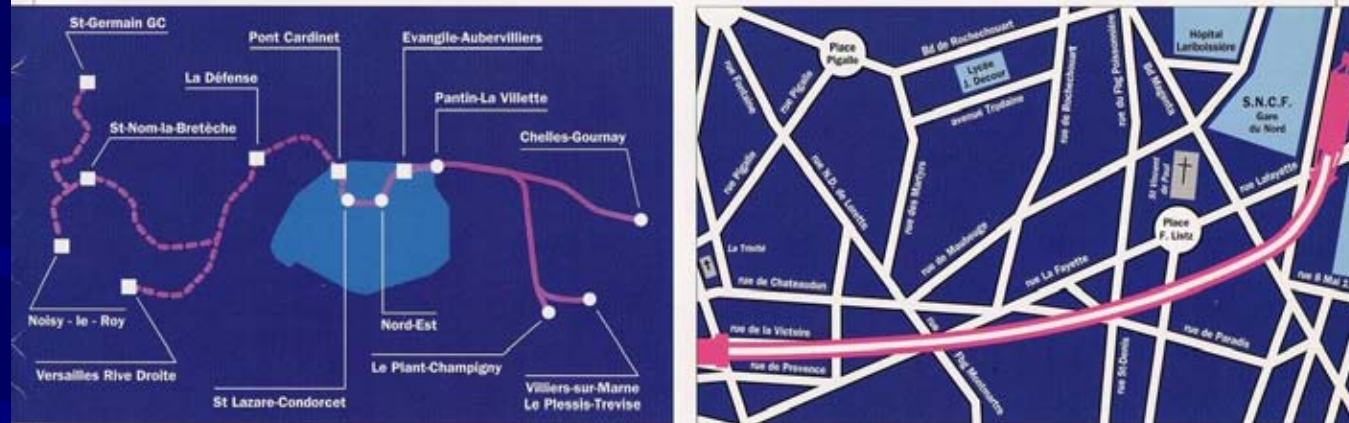
- Rampe
- Vijadukti
- Mostovi



5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno

EOLE, la future ligne E du RER.



Lot 35 B : tunnel intergares et entonnement sud



Metro Paris : R.E.R Ligne EOLE, Lot 35 B



5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno

Géologie et nature des travaux

Les ouvrages

Les ouvrages de ce lot comprennent :

- L'entonnement sud.

Cet ouvrage permet de passer de la gare Nord-Est (4 voies) aux 2 tunnels intergares. Il comprend 10

galeries disposées sur 200 m de longueur.

- Un puits définitif qui servira d'accès de secours et de ventilation.

- Un puits d'accès provisoire pour l'introduction du tunnelier.

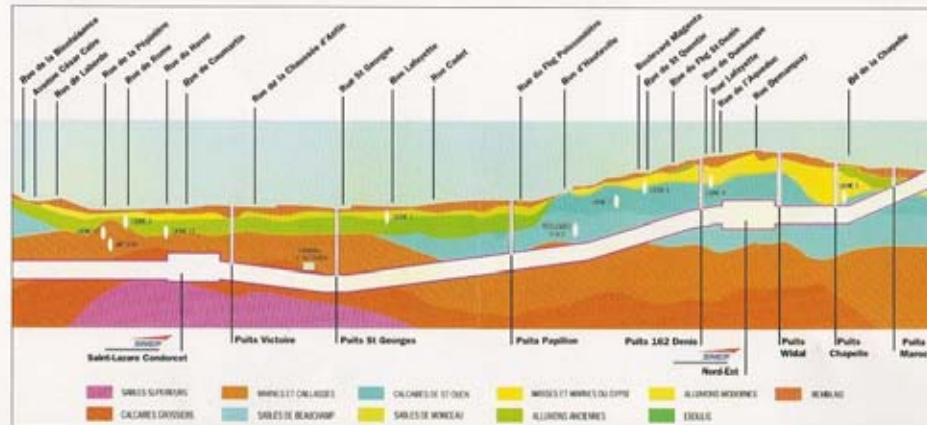
- Les 2 tunnels intergares, de 1700 m de longueur et de 6,40 m de diamètre intérieur.

- Quatre rameaux de communication reliant les 2 tunnels.

Les terrains

Les galeries sont excavées à une trentaine de mètres sous le niveau du sol.

La partie entonnement se situe au niveau des calcaires de Saint-Ouen et des sables de Beauchamp aquifères. Les tunnels intergares traversent successivement des horizons de marnes et caillasses et des calcaires grossiers, sous la nappe.



PRINCIPALES QUANTITES

Déblais :	200 000 m ³
Béton projeté :	5 000 m ³
Voussoirs :	15 000 pièces
Béton de revêtement :	16 000 m ³
Injections terrains :	4 000 m ³



5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno

Le tunnelier

L'hétérogénéité des terrains rencontrés, l'obligation de maîtriser tout tassement en site urbain ainsi que les risques de rencontrer des vides ont conduit au choix d'un tunnelier à confinement par pression de boue.

Le tunnelier, baptisé Martine, fabriqué par la société VOEST-ALPINE, se compose :

- du bouclier dont la partie frontale exécute l'abattage du terrain et la partie arrière la pose du revêtement.

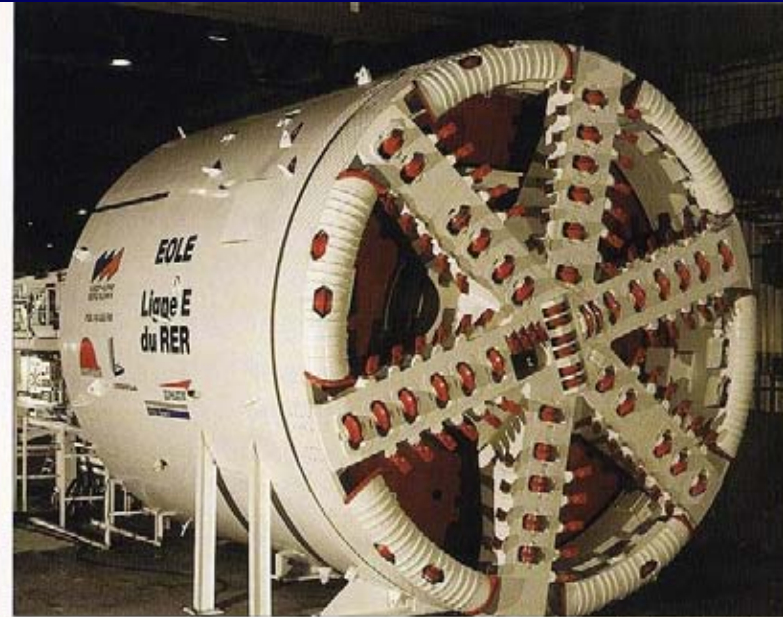
- du train suiveur, véritable

usine embarquée avec toutes les fonctions vitales (approvisionnement des voussoirs, évacuation des déblais).

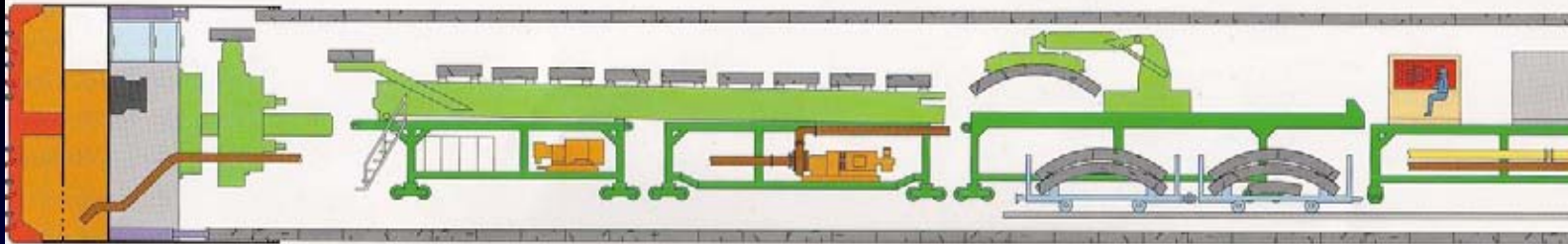
Ce tunnelier est conçu pour pouvoir être démonté à l'extrémité du 1er tunnel et transféré au début du deuxième.

CARACTERISTIQUES

Diamètre d'excavation :	7,40 m.
Bouclier - longueur :	8,35 m.
- poids :	380 t.
Poussée :	6 000 t. sur 32 vérins
Couple maximal :	5 500 K.N.m à 2 T/mn.
Puissance installée :	2 500 kW



Le tunnelier Martine

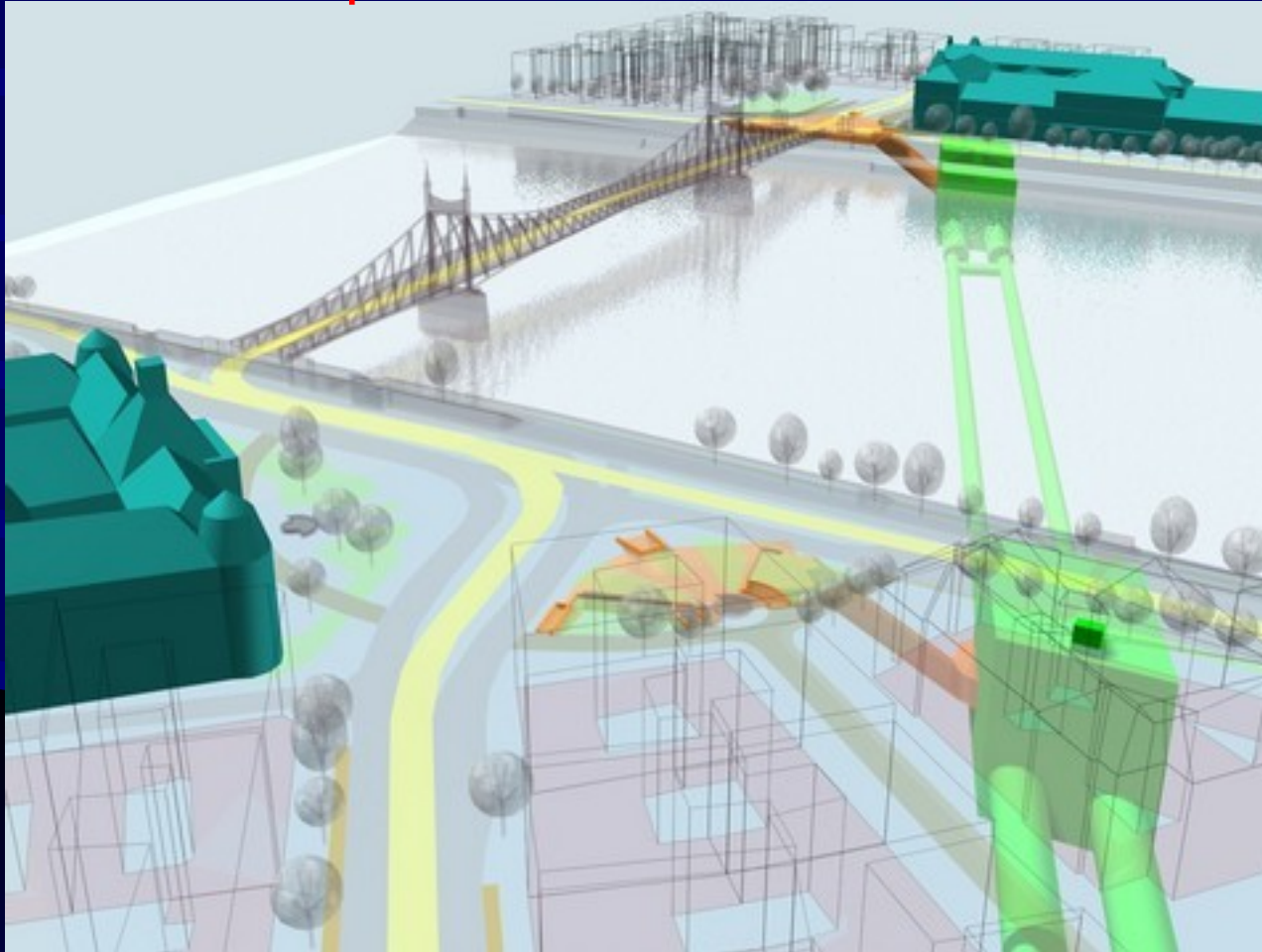


Metro Paris : R.E.R Ligne EOLE, Lot 35 B



5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno

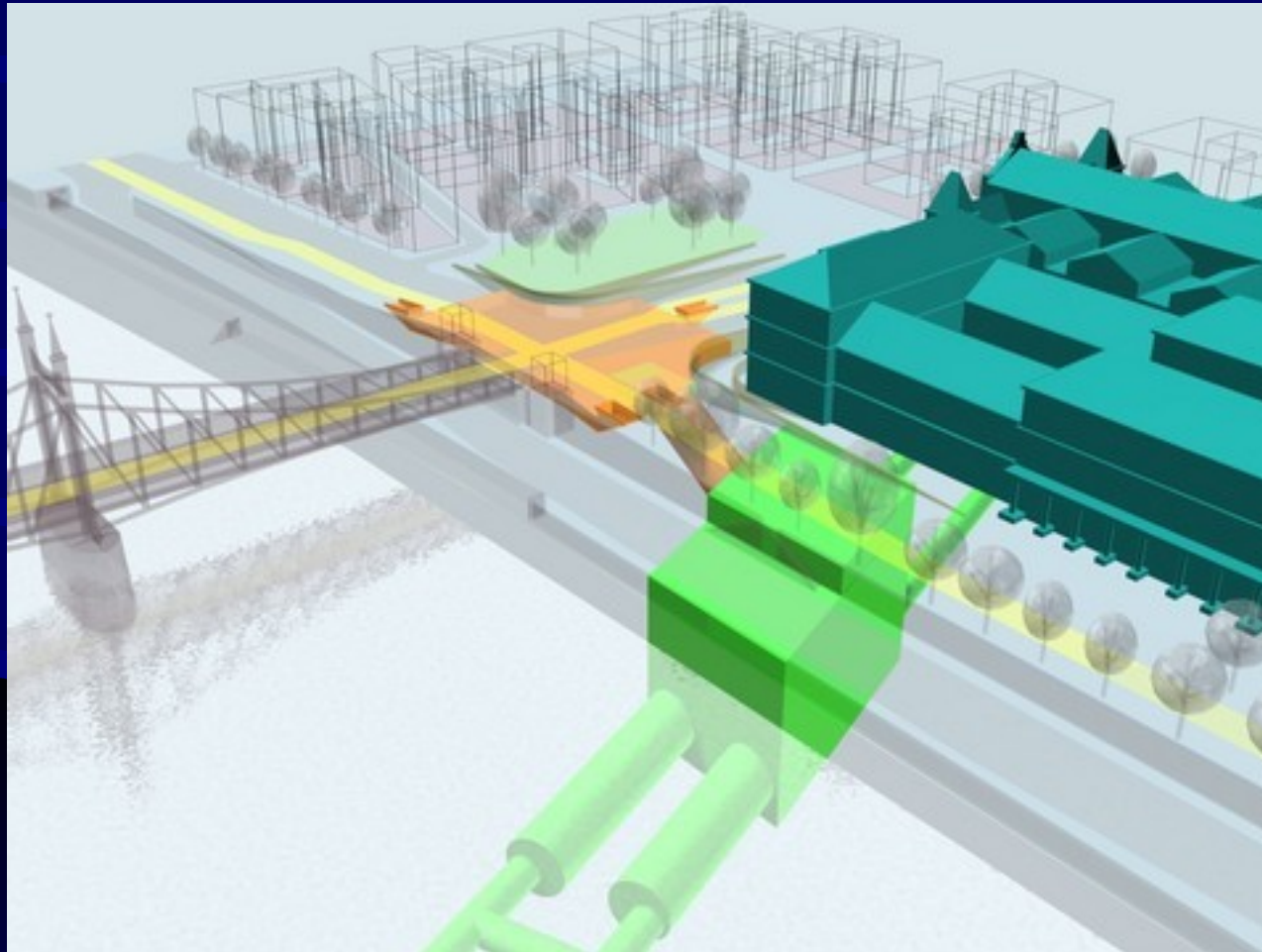


Metro 4 Line Budapest : Stanica Gellert i prijelaz Dunava prema stanici Fovam



5. Tehnologije i metode izvedbe

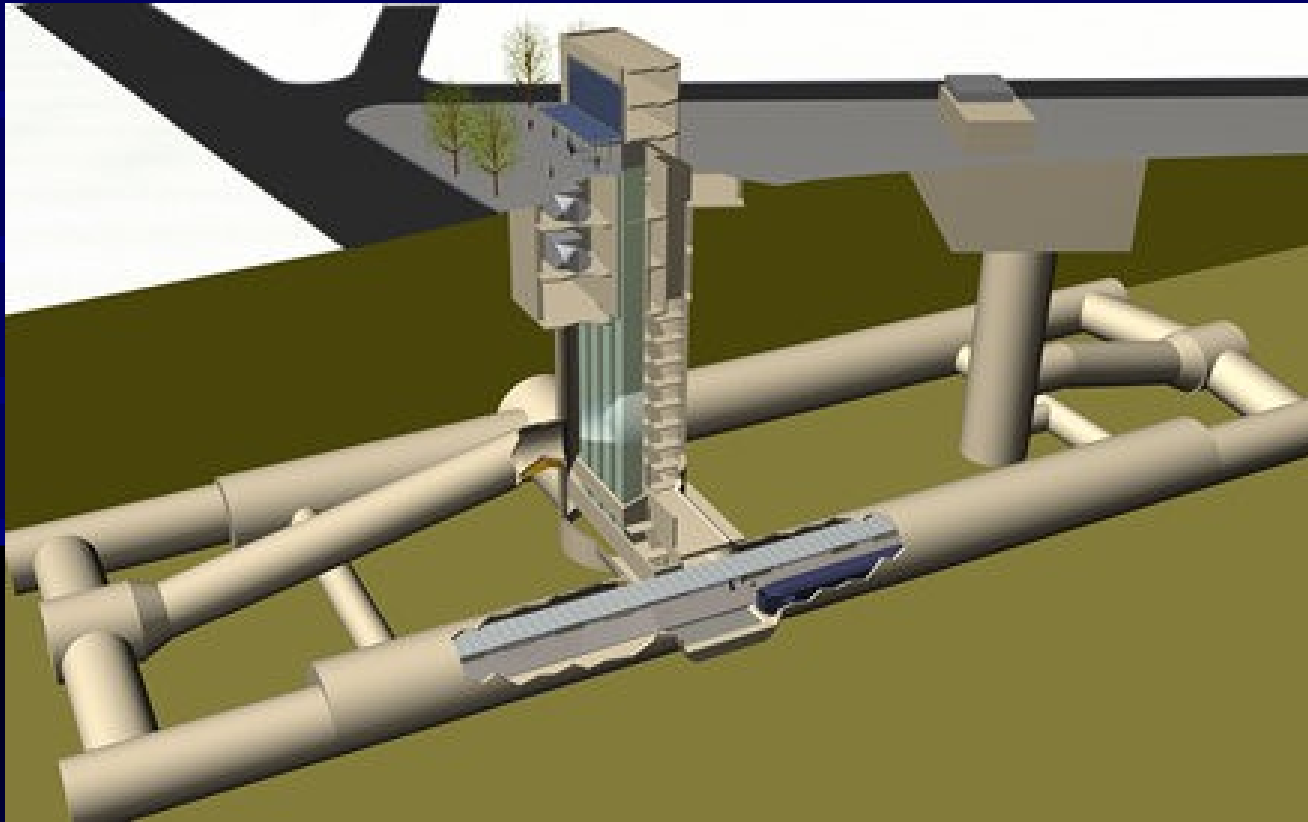
podzemno i nadzemno





5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno



Examples of mined construction sequences for Underground parts of LR lines :

Light Rail Seattle : Beacon Hill Station, Seattle USA



5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno



Linije R.E.R. "E",
sekcija 35B u
centru Pariza

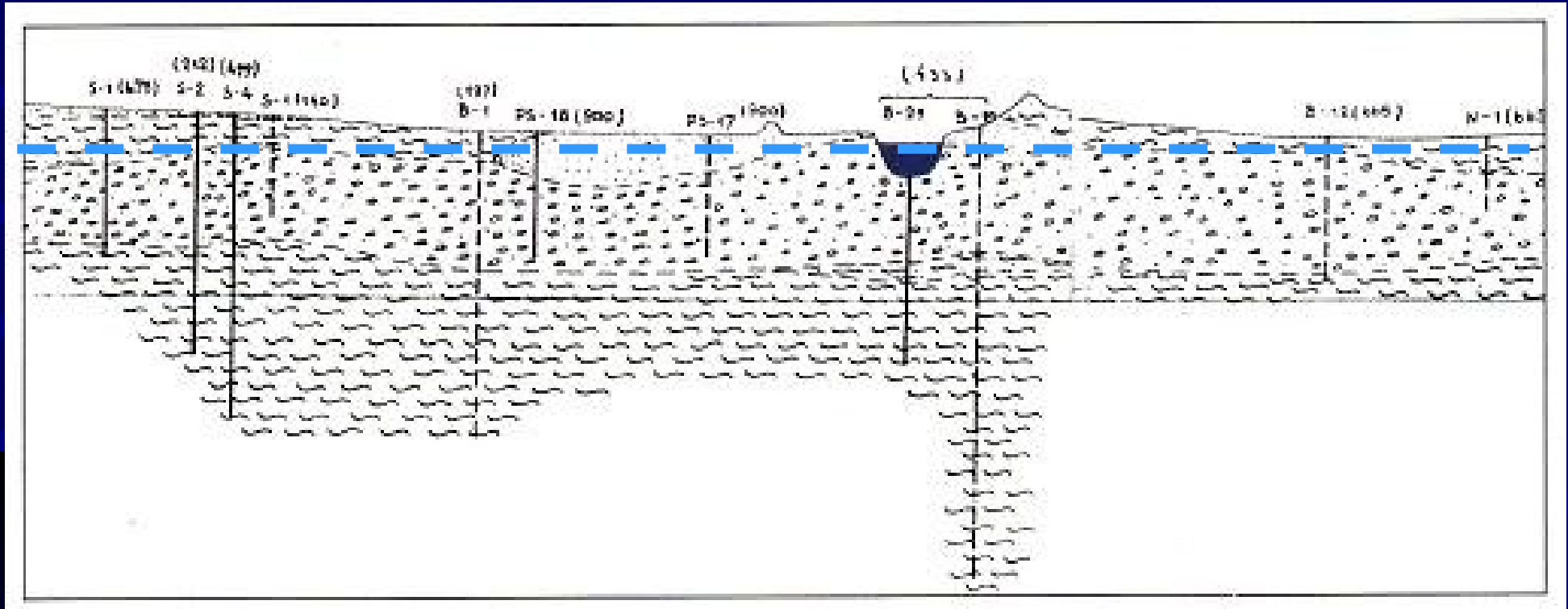
Konvencionalna
izvedba
tunelskih
kaverni na
početku
sekcije

Metro Paris : R.E.R Ligne EOLE, Lot 35 B



5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno

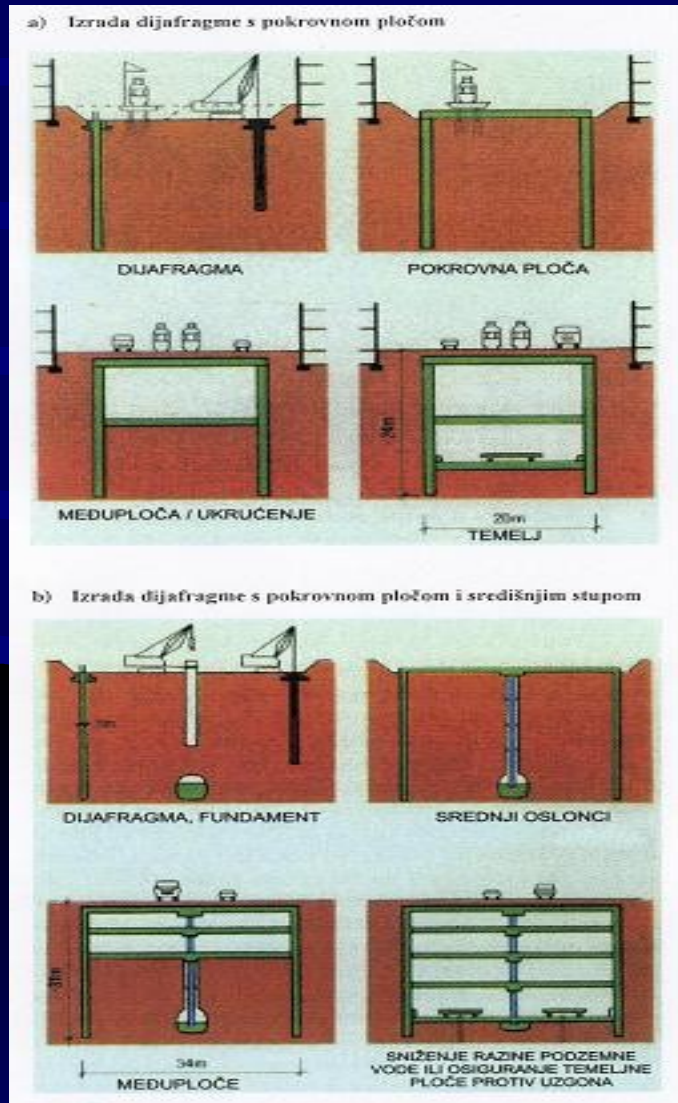


Metro Zagreb : Tipični geološki profil : šljunak (0-10 m) , glina (10-depth), podz.voda (-2.0 m ili skora na površini)



5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno



Examples of cut-and-cover construction sequences for Underground parts of LR lines :

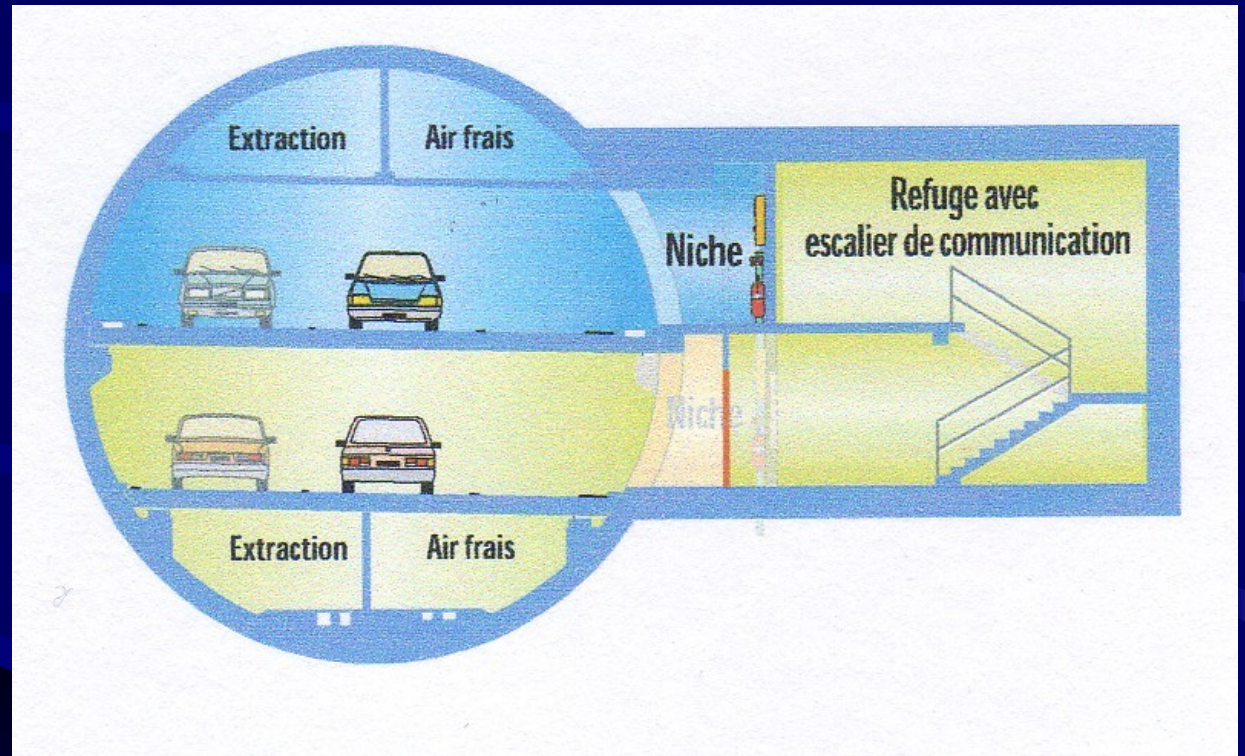
Underground station made ba TOP-DOWN method.

(example from Munich)



5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno



Wienerwaldtunnel i **SOCATOP Paris**, obilaznica Pariza A86

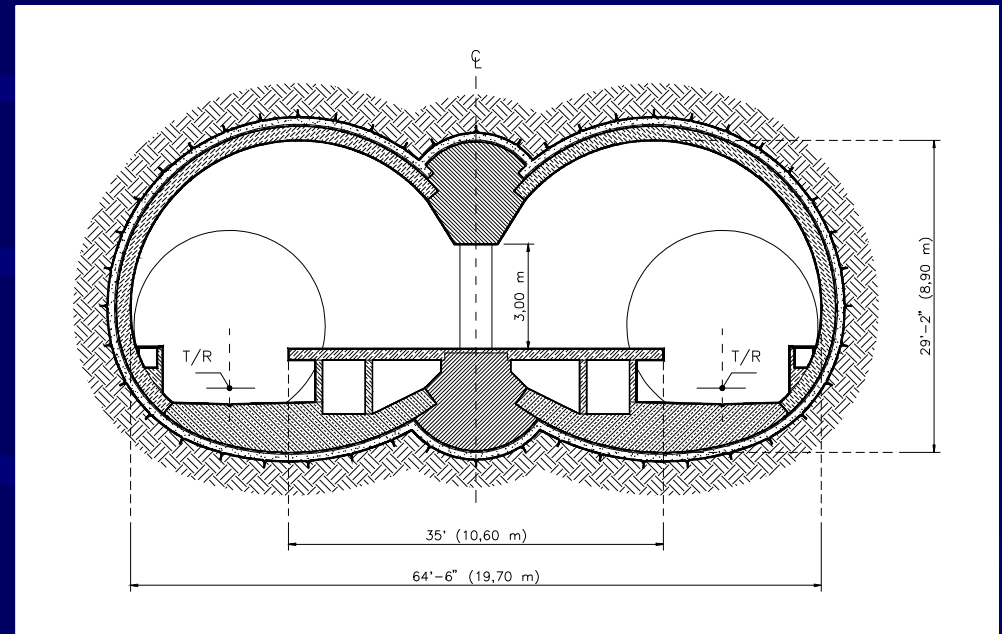


5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno



**TBS za tunel ispod
kolodvora u Grazu**

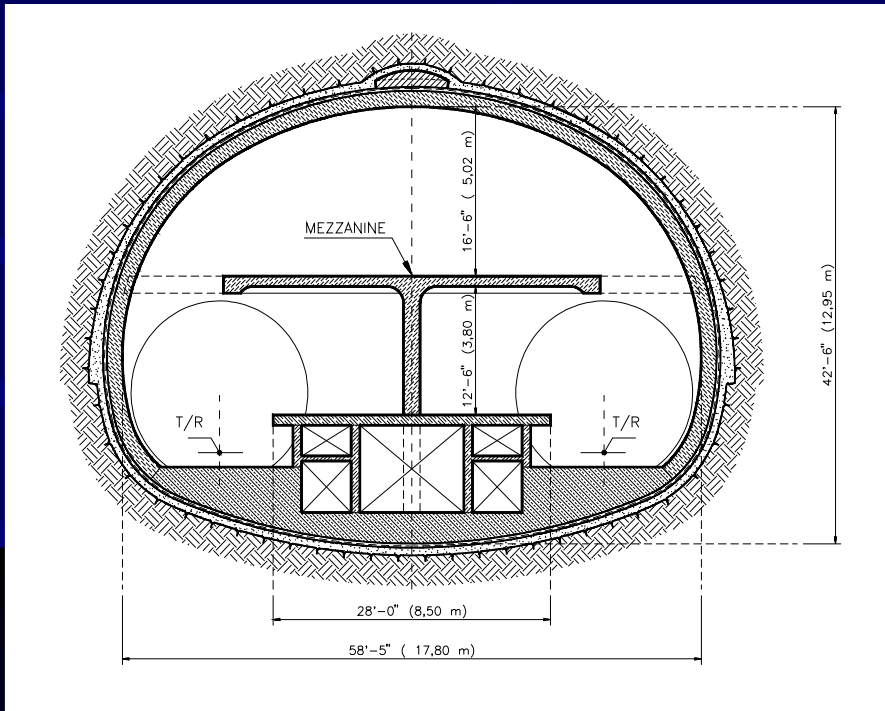


**Binocular station
Fort Totten Washington**

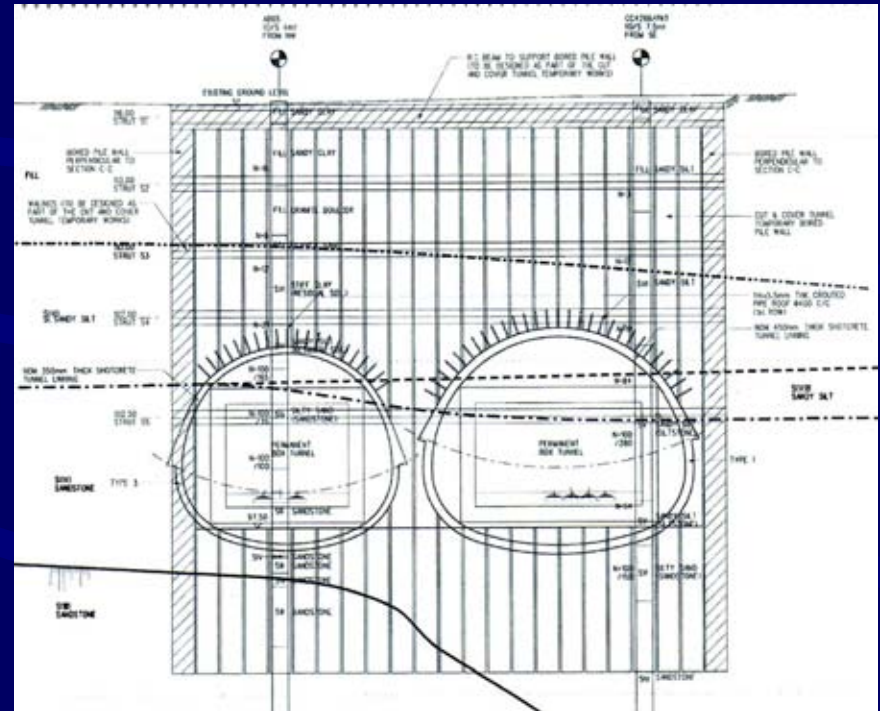


5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno



**Monocular station
Hollywood Highlands**

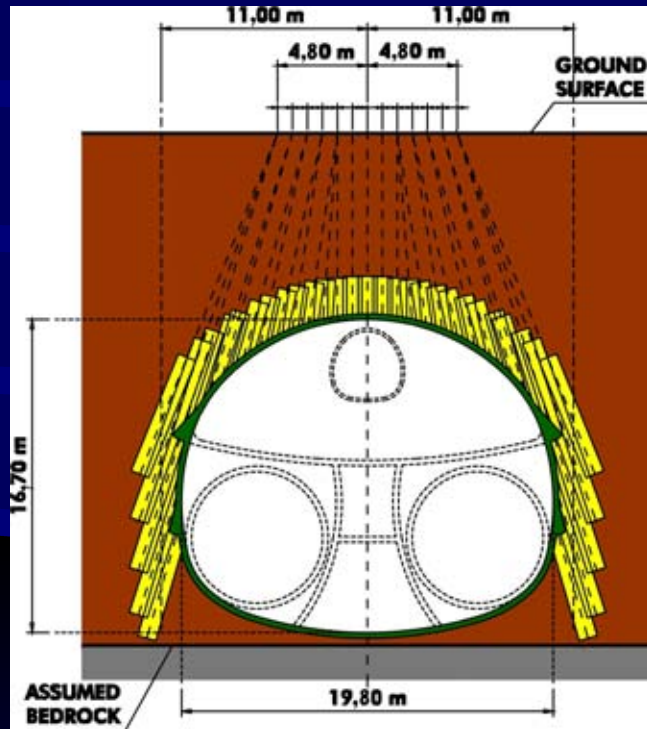


**Startne kaverne za TBS
Metro Singapore C855**



5. Tehnologije i metode izvedbe

podzemno i nadzemno



Vertikalno injektiranje
Minilas Ext. , Puerto Rico

Horizontalni pipe-jacking
Tuen Mun Underpass Hong Kong



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“

Ekologija

- bka
- zagađenje

Sigurnost

- u izvedbi
- u korištenju



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Hong Kong : Metro – light rail - rail



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Hong Kong : Metro – light rail - rail



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Hong Kong : Metro – light rail - rail



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Hong Kong : Metro – light rail - rail



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Hong Kong : Metro – light rail - rail



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Hong Kong : Metro – light rail - rail



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Hong Kong : Metro – light rail - rail



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Hong Kong : Metro – light rail - rail



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Hong Kong : Metro – light rail - rail



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Hong Kong : Metro – light rail - rail



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Hong Kong : Metro – light rail - rail



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Primjer nadzemne stanice :
McLELLAN Station in Seattle, USA.



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“

Mit dem Neubau des Hauptbahnhofs, dem zentralen Busterminal und einer großen witterungsgeschützten Radabstellanlage entsteht eine Drehscheibe für alle umweltfreundlichen Verkehrsformen als attraktive Alternative zur privaten Pkw-Nutzung.

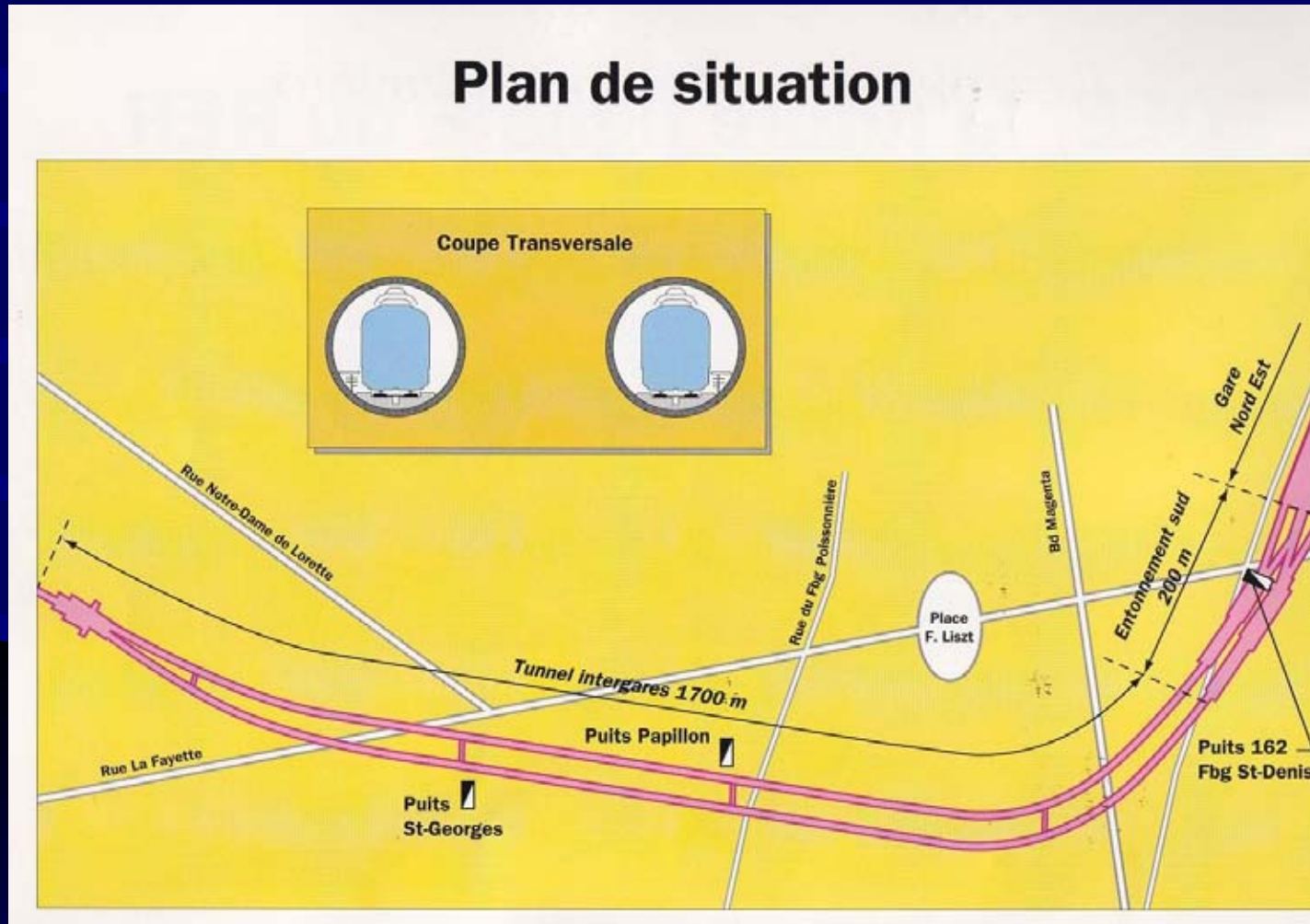


“Mini U-Bahn” Linz

Light rail Linz kao dio projekta :“Nahverkehrsdrehscheibe”



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Metro Paris : R.E.R Ligne EOLE, Lot 35 B



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



**Podzemna željeznička stanica Boulevard Hausmann / St.Lazare
Peron jedne od linija na dubini -40 m ispod površine**



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Podzemna željeznička stanica Condorcet / St.Lazare



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“

Novi “križni” glavni kolodvor Berlin

Neuer Berliner Hauptbahnhof wird eröffnet

Berlin Hauptbahnhof-Lehrter Bahnhof – Europas größter Kreuzungsbahnhof

Grundsteinlegung September 1998
Inbetriebnahme 28. Mai 2006
Kosten (geschätzt) 700 Mio. Euro

Neue Streckenführung für Fernverkehr

- Mehr als 1.000 Züge (inkl. S-Bahn) täglich
- Bis zu 50 Millionen Passagiere pro Jahr
- Fünf Verkehrsebenen auf 430m x 430m Fläche
- 1 Zwei Bürotürme mit rund 50.000 m² Grundfläche, 46 m hoch
- 2 160 m lange und 27 m hohe Bahnhofshalle in Nord-Süd-Achse
- 3 321 m lange gläserne Halle in Ost-West-Achse
- 4 54 Rolltreppen und 34 Aufzüge, darunter sechs Panoramaaufzüge
- 5 Parkhaus mit 900 Stellplätzen

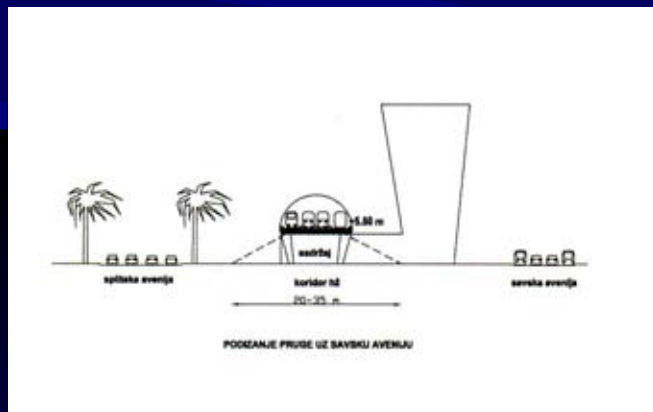
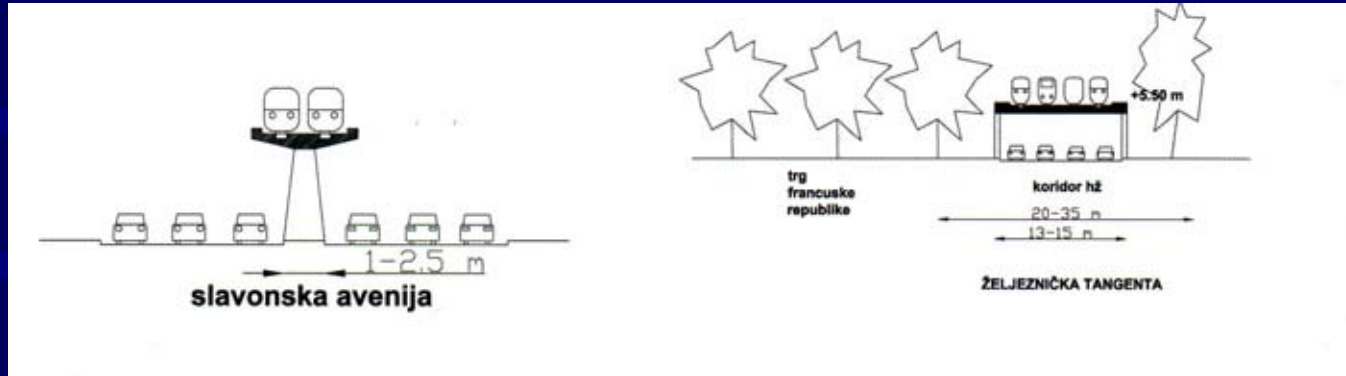
Grafik: © APA, Quelle: APA/dpa/Weltwoche

APA

podzemno-nadzemna željeznička stanica



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



Podizanje pruge u gradu Zagrebu
je rješenje iz 1950 godine ?!

Željeznički koridor kroz grad nije mjesto
s točkama interesa putnika .

Stoga ne može služiti javnom dnevnom
gradskom prometu !!



6. Suvremeni pristup : ekologija, sigurnost i „arhitektura za ljude“



New York : Izdignuta željeznica u gradskoj sredini od 1868

Od 1904 počelo je demontaža gradskih željezničkih mostova i spuštanje linija u podzemlje s prelaskom u metro-sustav.



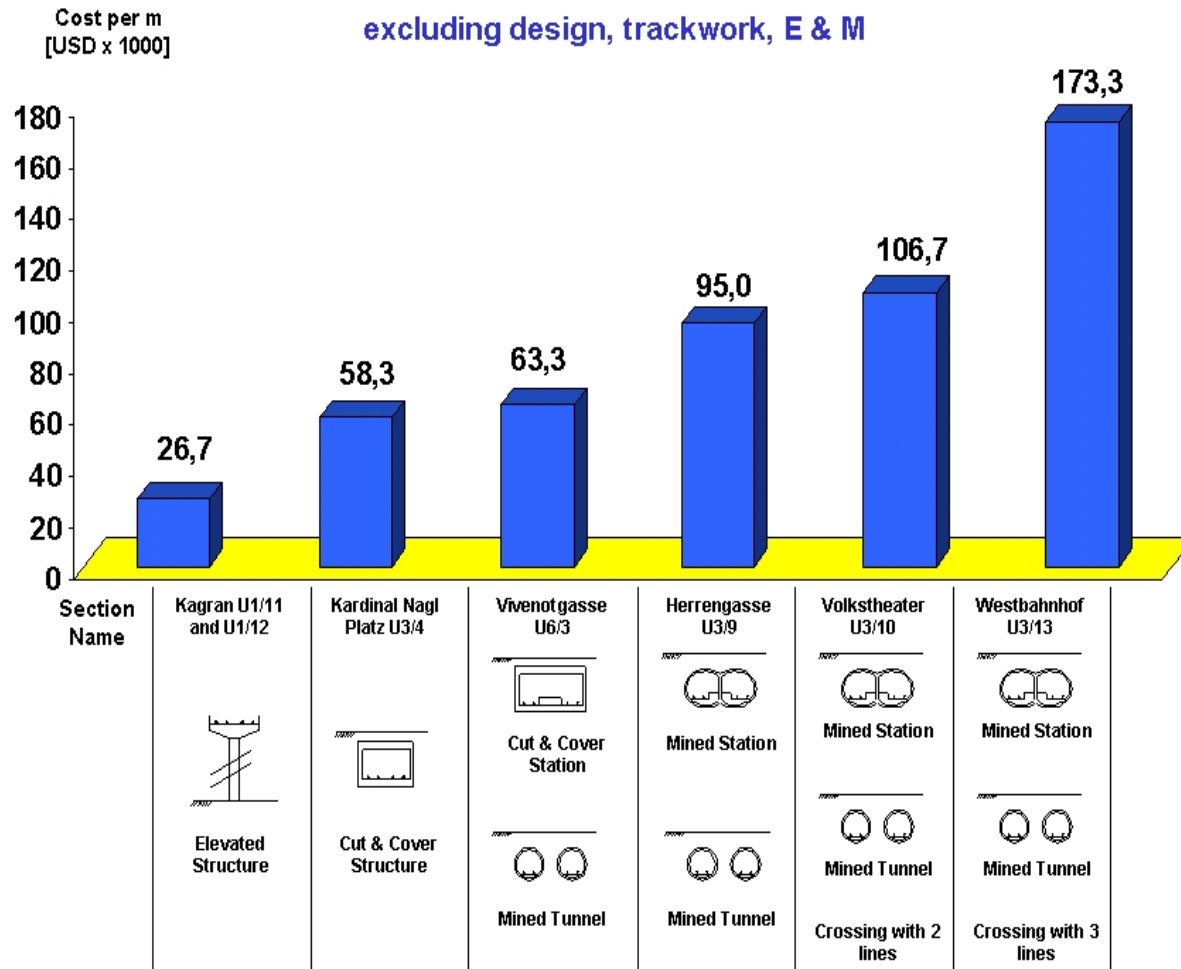
7. Oblici financiranja : primjeri iz svijeta

privatno, javno , privatno+javno, privatno

VIENNA SUBWAY (1995)

Contract Type: Client Design-Bid-Build

COST OVERVIEW excluding design, trackwork, E & M



Average costs for typical structures that were constructed on Vienna Subway.

(Source from 1995).



7. Oblici financiranja : primjeri iz svijeta

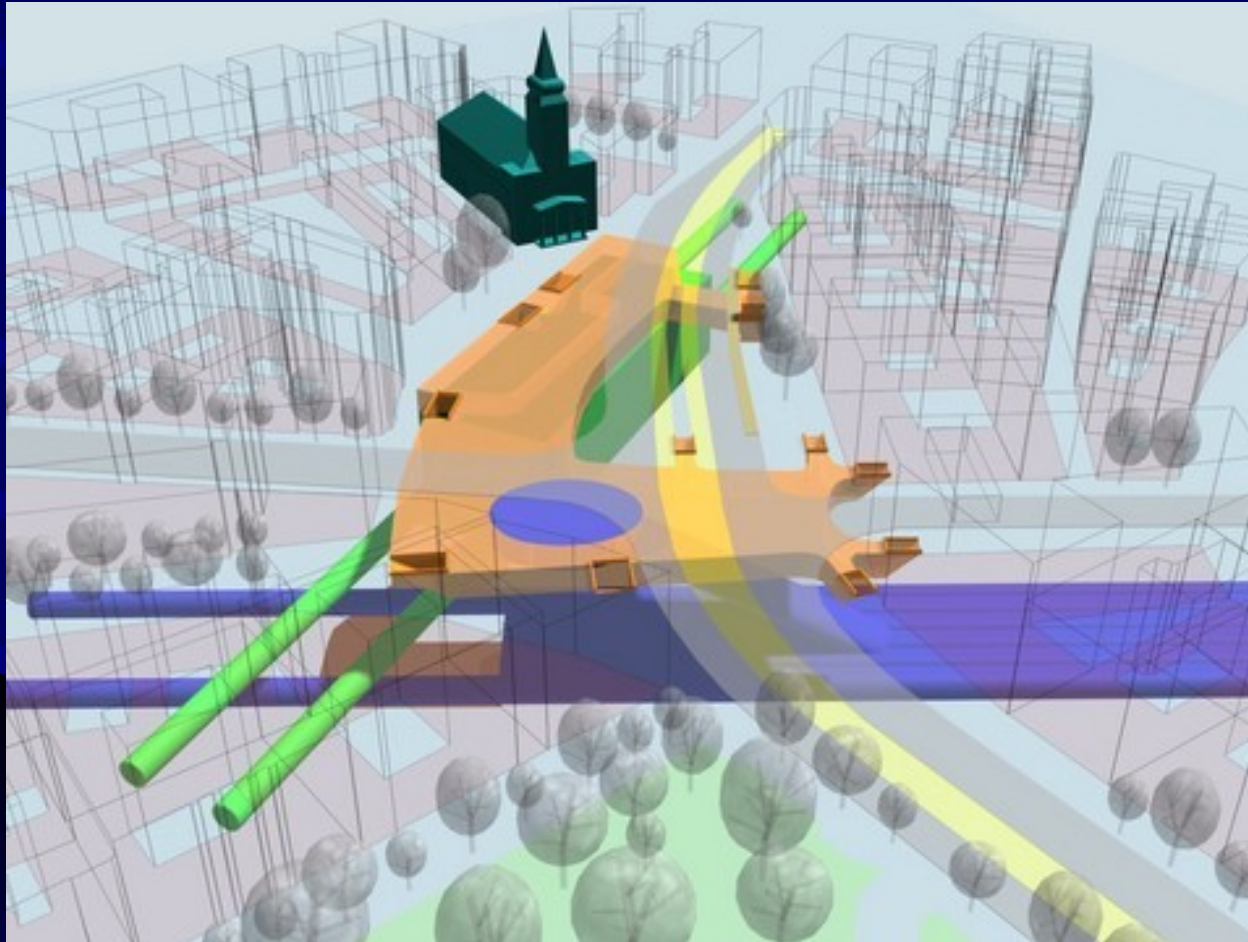
privatno, javno , privatno+javno, privatno

- “Metro” Zagreb :
- Tunnel works : 45.000,- €/m
- Viaduct parts : 25.000,- €/m
- Bridge over Save : 3.500,- €/m²
- Surface lines : 15.000,- €/m
- Overall costs :
- 1st Line, 1st Phase (8 km) 2.0 bill. HRK (300 mil. €)



7. Oblici financiranja : primjeri iz svijeta

privatno, javno , privatno+javno, privatno



Metro 4 Line Budapest : stanica Calvin na sjecistu s drugim linijama metroa