

Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Introduktion
- Forudsætninger for projektet
 - grundlag for horisontal geometri
 - grundlag for vertikal geometri
 - normgrundlag
- Arbejdsmetode
- Resultater



Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Introduktion

Først lidt om mig selv:

Klaus Hoffmann-Petersen

- vejingeniør
- i COWI siden 1979 !!!
- deltaget i mange store projekter:
 - motorvejsprojekter i Iraq
 - Storebælt
 - Kastrup station (Øresundsforbindelsen)
 - Københavns første metro med efterfølgende forpladser
 - forundersøgelser til metro Cityring
 - Qatar – Bahrain Causeway
 - udvidelsen af Motorring 3
 - lufthavnsprojekter i Muscat og Salalah i Oman (vejanlæg)



Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Introduktion

Design af tunnel, skakt og stationskonstruktioner *inklusiv* linieføring (MCW kontrakten) overdraget til et joint-venture mellem

- COWI
- Arup (England)
- Systra (Frankrig)

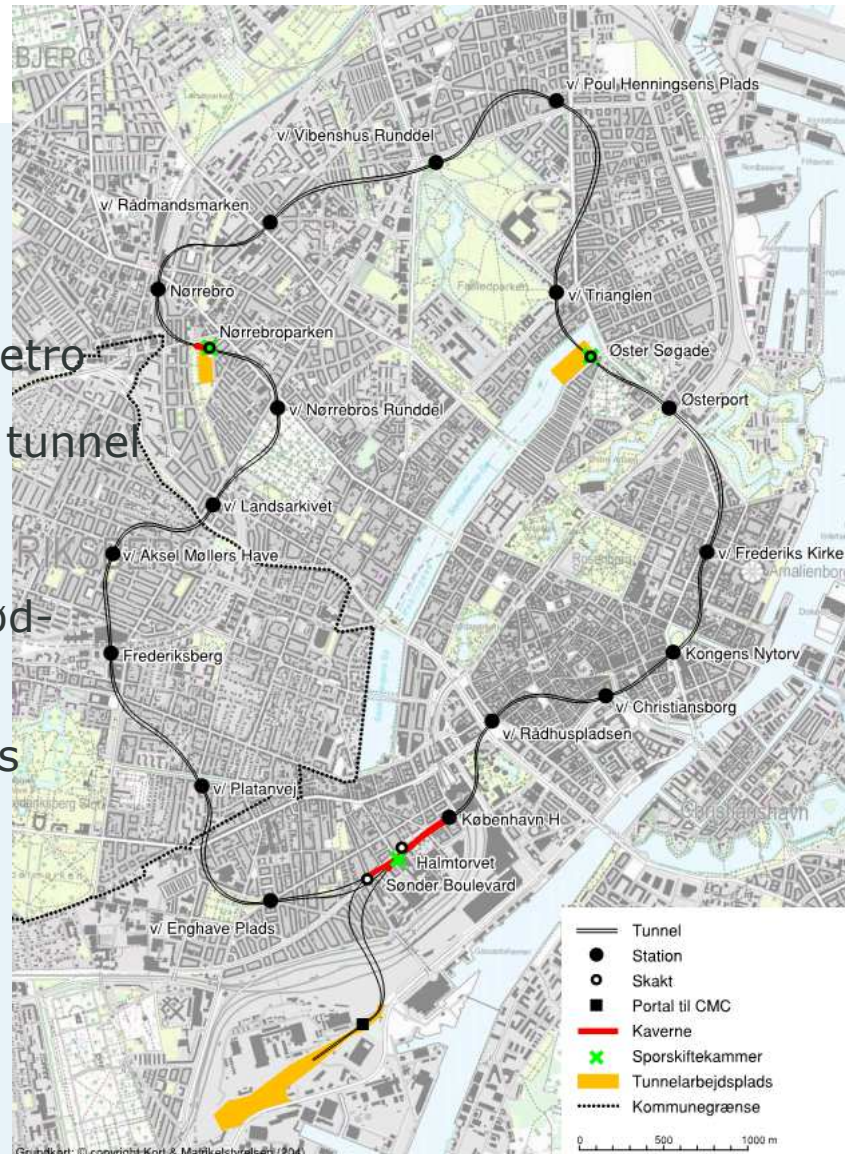
i efteråret 2007.

Forud var gået undersøgelser for linien af flere omgange (2003, 2004 og 2006) med mange liniealternativer



Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Lidt kort om Cityringen:
 - fuld automatisk førerløs metro
 - ca. 15.5 km dobbelt boret tunnel
 - 17 stationer
 - 3 skakte (ventilation og nødudgang)
 - Kontrol og vedligeholdelsescenter (CMC)



Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Rådgivning i forbindelse med Cityringen:
 - anlægsprojektering
 - tunnel
 - skakte
 - stationer
 - kaverner
 - M&E (installationer)
 - arkitektur
 - miljøundersøgelser



Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Cityringen – design faser:
 - fase 1: konceptuel design - 6 mdr.
 - fase 2: udbudsdesign og prækvalifikation – 14 mdr.
 - fase 3: udbud og udbudsvurdering – 10 mdr.
 - fase 4: projektopfølgning og kontrol af entreprenør design – 8 år
 - forventet indvielse – 2018

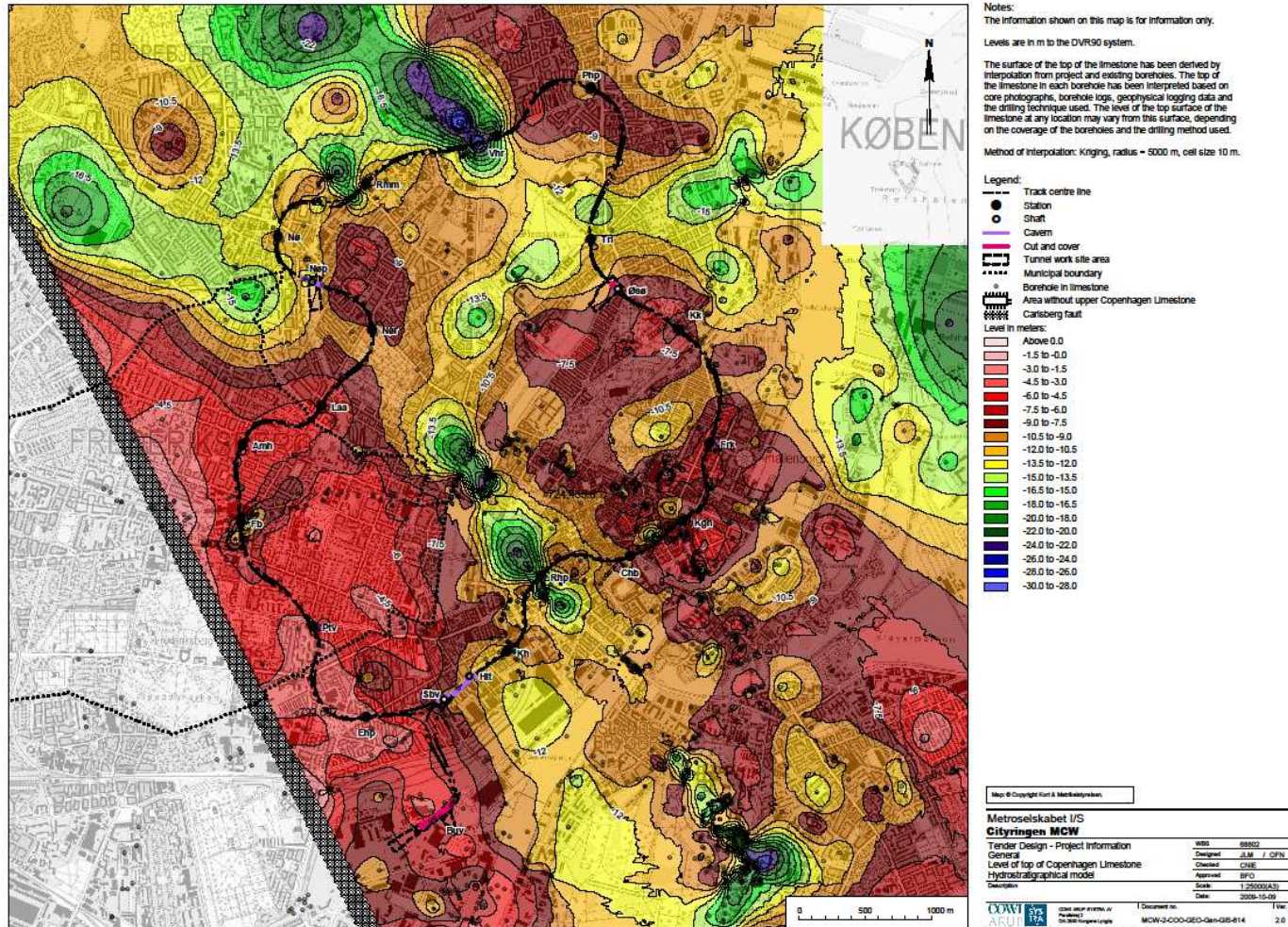
Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Forudsætninger
 - Primært grundlag
Horizontal geometri
 - politiske beslutninger vedr. stationsplaceringer
 - placeringer bl.a. afhængige af ejerforhold, adgangsforhold / trafikale forhold (permanent og under anlæg), nuv. bygninger samt ikke mindst omfanget af ledninger og deres mulighed for omlægning
 - mulige placeringer af skakte og underjordiske kamre (kaverner)
 - trafikforhold for metro (placering af evt. fragreninger til andre linier, behov for og placering af sporkrydsninger og opstillings-/vendespor (under TS kontrakt)
 - placering af kontrol- og vedligeholdelses center (CMC)

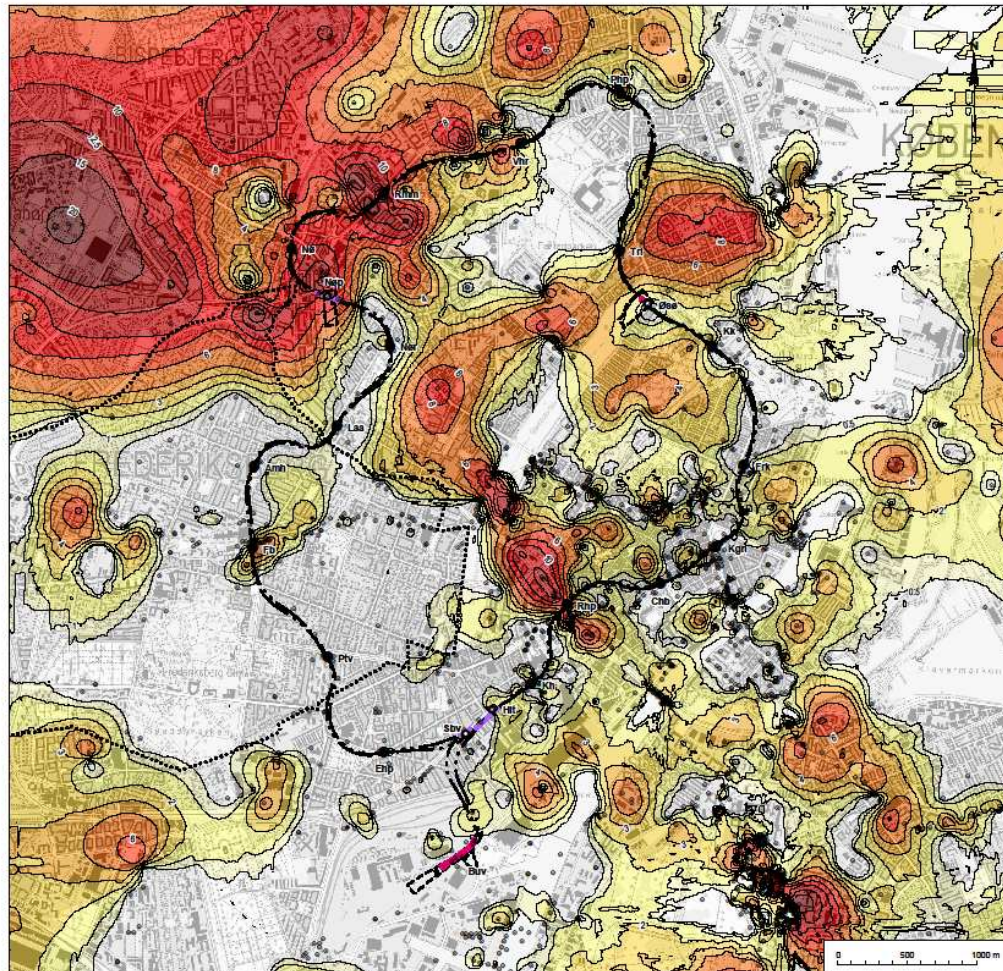
Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Forudsætninger (fort.)
 - Primært grundlag
Vertikal geometri
 - Geologi
 - datagrundlag fra boringer omkring fremt. stationer og skakte samt langs linien ("høj kvalitets" boringer)
 - grundlag fra boringer udført i forbindelse med eksisterende metro samt andre boringer i "omegnen" af Cityringen
 - diverse programmer til registrering og behandling af data (Geo-GIS), Holebase (primær database for geo relaterede data)
 - manuel tolkning af data (meget tidskrævende) på baggrund af ovenstående data samt program (Mike Geo Model) til generering af flader af forskellige geologiske lag
 - snit i de forskellige flader ud fra 3D linier (foretaget med Mike Geo model)

Københavns Metro Cityringen, linieføring



Københavns Metro Cityringen, linieføring



Notes:
The information shown on this map is for information only.
The thickness of lower sand/gravel has been derived by interpolation from project and existing boreholes. The top and base of this layer has been interpreted following the guidelines in CW-PI-3.
The thickness of the layer at any location may vary from the thickness presented on the map, depending on the coverage of the boreholes and the drilling method used.

Method of interpolation: Kriging, radius = 5000 m, cell size 10 m

- Layers in the Hydrogeological model:
- Layer 1: Fill (including some postglacial deposits)
 - Includes postglacial organic soils (PG1)
 - Includes post and lateglacial clay (PG3, SL) if underlain by upper sand/gravel (Layer 2)
 - Layer 2: Upper sand/gravel
 - Includes post and lateglacial sand and gravel (PG2, SS)
 - Layer 3: Upper till and upper clay/silt
 - Includes post and lateglacial clay (PG3, SL) if upper sand/gravel (Layer 2) is absent
 - Layer 4: Middle sand/gravel
 - Layer 5: Lower till and middle/lower clay/silt
 - Layer 6: Lower sand/gravel
 - Layer 7: Selandian green sand
 - Layer 8: Upper Copenhagen Limestone

- Legend:
- Track centre line
 - station
 - Shaft
 - Cavern
 - Cut and cover
 - Tunnel work site area
 - Municipal boundary
 - Borehole

- Thickness in meters:
- 0 to 0.5
 - 0.5 to 1.0
 - 1.0 to 2.0
 - 2.0 to 3.0
 - 3.0 to 4.0
 - 4.0 to 6.0
 - 6.0 to 8.0
 - 8.0 to 10.0
 - 10.0 to 12.5
 - 12.5 to 15.0
 - 15.0 to 20.0
 - > 20.0

Map © Copyright COWI & Matrikkelstyrelsen

Metroselskabet I/S
Cityringen MCW

Tender Design - Project Information		WWS	58802
General		Designed	A.M. J. OFN
Thickness of lower sand/gravel, layer 6		Checked	CNE
Hydrostratigraphical model		Approved	BFO
Description		Scale	1:25000(A3)
		Date	2009-10-09

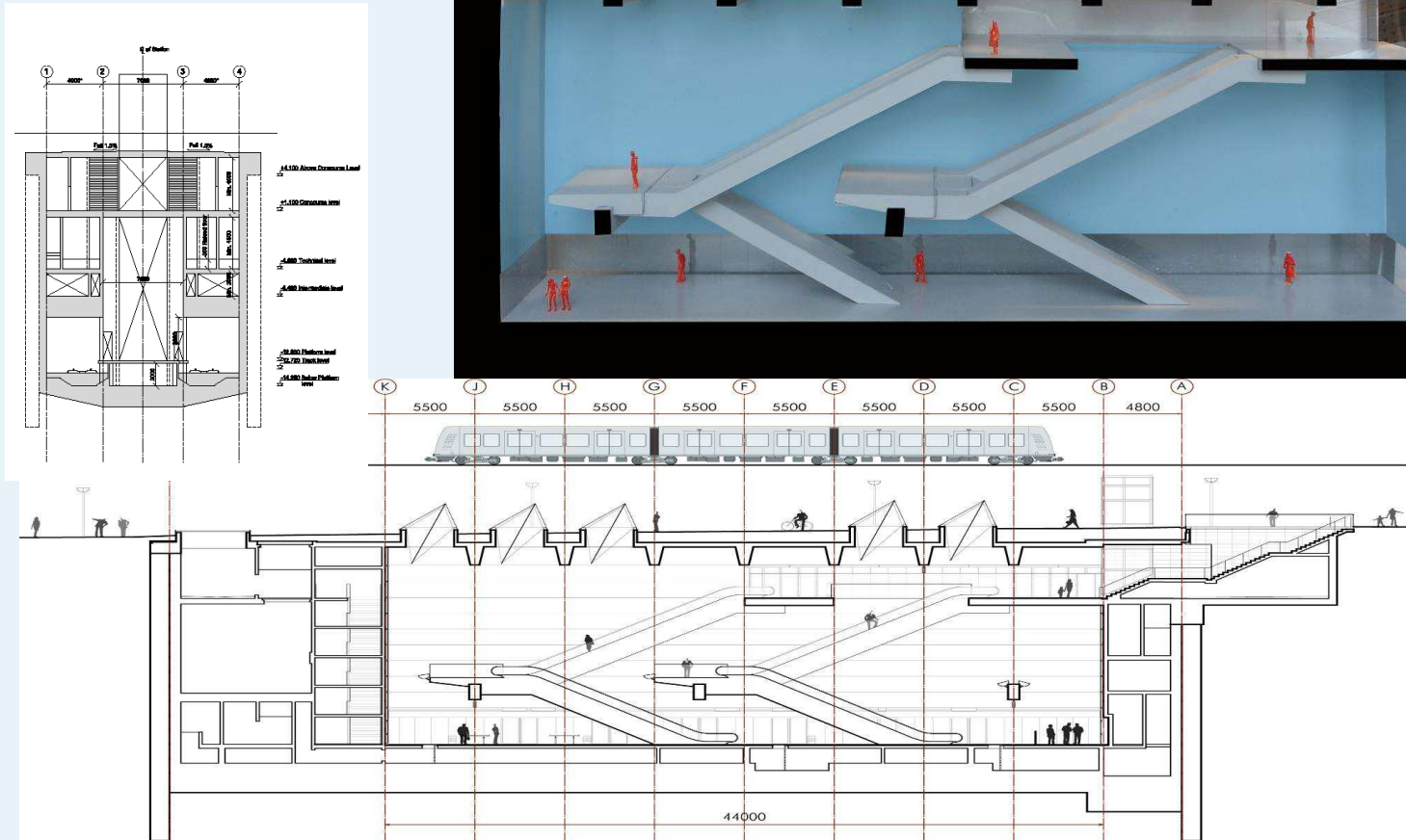
COWI A/S
 Copenhagen
 Denmark
 MCW-2-COO-GEO-Gan+GIS-410
 2.0
 Date: 2009-10-09

Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Geologi (fort.)
 - hydro data tages fra borer og benyttes som grundlag til placering af kritiske områder (vandførende lag) for placering af underjordiske kamre
 - vandførende lag ikke så kritisk for placering af stationer og tunnel
 - de tolkede geologiske flader kan efterfølgende eksporteres til x,y,z tekst filer, der kan tages ind i InRoads, således at fladerne umiddelbart kan anvendes og vises i forbindelse med InRoads arbejdet (ikke primær kilde til geologiske data, men spejling af geo database for nemmere anvendelse i forbindelse med linieføringsarbejdet)
 - vertikal linieføring af de enkelte spor (tunnelrør) lægges ind, således at tunnelen enten ligger helt nede i kalken eller helt over kalken (forskellige boremetoder) – helst ikke i overgangszonen
- Stationstype
 - dyb, lav, halvdyb

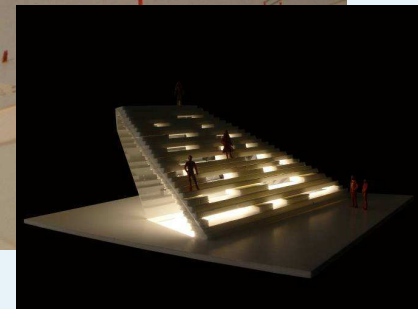
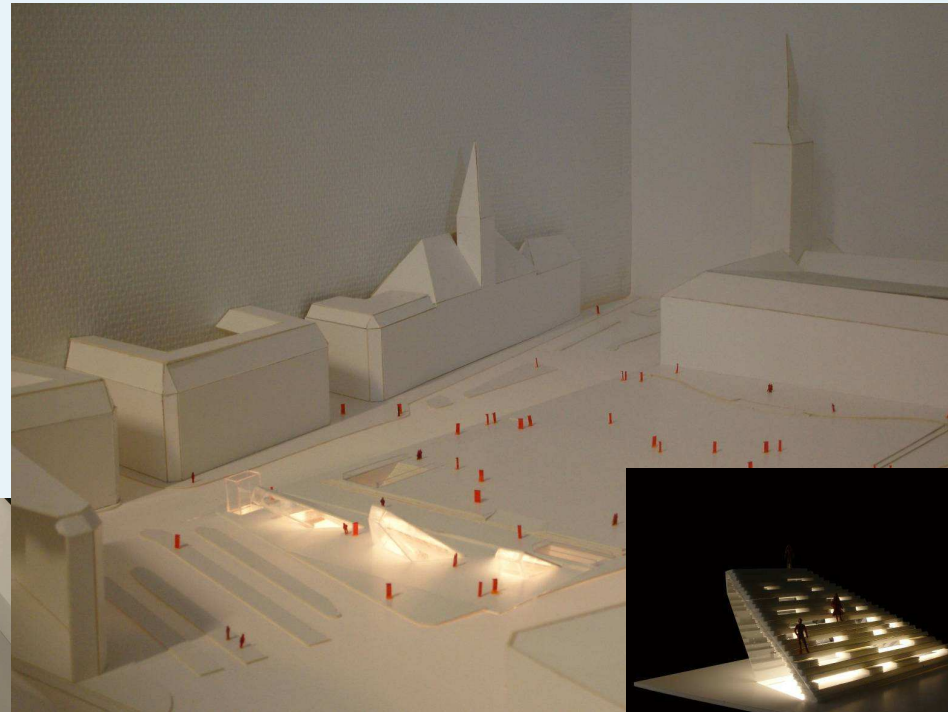
Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Eksempel på dyb station:



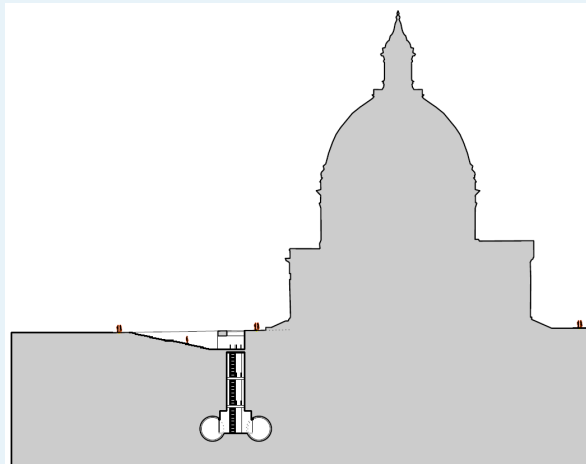
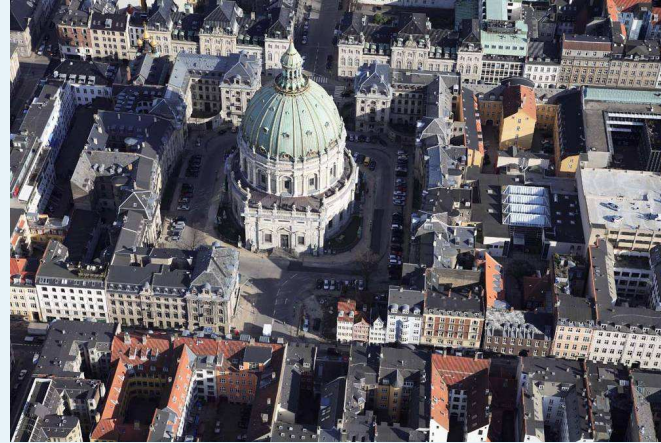
Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Lidt arkitektoniske tanker:



Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Speciel station: v/ Frederikskirken



Københavns Metro

Cityringen, linieføring

- Køretid
 - Så kort køretid for gennemkørsel af Cityringen som muligt aht. konkurrence fra andre trafikmidler i området (primært busser fra Nørrebro mod centrum)
- Normgrundlag
 - Tyske regler for bybaner (sporvogne / light rail / metro)
 - BoStrab-Trassierungsrichtlinien, nr. 149)
(som er benyttet direkte ved den nuv. metro)
 - men bygger også på en skelen til danske sporregler og ikke mindst komfort kriterier
 - max. hastighed 90 km/t (80 km/t for nuv. metro)
 - komfort i kurver reduceret i forhold til nuv. metro (større "overhøjdeunderskud")

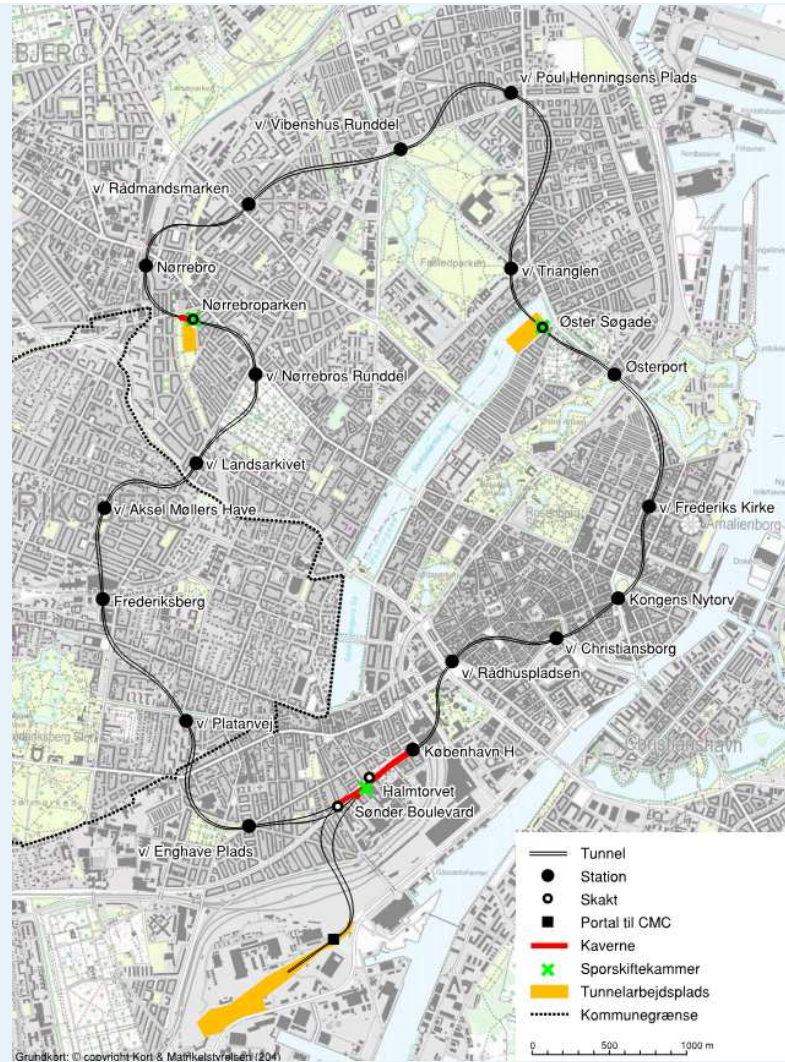
Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Normgrundlag (fort.)
 - kraftig skelnen mellem komfortkrav og sikkerhedsmæssige krav
 - gennemsnitshastighed som nominel hastighed i kurver, dvs. variationer (+/-) pga. den automatiske styring af hastighed ligger udover den normale komfortvurdering
 - dvs. alt er gjort for at presse hastigheden så meget som muligt
 - komforten vil formentlig føles mindre end i den nuv. metro (men den er også meget fin !)

Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Arbejdsmetode
 - linieføring parallel med stationer (perroner) fra 10 m før til 10 m efter perron bestemmer retninger ved alle stationer (17 stk.)
 - evt. fikspunkter undervejs ved skaktplaceringer
 - gerne en tunneldiameter (eller mere) mellem de enkelte rør (ned til ½ diam. ved stationer og kamre)
 - sikkerhedskoncept: tidligere 20 skakte pga. maks afstand til nødudgang på 600-700 m, men nu dette krav bortfaldet grundet ændret brandslukningskoncept
 - nu kun 4 skakte i forbindelse med underjordiske kamre til sporkrydsninger og fragreninger
 - resultat: "krøllet" linieføring

Københavns Metro Cityringen, linieføring



Københavns Metro

Cityringen, linieføring

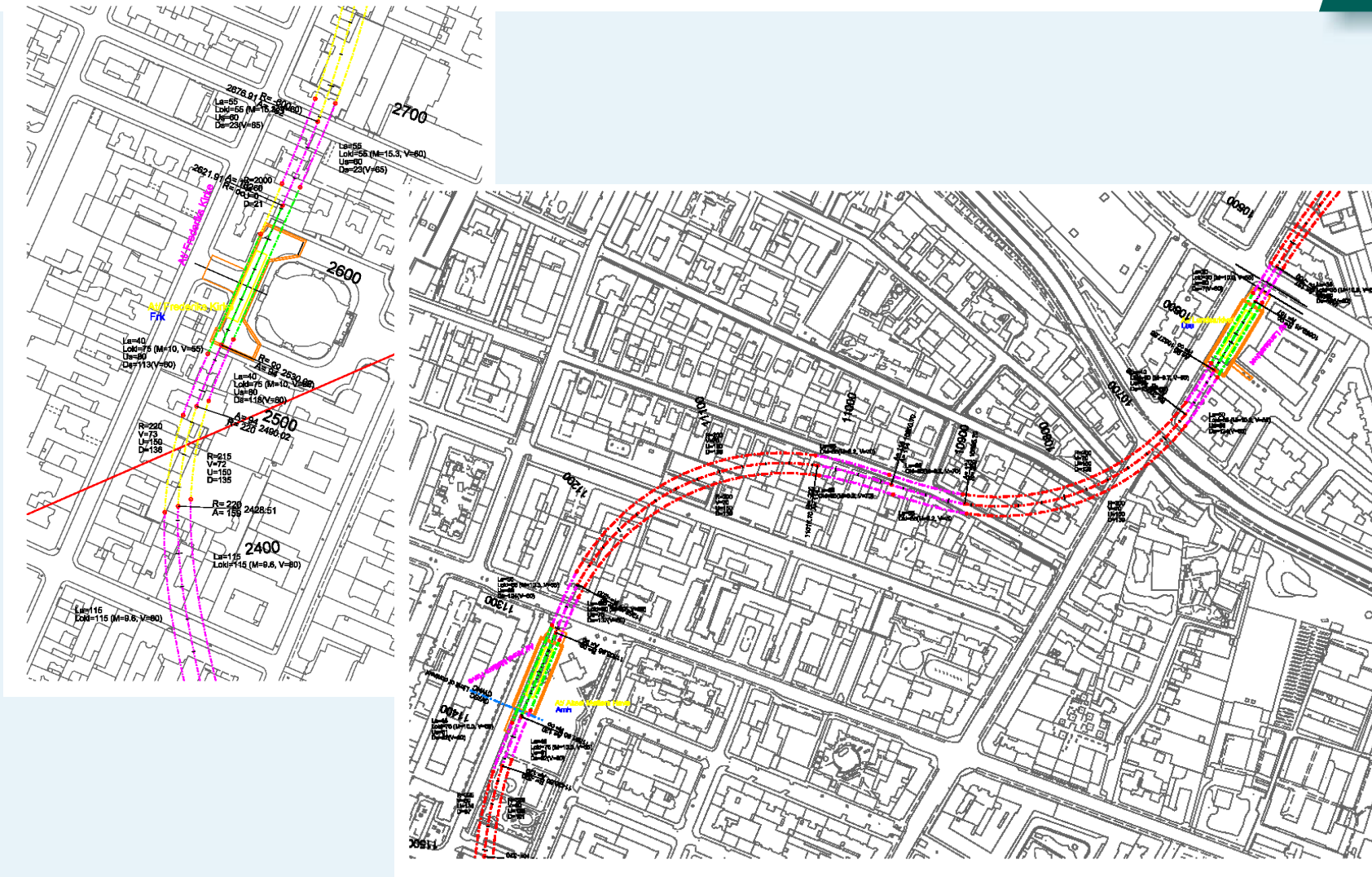
- Arbejdsmetode (fort.)
 - normal mindste radius uden hastighedsnedsættelse 330 m kan ikke overholdes ret mange steder
 - mindre radier lægges tæt på stationer, hvor hastigheden alligevel er mindre
 - komfortkrav vedr. sammenfald af overhøjderamper og vertikal kurver medfører stærke krav til enten lange overhøjderamper eller store vertikalkurver
 - pga. forholdsvis stor acceleration opnås hurtigt relativ høj hastighed med deraf følgende krav til stor overhøjde
 - lange overhøjderamper i nærheden af stationer klares ved at lade rampen gå ud over overgangskurverne (klotoider) og ind i cirkelbuerne (fastlåst spor reducerer vedligeholdelse)

Københavns Metro

Cityringen, linieføring

- Arbejdsmetode (fort.)
 - for at undgå uheldige sammenfald mellem overhøjderamper og vertikalkurver kan der benyttes store kurveradier, der ikke behøver overhøjde (er benyttet både ved stationer og på fri strækning, hvor der er behov for retningsændring, men ikke plads til klotoider)
 - ved hurtige "dyk" ud af stationer aht. geologiske og bygningsmæssige forhold benyttes absolutte min. og max. værdier for vertikal kurver og hældninger, men dette medfører, at den horisontale linieføring skal være retliniet
 - der anvendes en minimums hor. radius på 190 m (aht. tunnelbore maskinen), men ellers så stor mulig
 - min. vert. radius 625 m, men ellers anvendes 1000/2000 m (uden og med overhøjde etablering)
 - både fælles referencelinie (HRL) og sporcenterlinier

Københavns Metro Cityringen, linieføring

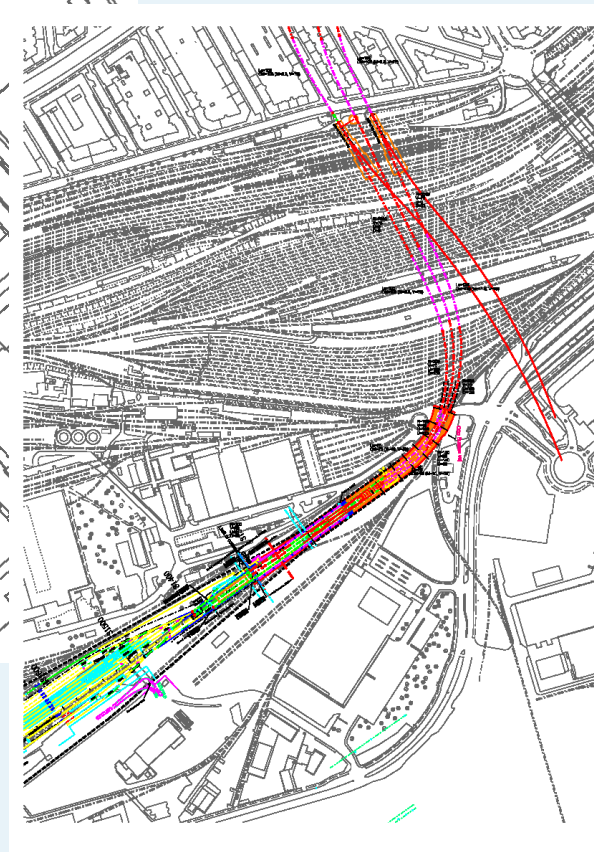
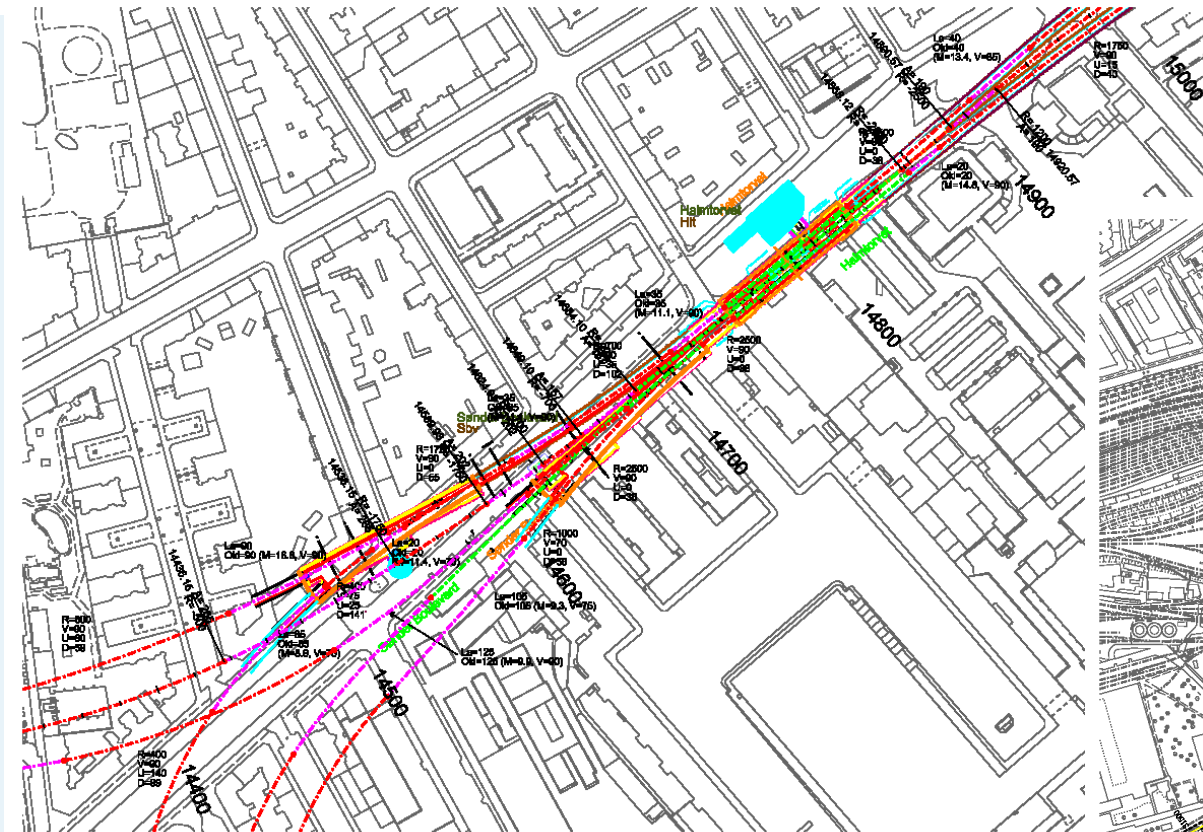


Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Arbejdsmetode (fort.)
 - komplicerede forhold ved afgreninger
 - modsatrettede krav:
høje hastigheder -> lange sporskifter -> store konstruktioner -> dyrt

knap så dyrt -> mindre konstruktioner -> kortere sporskifter -> lavere hastigheder
 - hastigheden påvirker kørsels-/driftsmønstret
 - minimum ½ tunneldiam. mellem tunnelrør ved skæring (vertikalt)
 - fremtidige afgreninger medfører krav til linieføring (hor. og vert.)
 - afgrening mod CMC (og fremtidig linie mod Sydhavnen)
 - afgrening indbygges i Cityringen ved Sdr. Boulevard og Halmtorvet
 - der er forberedt for fremtidig afgrening mod Sydhavnen under nuv. baneterræn (medfører krav til linier mod CMC)

Københavns Metro Cityringen, linieføring



23
10 nov 2009

Nordic Civil Conference
Cityringen
Linieføring, sporgeometri og geologi

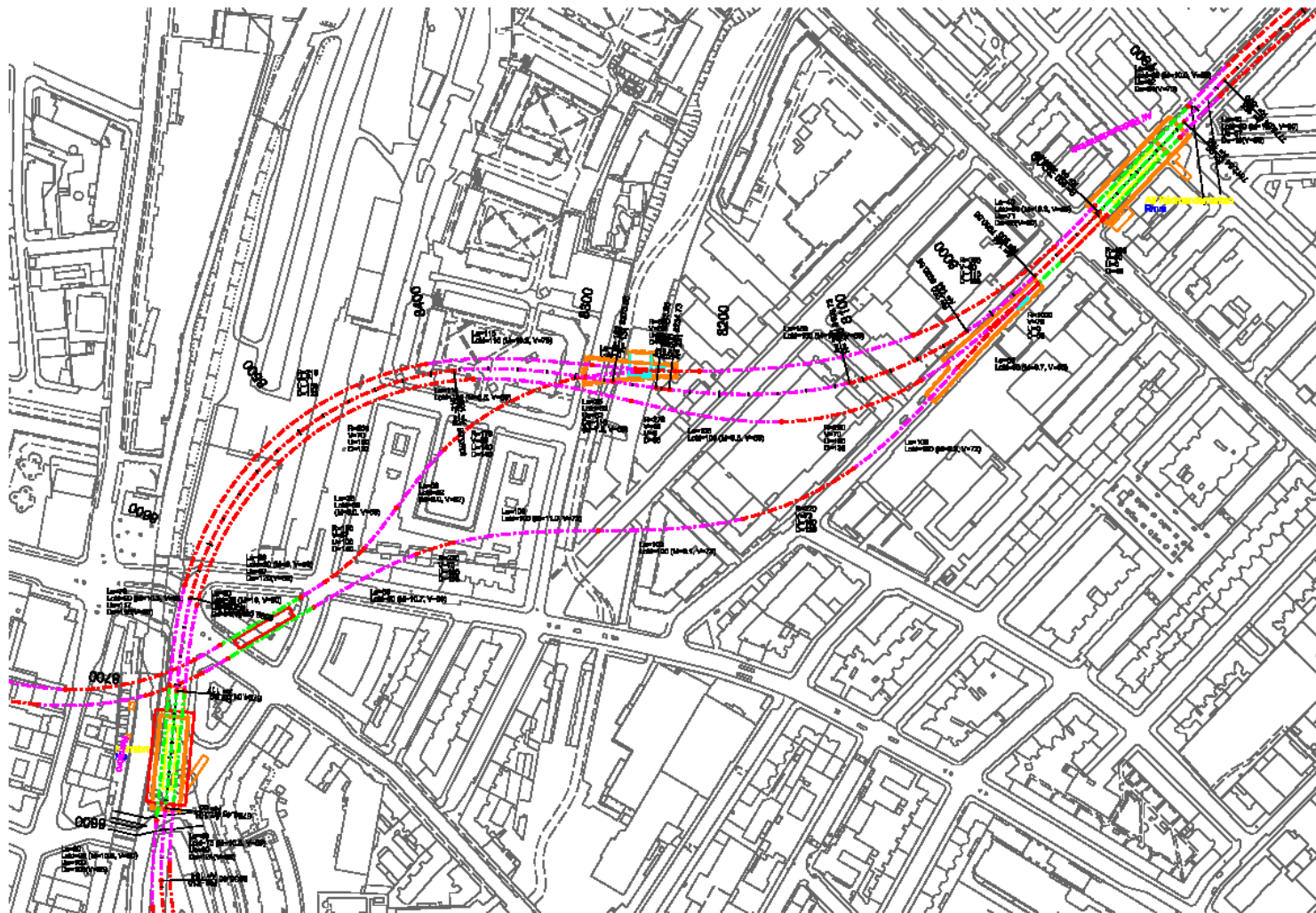
COWI

Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Arbejdsmetode (fort.)
 - krav til udformning af rampe mellem CMC og boret tunnel
 - tilpasning til sporgeometri indenfor CMC område
- forberedt for afgrening mod Brønshøj ved Nørrebro
 - medfører mange bindinger på anlæg af Cityringen (og fremtidig linie), da linieføringen er meget "stram" på dette sted. Hor. radier er så små, at afgreningstunnel ikke kan bores, da radius er for lille
- placering af kamre for sporkrydsninger (v. Øster Søgade og Halmtorvet) samt for sporkrydsning og opstillings-/vendespor (v. Nørrebroparken) giver også kraftige bindinger på horisontal og vertikal geometri
 - sporlinier parallelle i afstand bestemt af sporskifte typen (samt af fritrum omkring midterspor) samt krav til stor vertikalradius
- der er anvendt InRoads, da indlæggelse af sporskifter og overhøjde ikke nødvendiggjorde anvendelse af InRail



Københavns Metro Cityringen, linieføring

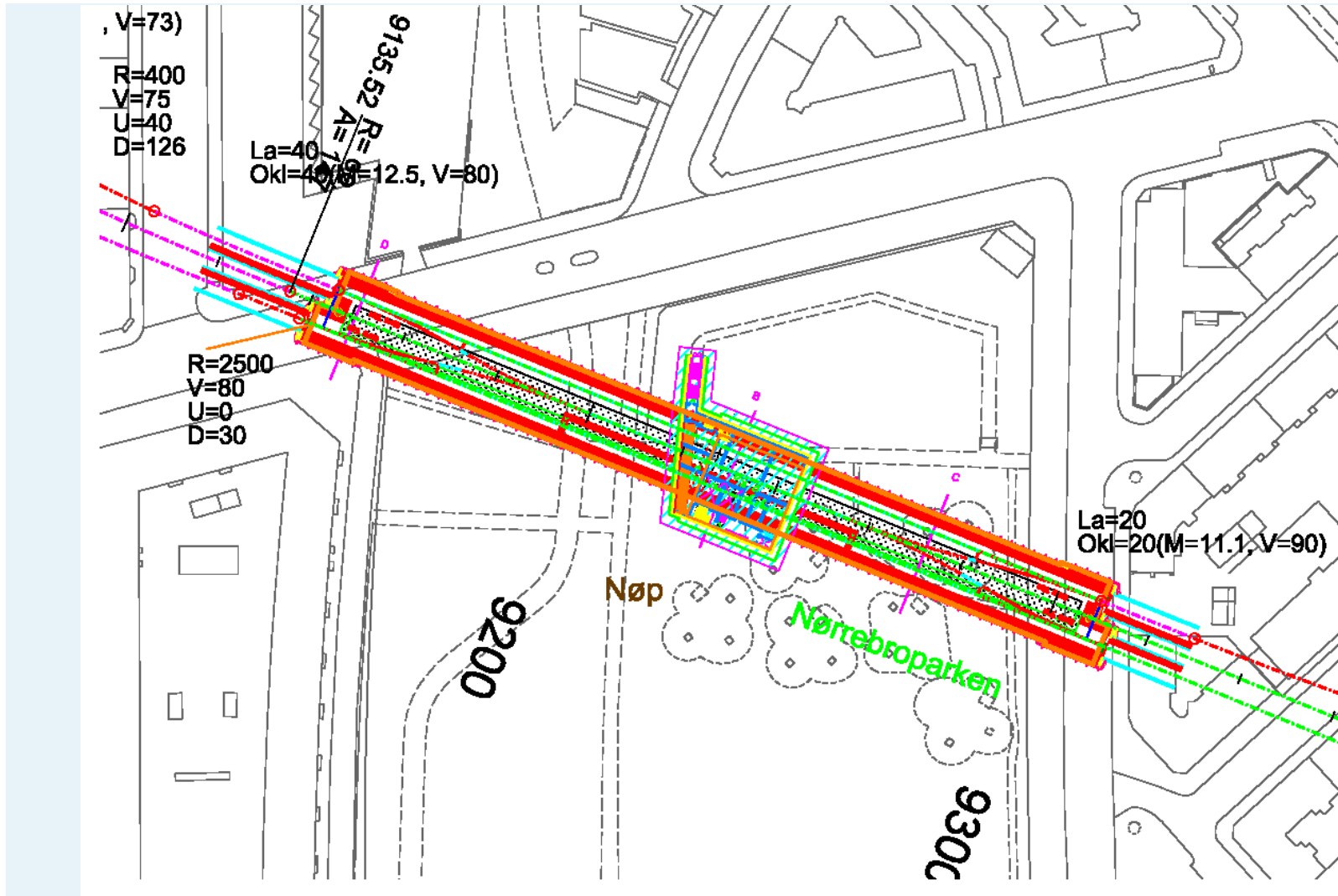


25
10 nov 2009

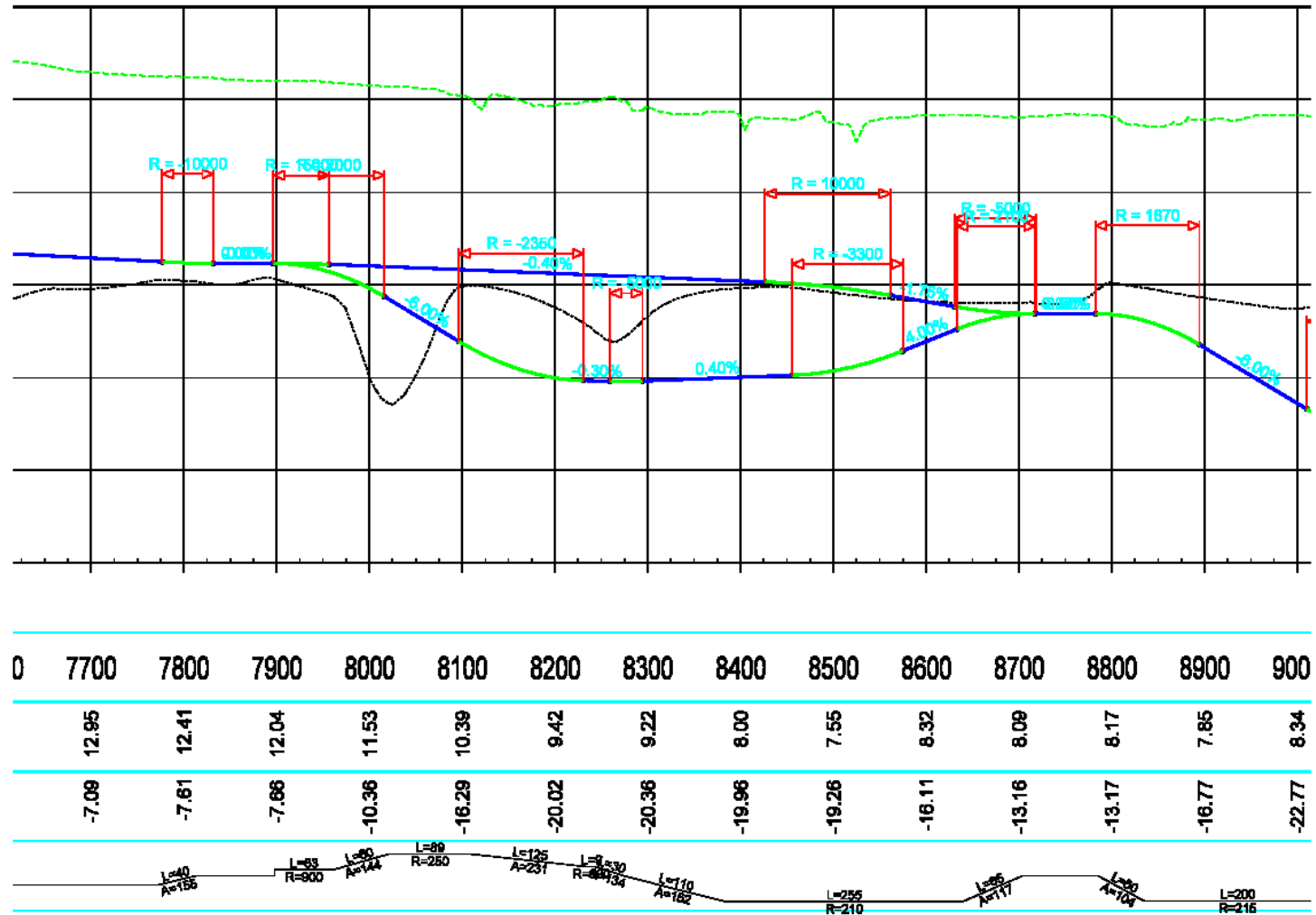
Nordic Civil Conference
Cityringen
Linieføring, sporgeometri og geologi

COWI

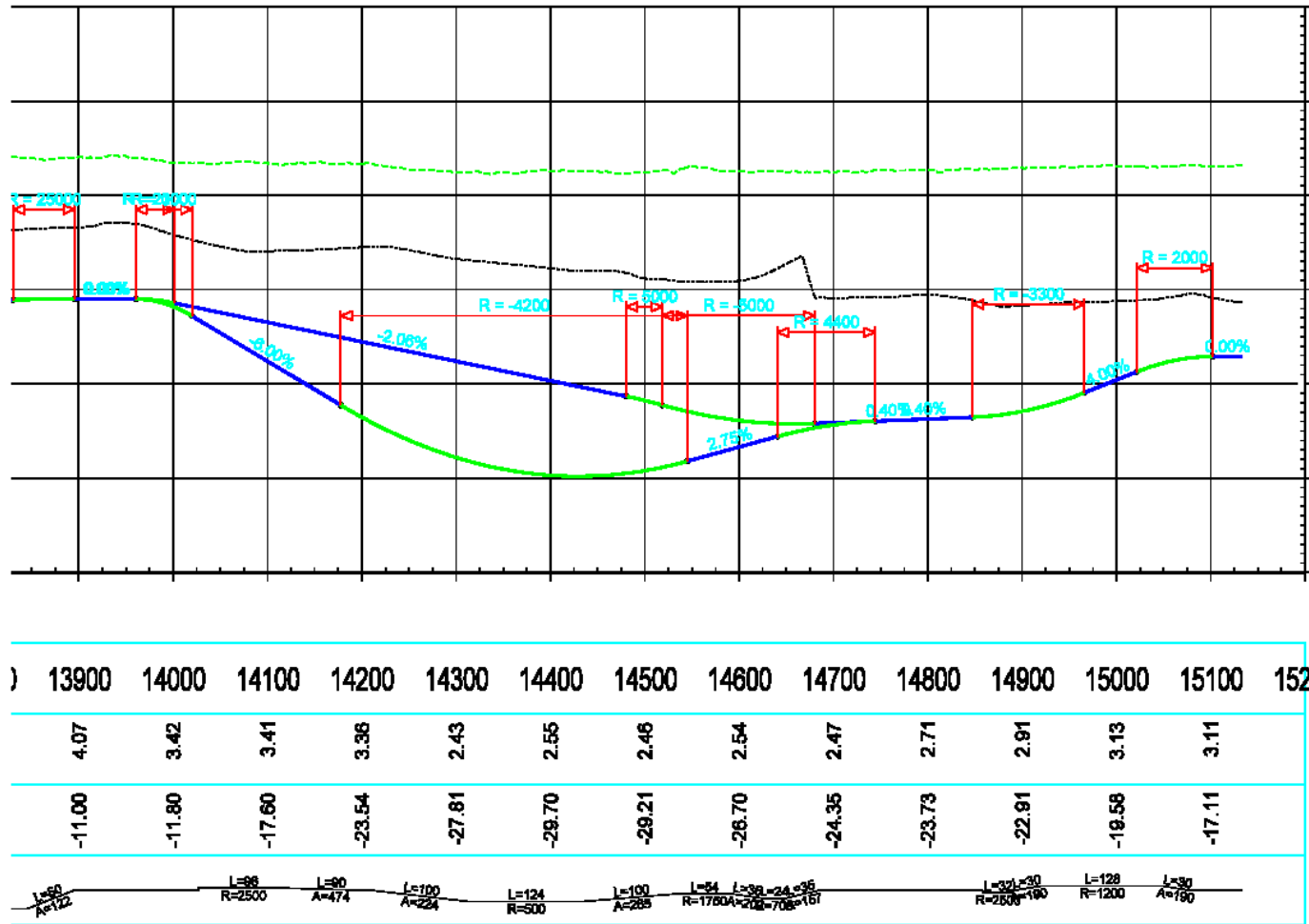
Københavns Metro Cityringen, linieføring



Københavns Metro Cityringen, linieføring

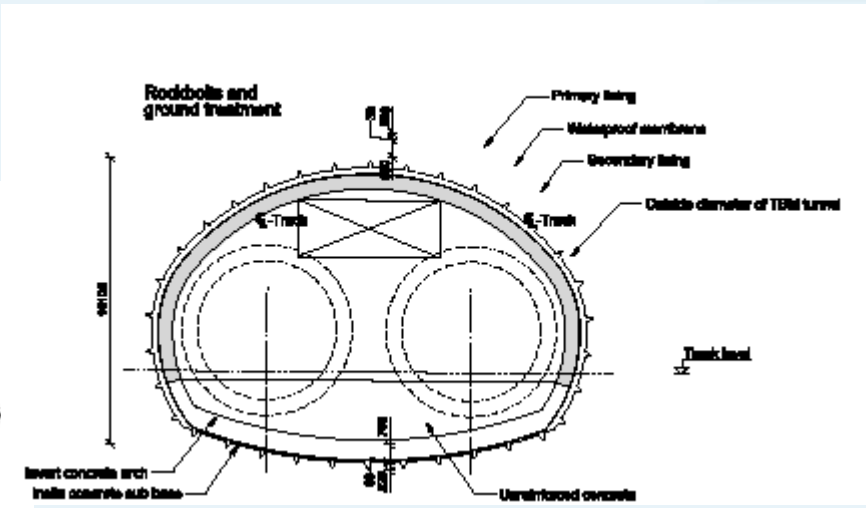
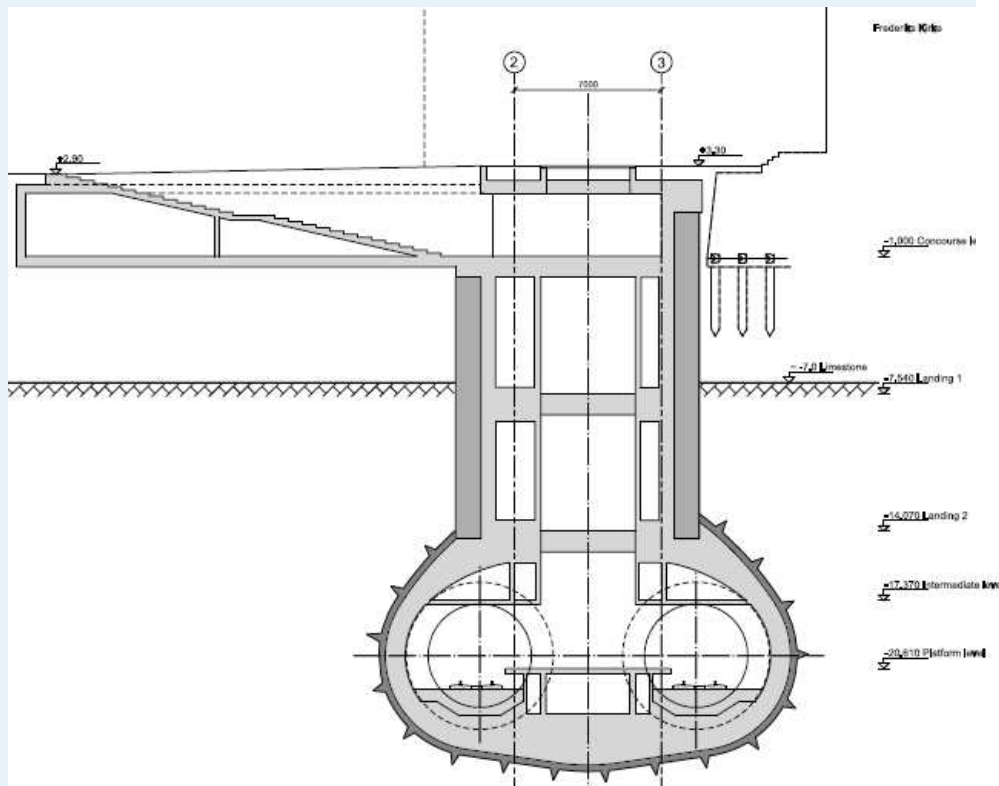


Københavns Metro Cityringen, linieføring



Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Kaverner:

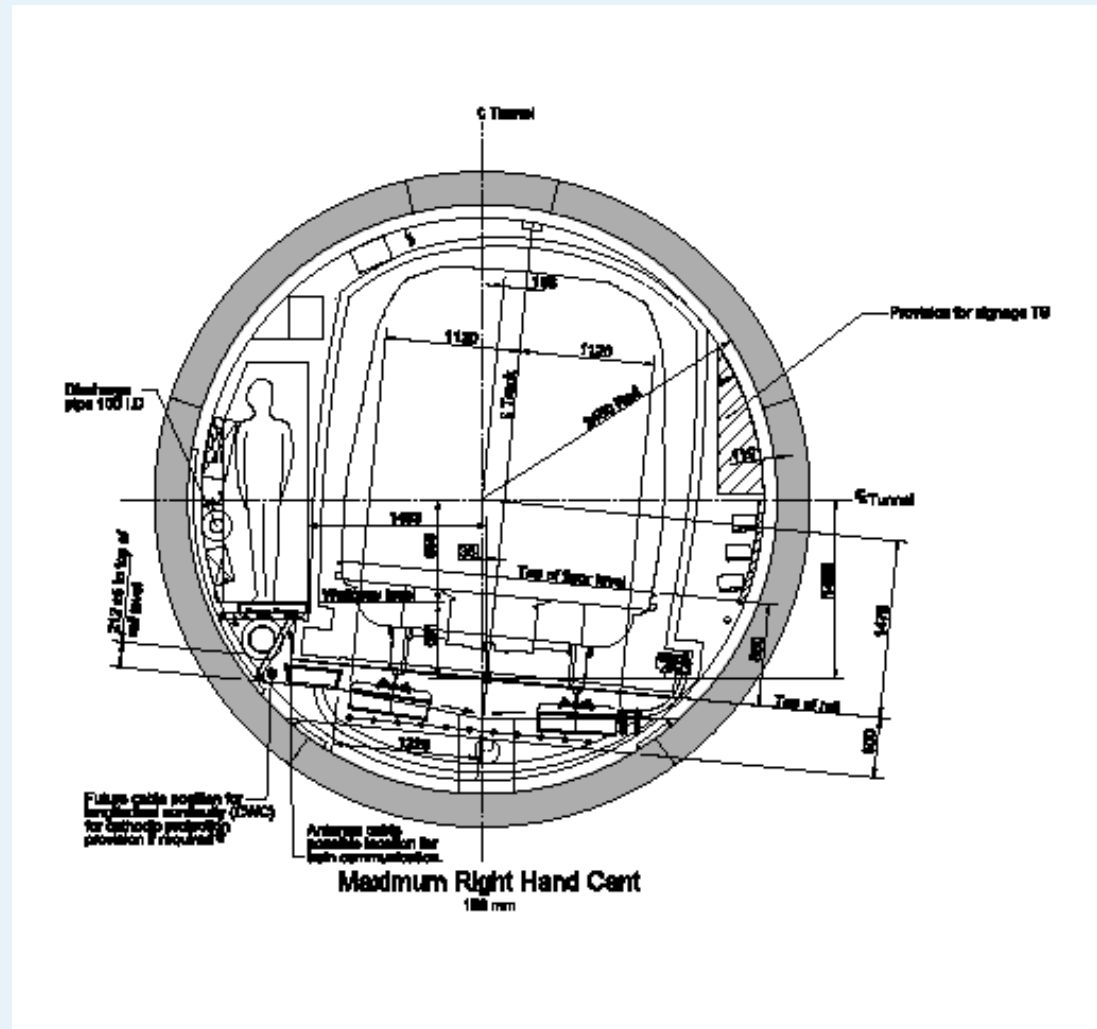


Københavns Metro Cityringen, linieføring

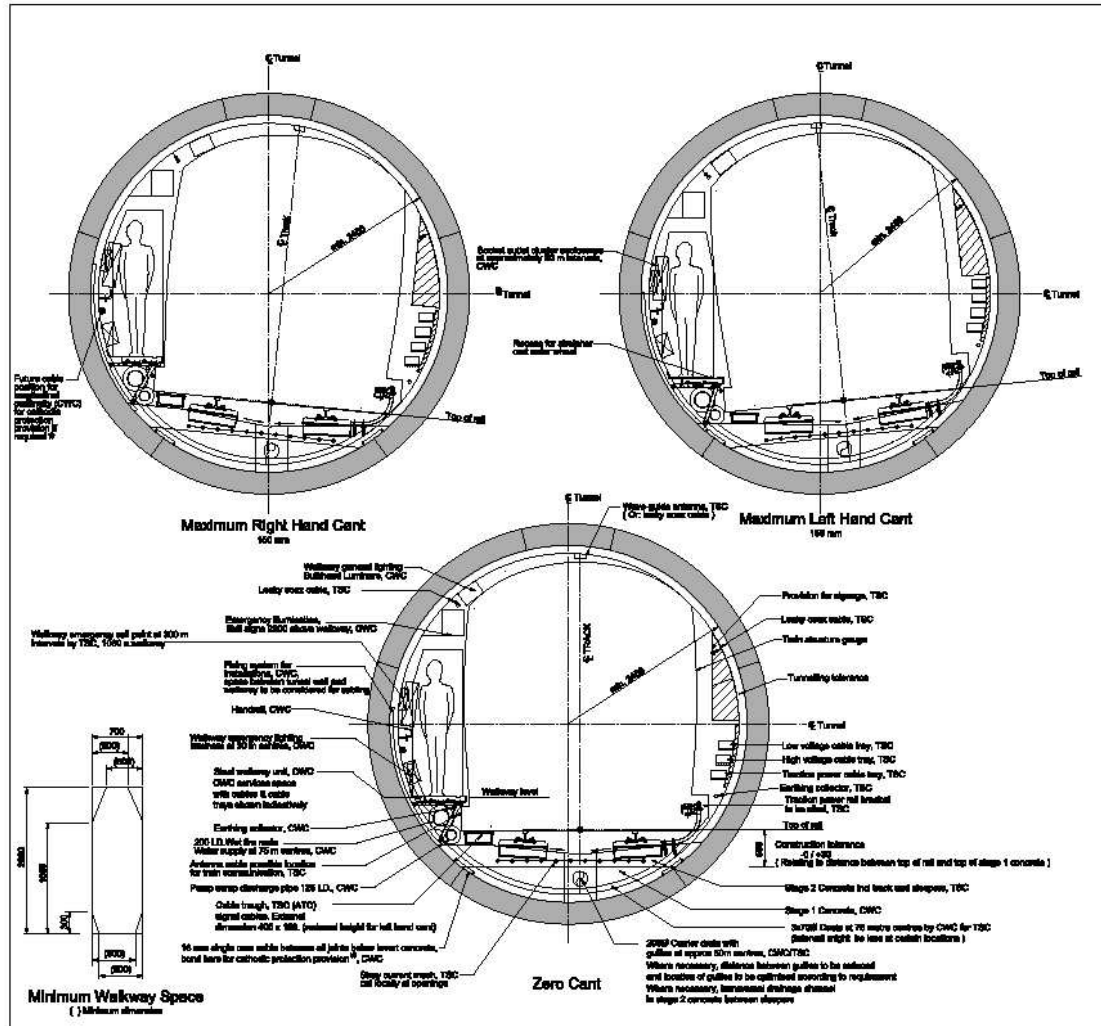
- Arbejdsmetode (fort.)
 - selve tunnelen placeres asymmetrisk omkring sporlinien, der er placeret midt mellem skinnestrengene. Længdeprofilet ligger midt mellem de to skinner (fastlægger Top of Rail), og spor samt tunnel roterer således omkring midte af spor og ikke som normalt på åbne strækninger omkring laveste skinne
 - den kommende entreprenør skal selv beregne "sine" egne spor- og tunnel linier ud fra de givne krav og den givne referencelinie (linie mellem de to spor, der beskriver, hvilken geometri (både hor. og vert.), der forventes afspejlet i de enkelte tunnellinier

Københavns Metro Cityringen, linieføring

- Tunneltværsnit:



Københavns Metro Cityringen, linieføring



Notes:

This drawing to be read in conjunction with all Tender Documents.
Coordinates are from used to Station 542.
Levels are in m to CHTRN.
Dimensions are in mm and include unless otherwise stated.

This drawing illustrates a possible excavated CMTB cross section of the segmental lining.

Equipment and installation dimensions as shown are indicative.

The size of steel fibre reinforced concrete service for segmental lining instead of or in addition with standard additional segments may be considered.

In case of CTRC to be used providing the level / method

provision might be necessary.

CWC=Chel Vector Controller, TSC=Transport System Controller

Rev	Date	Description	Drawn	Checked	Approved
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					

Københavns Metro Cityringen, linieføring

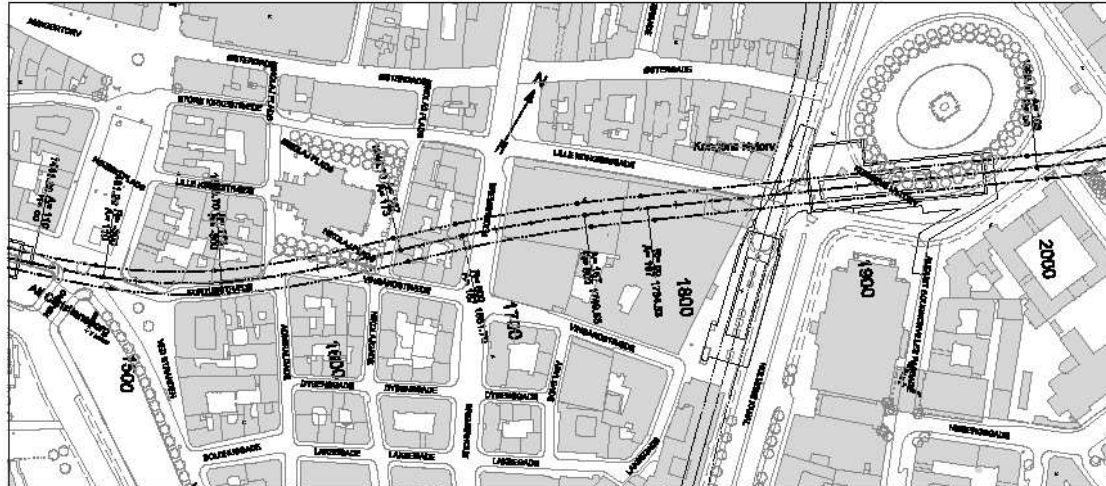
- Konklusion:

Som alt andet her i tilværelsen er resultatet et kompromis, i dette tilfælde mellem pris, gennemførlighed, komfort og hastighed ud fra de stillede forudsætninger

Københavns Metro Cityringen, linieføring

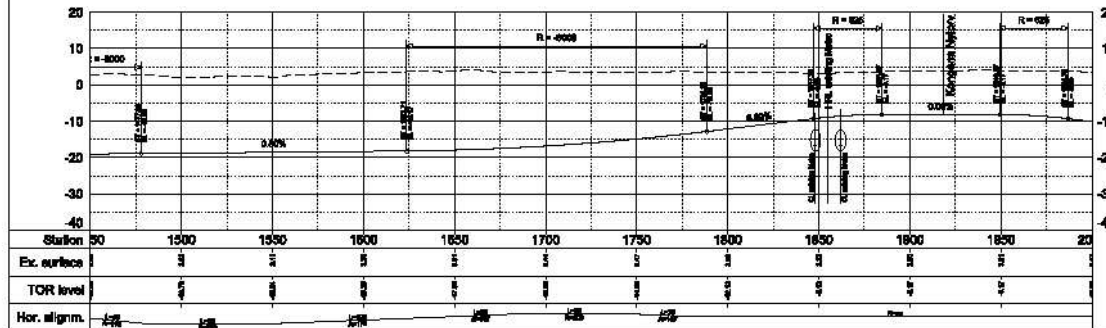
- Resultater:
 - plan linieføring anvendes på alle former for tegninger (linieføring, stationer, kamre, skakte, geologiske tegninger, bygningsregistrering, servitutplaner mm.)
 - vertikal linieføring anvendes på bl.a. på linieføringstegninger og geologiske snit
 - 3D linedata for de enkelte tunneller / spor benyttes ved udtegnning af geolængdeprofiler
 - lister med geometri data (horisontale og vertikale hovedpunkter) videregives til TS rådgiver for beregning af køretider
 - sammenligning af linie med forskellige geologiske overflader (ikke foretaget endnu, men tiltænkt udført i InRoads)

Københavns Metro Cityringen, linieføring



Plan, 1:1000(A1)
Plan, 1:2000(A3)

Longitudinal profile
Horizontal 1:1000 / Vertical 1:500(A1)
Horizontal 1:2000 / Vertical 1:1000(A3)

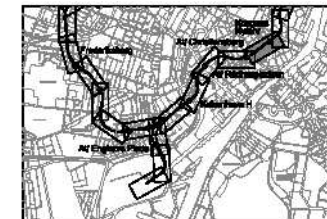


Noise:

This drawing is to be read in conjunction with all Tender Documents.
Coordinates are in RTM and to System 2011.
Levels are in m to CH-88.
All numbers are in meters unless otherwise indicated.

Legend:

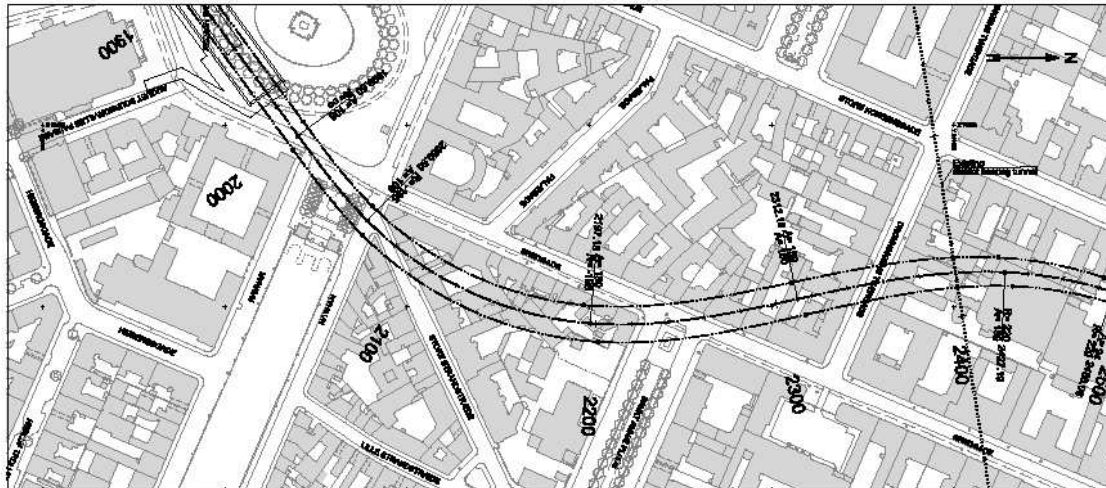
- HRL
- Track center line
- Existing buildings
- Station alignment point with stationing, radius and chord parameter
- Station with platform and stairs
- Street
- Cover
- Vertical curve
- Ground level
- Vertical alignment with stake point, stationing and elevation for TOR (Top of Rail)
- Horizontal alignment, straight line
- Horizontal alignment, transition curve with length and chord parameter
- Horizontal alignment, circular with length and radius



Station	Construction	Construction	Construction
Nørrebro	Construction	Construction	Construction
Nørre Strandgade	Construction	Construction	Construction
Nørre Strandgade	Construction	Construction	Construction

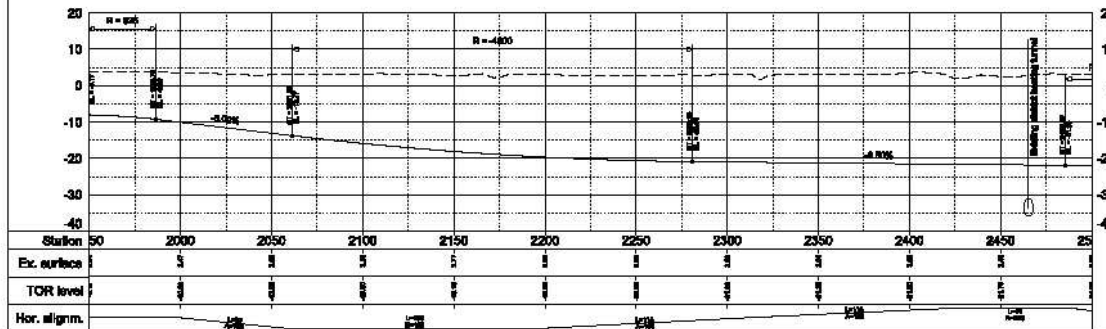
Project: Copenhagen Metro Cityringen
 Station: Nørrebro
 Design: COWI
 Date: 2011-11-18

Københavns Metro Cityringen, linieføring



Plan, 1:1000(A1)
Plan, 1:2000(A3)

Longitudinal profile
Horizontal 1:1000 / Vertical 1:500(A1)
Horizontal 1:2000 / Vertical 1:1000(A3)

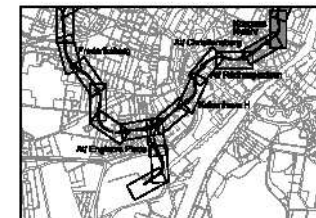


Note:

This drawing to be read in conjunction with all Tender Documents.
Coordinates are in m and to System 2555.
Levels are in m to DV068.
All numbers are in metres unless otherwise indicated.

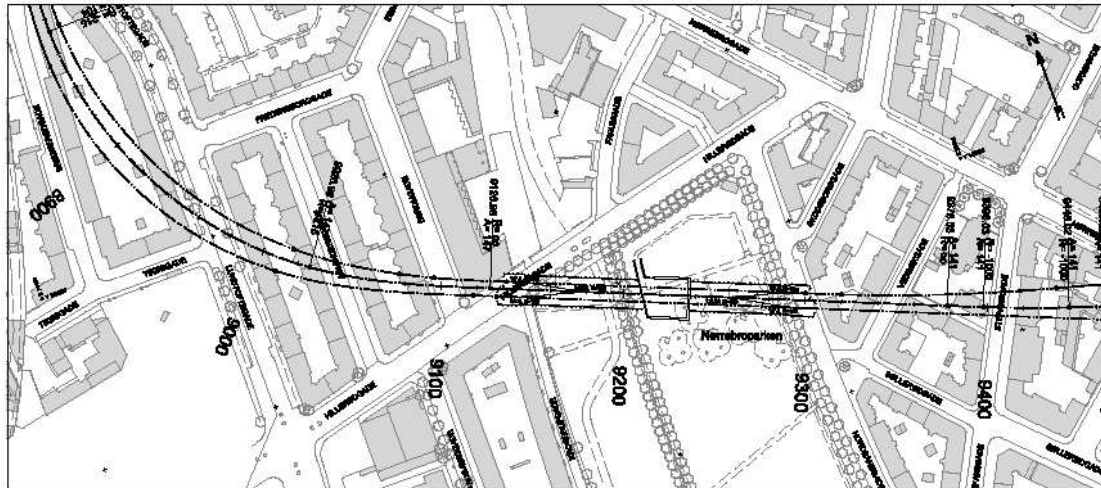
Legend:

- HVL
- Times center line
- ▭ Existing buildings
- High alignment point with stationing, radius and offset parameter
- ▭ Station with platform and staircase
- ▭ Shell
- ▭ Covers
- Vertical curve
- Ground level
- Vertical alignment with scale point, stationing and elevation for TOR (Top of Rail)
- Horizontal alignment, straight line
- Horizontal alignment, transition curve with length and offset parameter
- Horizontal alignment, circular with length and radius



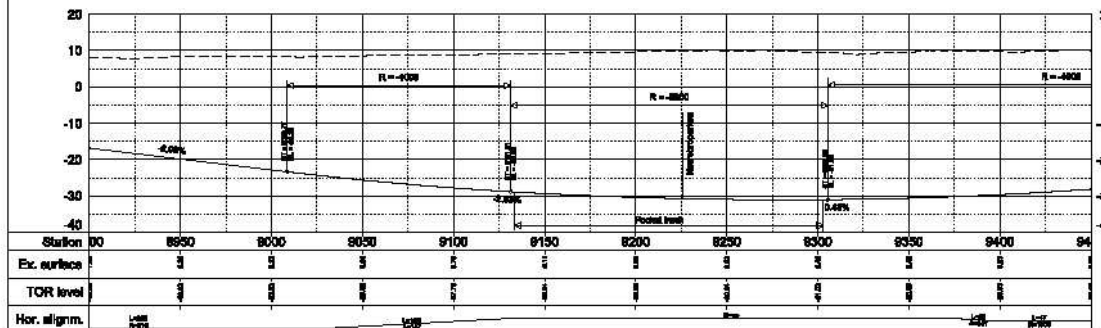
№	Titel	Revision	Dato	Udført	Godkendt
<p>Metroplanlægning / D Cityringen MK17</p> <p>Tydeligt Design - Projekt fase Kus L.020 - 2.040 Alignment Plan and profile</p> <p>Udført: 2010 Dato: 2010-12-08</p> <p>COWI København COWI A/S COWI-vej 2 DK-2800 Lyngby 2010-12-08 08:23:48 2.0</p>					

Københavns Metro Cityringen, linieføring



Plan, 1:1000(A1)
Plan, 1:2000(A3)

Longitudinal profile,
Horizontal 1:1000 / Vertical 1:500(A1)
Horizontal 1:2000 / Vertical 1:1000(A3)

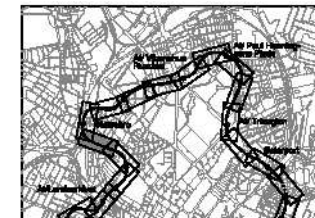


Noise:

This drawing to be read in conjunction with all Tender Documents.
Coordinates are in m and to Eastern 54E.
Levels are in m to DMS1985.
All numbers are in meters unless otherwise indicated.

Legend:

- FRL
- Time marker line
- Existing buildings
- Station alignment point with stationing, radius and chord parameter
- Station with platform and staircase
- Shaft
- Curve
- Vertical curve
- Ground level
- Vertical alignment with stake point, stationing and elevation for TOR (Top of Rail)
- Horizontal alignment, straight line
- Horizontal alignment, transition curve with length and chord parameter
- Horizontal alignment, circular with length and radius



Project: Copenhagen Metro, Copenhagen, Copenhagen
 Project: Copenhagen Metro, Copenhagen, Copenhagen

VR	Task	Description	Designer	Checker	Approver

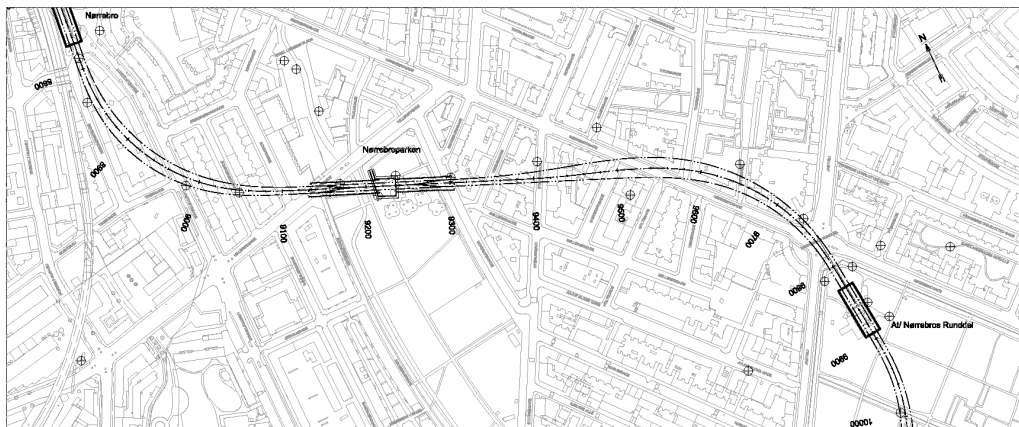
Metrolinje nr. 1 / Ø
 Cityringen M2M

Project	ØM	ØM
Task	ØM	ØM
Design	ØM	ØM
Check	ØM	ØM
Approve	ØM	ØM
Date	2015-10-08	

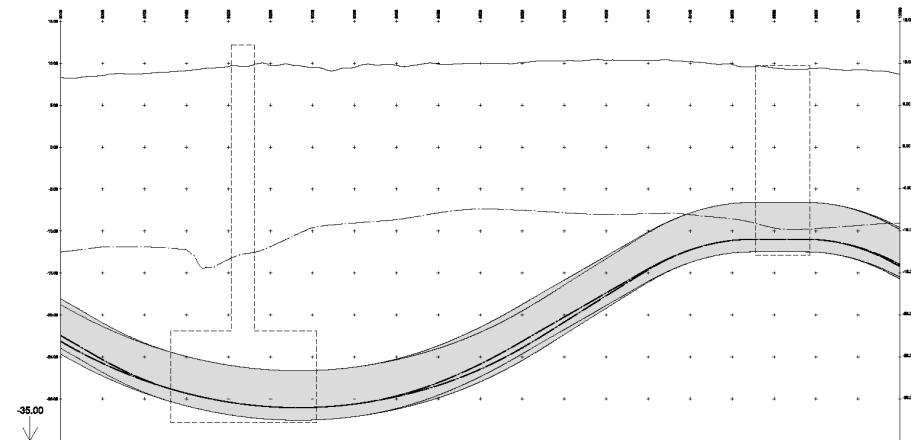
Scale: 1:1000
 Date: 2015-10-08

COWI
 Nørre Allé 48, DK-4000 Roskilde
 Tlf: +45 4630 4000
 Fax: +45 4630 4040
 E-mail: info@cowi.dk
 www.cowi.dk

Københavns Metro Cityringen, linieføring



Plan: 1:2000(A1), 1:4000(A3)



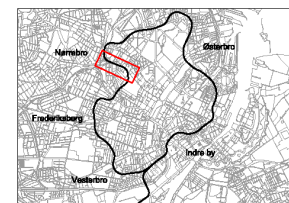
Horizontel: 1:2000(A1), 1:4000(A3) Vertikal: 1:200(A1), 1:400(A3)

Notes:
This drawing to be read in conjunction with all Tender Documents.
Levels are in m to the DVRSD system

References:
MCW-2-COO-GEO-Oen-DWG-028
MCW-2-COO-GEO-Oen-DWG-030

Legend - Plan:
--- Track centre line
--- HRL
⊗ Station box/shaft box
⊕ Benchhole in limestone

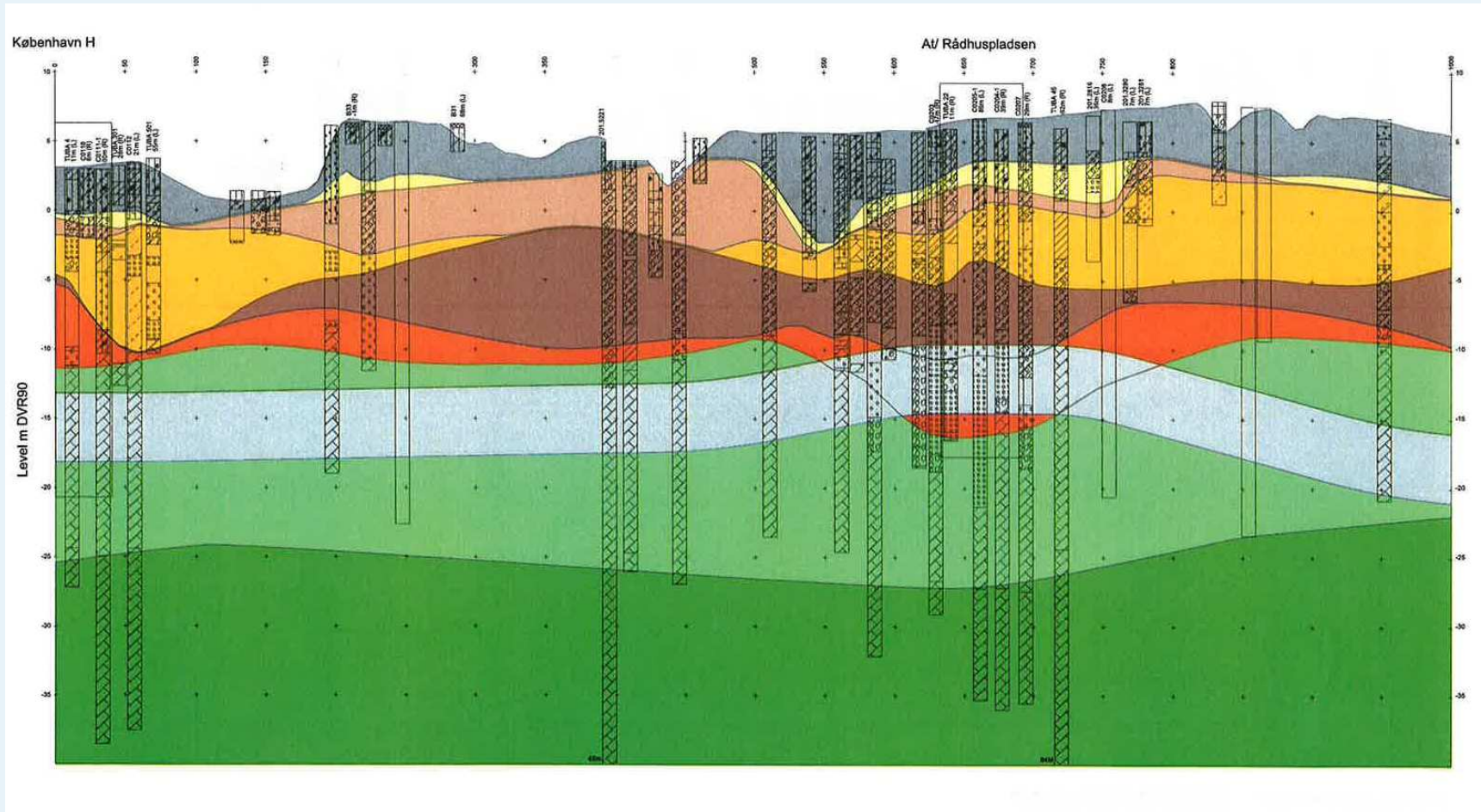
Legend - Section:
--- Assumed excavated tunnel diameter, D = 5.8 m
--- Ground level
--- Contour Shaft/Station
--- Expected limestone level
--- Top of rail



A Copying and Internet rights for this map and associated maps.
This drawing has been printed from PDF-format - the scale cannot be expected to be correct.

Vnr.	Case	Description	Designed	Checked	Approved
Metroselskabet I / S Cityringen MCW					
Tender Design - Project Books	ISS	55832			
Alignment Kns 8400 - 10.000	Drawn	M&M			
Top of Limestone	Checked	CSH			
Longitudinal Profile	Checked	BPO			
Approval	Approved	BPO			
Description	Date	See drawing			
	Date	2008-10-09			

Københavns Metro Cityringen, linieføring



- **SÅ MANGE VAR ORDENE -
MÅSKE FOR MANGE 😊**
- **SPØRGSMÅL ?????**