

MODTAGET  
06 SEP. 2006  
TRAFIKSTYRELSEN



Trafikstyrelsen for Jernbaner og Færger  
Adelgade 13  
1304 København K  
Att.: Leif Funch

Brøndby, 04-09-2006

K6-18730 EBR/jtj

L70/TEP

### Inspektion i tunnelrør. Københavns Metro.

I forbindelse med den foretagne inspektion i metroens tunnelrør natten mellem den 16. og 17. august 2006, deltog undertegnede med henblik på observationer omkring korrosionsproblemer.

Inspektionen blev indledt fra nedgangen på Amager Fælledvej. Herefter gik man via Bification til Ved Stadsgraven, hvor der tidligere er observeret korrosionsproblemer, som er undersøgt og rapporteret til Metro Service (K4-15683). Endeligt gik turen til Christianshavn Station, hvor der primært skulle inspiceres kabler i en kabelbrønd. Herfra returneredes til Amager Fælledvej, hvor inspektionen afsluttedes. Nedenfor kommenteres observationer vedrørende korrosion. Disse relateres til observationer fra tidligere foretagne undersøgelser.

### Amager Fælledvej.

Dette område blev ikke inspiceret i forbindelse med den tidligere undersøgelse, men ifølge information fra Metro Service var problematikken den samme som i området Ved Stadsgraven, hvor undersøgelsen blev gennemført. I begge områder, hvor der er sporcurver, og hvor sporet som følge heraf hælder således, at den nedre skinne ligger lavt, medens den øvre skinne er beliggende højere oppe. Ved vandindtrængning, er faldet i bunden af tunnelen forholdsvis svagt, hvilket betyder, at den nedre skinne og de tilhørende sleepers let bliver påvirket af vandet og dermed forurenede med salte fra vandet som tidligere beskrevet i ovennævnte rapport. Det tidligere billede antages her at have været det samme som omkring Ved Stadsgraven, nemlig at en strækning af den nedre skinne var forurenede mere eller mindre kontinuert.

Ved Amager Fælledvej har man arbejdet med at forbedre afstømningsforholdene på tre områder:

1. Der er lavet en rende i midten mellem skinnerne, således at der kan løbe større mængder vand væk, uden at det skal brede sig ud over et større område.
2. Der er lavet mindre gennembrud ned til afløbsrøret under tunnelbunden mellem de oprindelige afløbsriste. Dette medvirker yderligere til at øge afstrømningen af indtrængende vand via en mindre del af tunnelbunden.
3. Kabelbakken ved siden af sporet er blevet hævet således, at vand, der trænger ind uden for sporet har lettere ved at løbe direkte til renden i midten af sporet, og kan således ikke blive stemt op og fordelt.

Sporene er skiftet, således, at de gamle skader er fjernet.

Ved inspektionen kunne der ikke længere findes sammenhængende områder på den nedre skinne, der er forurenede med havvand. Der fandtes enkelte områder med forurening, men disse er et resultat af direkte indtrængende havvand, altså direkte dryp på skinne eller sleeper fra tunnelloftet.



ASSAN 8  
STAVEN 10 11

FORCE Technology Norway AS  
Claude Monets allé 5  
1338 Sandvika, Norge  
Tel. +47 64 00 35 00  
Fax +47 64 00 35 01  
info@forcetechnology.no

FORCE Technology Sweden AB  
Talmätargatan 7  
721 34 Västerås, Sverige  
Tel. +46 (0)21 490 3000  
Fax +46 (0)21 490 3001  
info@forcetechnology.se

FORCE Technology, Hovedkontor  
Park Allé 345  
2605 Brøndby, Danmark  
Tel. +45 43 26 70 00  
Fax +45 43 26 70 11  
force@force.dk  
www.forcetechnology.com

Der blev observeret en korroderet og brudt clamp. Dette er et resultat af forurening af skinne og sleeper ved direkte dryp fra tunnelloftet.

### **Ved Stadsgraven**

Området omkring Ved Stadsgraven har som nævnt også været karakteriseret ved mere eller mindre kontinuert forurening af den nedre skinne i en kurve, med dertil hørende betydelige korrosionsproblemer.

Ved inspektionen kunne der konstateres en tilsvarende forbedring af forholdene for sporene. Skinnerne var også her blevet skiftet, og selv om der her ikke er sket ændringer i tunnelbundens geometri, kunne det konstateres, at situationen var forbedret siden undertegnede sidste besøg i efteråret 2004. Her var nu som ved Amager Fælledvej kun punktvis forurening af skinner og sleepers ved direkte dryp fra tunnelens loft.

### **Christianshavn Station**

Christianshavn Station ligger som andre stationer højt i forhold til den øvrige underjordiske strækning. Som følge heraf er der ikke indtrængning af havvand omkring stationen, og således heller ingen korrosionsproblemer omkring sporene.

### **Generelle bemærkninger.**

Udover de ovenfor nævnte tiltag er der også foretaget injektioner til tætning af tunnelen, med henblik på at reducere mængden af indtrængende vand. Det ser ud til at have hjulpet, således at mængden er reduceret og dermed er en væsentlig del af korrosionsproblemerne reduceret eller elimineret. Det er dog endnu ikke alle lækager, der er blevet lukket.

Også rengøringen i tunnelen med henblik på at fjerne saltforureningen er blevet forbedret. Det er oplyst, at i visse områder er rengøringsfrekvensen 3-doblet i forhold til normal frekvens. Det er dog kendt, at de anvendte metoder ikke er i stand til, ved en enkelt indsats, at fjerne forureningen fuldstændigt.

Ved inspektionen bemærkedes, at man er begyndt at anvende coatede clamps til befæstigelse af skinner. Et eksempel herpå er vist på figur 1 og 2. Ifølge oplysning fra Metro Service (bilag 1) består coatingen af 40µm epoxy påført ved kataforeselakering (KTL) og efterfølgende hærdning i ovn. De coatede clamps må forventes at have større sikkerhed mod korrosion ved forurening med salte fra havvand. Baggrunden er, at der nu findes en ekstra barriere/modstand mellem clampens metal og den ledende saltfilm. I forbindelse med lækstrømme fra skinnerne, vil der være en modstand på selve clampen, hvor denne kommer tæt på sleeperen (ved kanten af den isolerende plade). Ved en ikke coated clamp vil lækstrømme forholdsvis let kunne løbe koncentreret fra clampen til sleeperen, netop hvor afstanden er kortest. Dette betyder et lokaliseret angreb med høj korrosionshastighed, der fører til tynding af clampen og efterfølgende brud. Ved coatede clamps er denne vej lukket af, således at denne påvirkning ikke kan finde sted.

Metro Service oplyser, at det ikke kan undgås, at coatingen bliver beskadiget ved påskruining af skruen, der holder clampen. Dette betyder imidlertid ingenting, da der i kontakt med det beskadigede areal findes et stort udækket areal på skruen. Lækstrømme og dermed udløst korrosion vil fortrinsvis komme på skruen – både på hoved og skaft umiddelbart under clampen og den isolerende plade. Det betyder, at korrosionen forekommer på et forholdsvis stort areal over store godstykker på skruen. Herved bliver eventuelle korrosionsangreb ikke så ødelæggende og skadelige, som når de kommer i rundingen af clampen. Effekten på skruen forventes at være som hidtidigt observeret på skrue, der er forurenede med saltvand.

### **Konklusion**

Sammenfattende må på baggrund af inspektionen konkluderes, at korrosionssituationen er forbedret betydeligt i forhold til inspektionen i efteråret 2004.

Følgende faktorer ligger til grund for konklusionen:

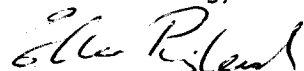
Der er foretaget injektion af nogle af utæthederne, hvilket har reduceret antallet af steder, hvor der trænger vand ind.

Der er foretaget justeringer på tunnelbunden, der betyder, at større mængder indtrængende vand kan ledes bort uden at udbrede sig over større arealer. Dette reducerer omfanget af saltforurenede sleepers og skinner og dermed omfanget af mulig korrosion på clamps og skinner.

Rengøringsfrekvensen er på udsatte steder sat op for at reducere forureningen fra indtrængende vand.

Der er på nyindsatte skinner anvendt epoxycoatede clamps, hvilket forventes at eliminere lækstrømme på clampenes mest følsomme steder, der på ubehandlede clamps har ført til brud.

Med venlig hilsen  
FORCE Technology

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ebbe Rislund".

Ebbe Rislund  
Specialist

Korrosion og Metallurgi

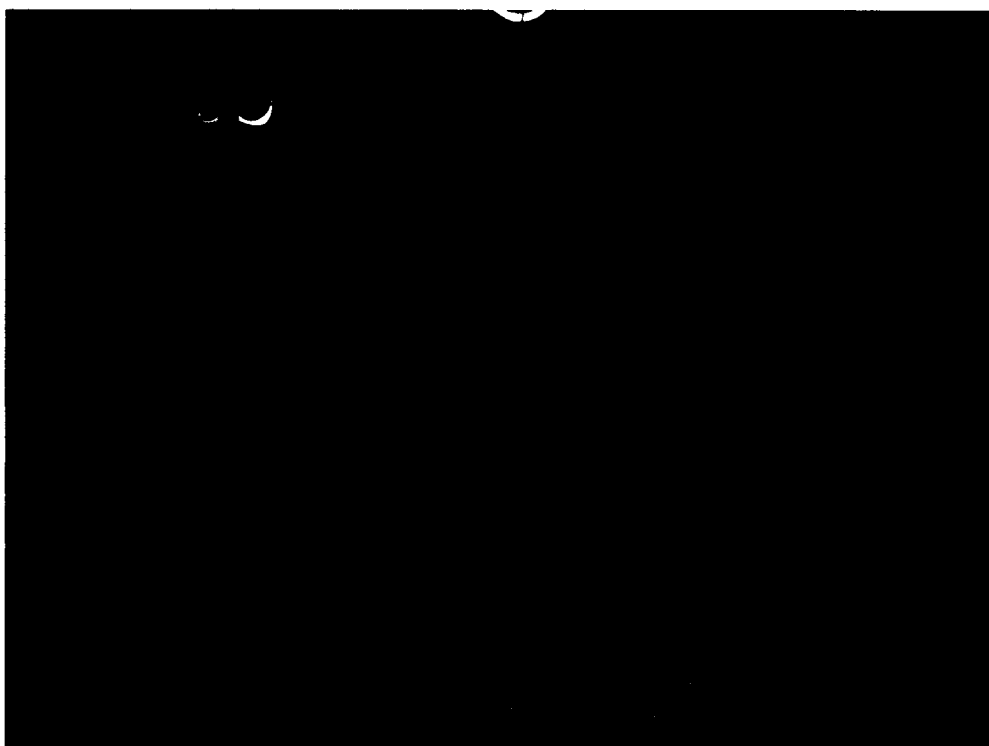


Foto 1. Coated clamp på ren sleeper.



Foto 2. Coated clamp på delvis forurennet sleeper.

## **K T L**

KTL is the German abbreviation for cathodic dip painting or cataphoretic dip painting. Metal parts made of steel, aluminium, zinc, etcetera, are coated in this process.

### **Coating process**

The perfectly cleaned metal parts are phosphatised to provide an additional protection against corrosion and adhesion promoter coating. Subsequently the parts will be coated by the KTL. In this KTL-process „resin molecules“ (epoxy resins predominantly) are used, which are made water soluble to a certain extent (colloidal solution) by chemical conversion (salinisation).

The positively charged resin molecules kept in „solution“ deposit on the cathodic workpieces (SKL`s etcetera) by discharging under direct current action until the layer insulation makes additional deposits impossible (100 to 400 V; 6 to 15 A/m<sup>2</sup>). The maximum layer thickness to be achieved is approx. 40 µm. Subsequently the parts are rinsed and baked in a drying oven at 180° to 220° Celsius (356° F to 428° F) for 15 to 30 minutes. The baking process causes a cross-linkage of the resins, and thus a highly-resistant closed plastic layer.

### **Advantages of the KTL-Coating**

- high surface quality
- high corrosion protection
- antipollution

### **Properties**

- salt spray test > 240 hours to 1000 hours
- chemical protection against diesel  
destillate fuel  
motor oil  
hydraulic oil  
brake- and cooling liquids

02.05.96