

**EM POWER SYSTEMS**  
*Elektrotechnisch Architecten*

# ***LightRail: Verlagen Electro Magnetische Emissie***



**EM Power Systems**

*Ir. D. van Bekkum*  
*21-06-2023*

# *T19 in het Mekelpark: 2005*







# *(Light)Rail Systemen en EMC*

## **Light Rail en E(lectro)M(agnetische) Emissie:**

- **waarom is het een probleem?**
- **de oplossing voor T19**

A photograph of a modern LightRail station at night, with blurred lights and a person walking. The image is partially obscured by a purple and pink gradient bar.

## ***LightRail en EMC normen***

- LightRail veroorzaakt magnetische stoorvelden
- Gebruikelijke normen:
  - EN50nnn reeksen (EN50121 en soortgelijk)
  - ICNIRP (effecten op levende wezens)
  - CISPR (11, 12, 14, 15, 16, etc)
  - IEC 61000 familie van normen
  - en nog veel meer
- Feit: frequenties  $< 9$  kHz krijgen geen aandacht
- Probleem? Meestal: NEE. Soms: JA
- Extreem lage frequenties + gevoelige apparatuur

# LightRail ELF slachtoffers



**NuclearMagnetic  
Resonance  
Spectroscope**



**MagneticResonance Imaging Scanner**



**Transmission  
Electron Microscope**

- Zelf opgewekte EM velden zijn extreem stabiel
- Gering vermogen tot compensatie externe storingen
- Zeer gevoelig voor variaties in EL Frequenties

# Voorbeelden uit onze praktijk

## LightRail en Metrolijnen

- Delft (U) Groningen (U,Z)
  - Utrecht (U,Z) Parijs (Z)
  - Lund (U,Z) Kopenhagen (U,2Z)
  - Odense (Z) Helsinki (U)
  - Jerusalem (U) Tel Aviv (U)
  - Parijs (L) Uppsala (U,Z)
- 
- U(niversiteiten), Z(iekenhuizen), L(aboratoria)



## *Delft: situatie en eisen*

- problemen: altijd situatie specifiek
- onderzoek naar gevoeligheid apparatuur Mekelpark
- bepalen locaties apparatuur
- generieke eis:  $B < 48 \text{ nT}$  op 50 m afstand
- dat is een relatief zware eis
- equivalent met 12 A op 50 m afstand
- 12 A: piekstroom van een wasmachine





# *(Light)Rail Systemen en EMC*

## **Light Rail en E(lectro)M(agnetische) Emissie:**

- **waarom is het een probleem?**
- **de oplossing voor T19**



A blurred night photograph of a city street with a light rail train. The image is overlaid with a purple-to-pink gradient bar at the top. The text 'LightRail EME verlaging' is written in white, bold, italicized font on the left side of the bar.

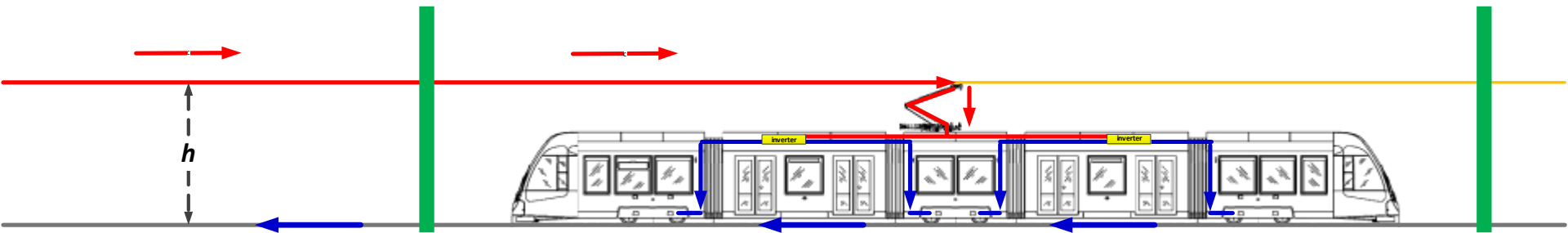
## *LightRail EME verlaging*

Kijken naar de fysica van het probleem

spectrum van mogelijkheden voor oplossingen

- afstand (trambaan verleggen, apparaten verhuizen)
- stroom uitruilen voor spanning
- energievoorziening aan boord
- de loop van stromen veranderen
- voor dat laatste: allerlei variaties

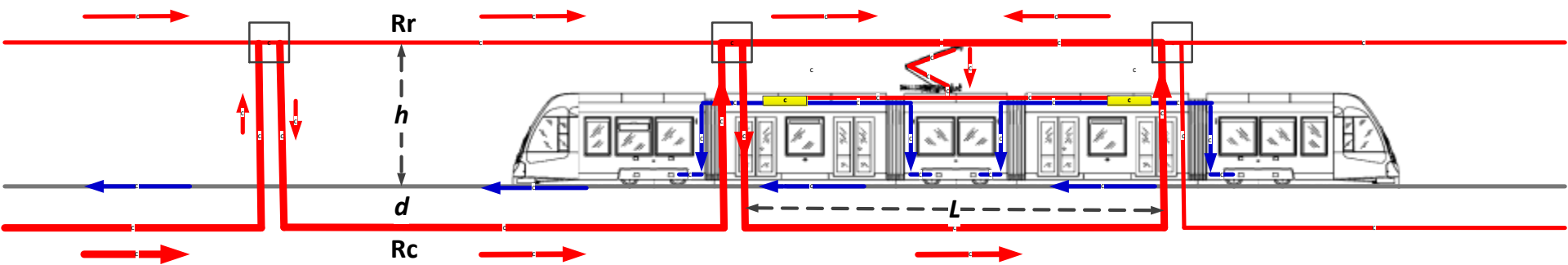
# LightRail EME compensatie



- stromen en magneetvelden zijn vectoren
- tegengestelde vectoren heffen elkaar op
- voedingsstromen < > retourstromen
- stromen heen dicht bij stromen terug
- rekening houden met beperkingen

# LightRail EME compensatie

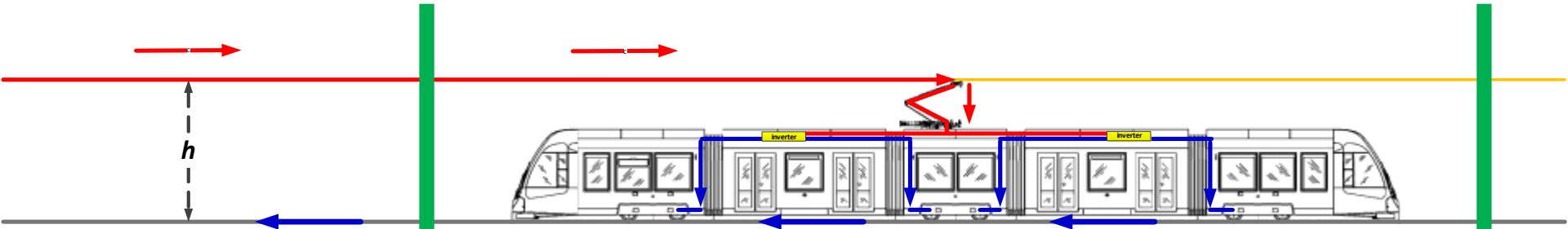
- voedingsstromen op maaiveldniveau brengen
- compensatiekabels onder spoor
- bij de tram: blijft op rijdraadniveau
- specifieke mastafstanden  $L$
- effectiviteit: ratio  $h$  en  $d$   $\leftrightarrow$  ratio  $R_c$  en  $R_r$
- en dan: modelleren en rekenen



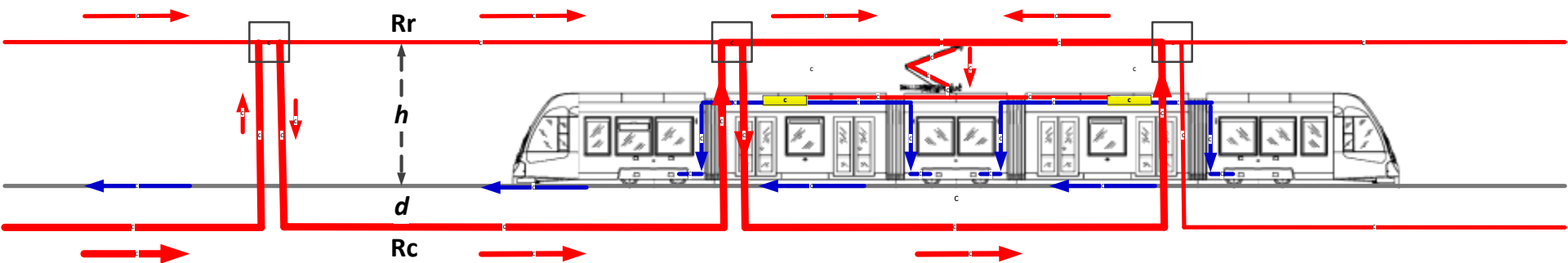


# LightRail EME verlaging

- dus niet dit



- maar wel dat





## *Sectionering: prestaties*

Emissie = verandering magnetische omgevingsveld!

- emissie op 50 m afstand bij 1200 A
- conventionele tramlijn: 500 nT max
- gecompenseerde tramlijn: 56 nT max
- nog steeds te hoog



## *Sectionering: prestaties*

- compensatie alleen is niet voldoende
- maar: emissie  $\Xi$  stroom
- begrenzen stroom tot 1000 A
- met een vermogens elektronisch systeem
- regelt de spanning op de bovenleiding
- tram regelt dan beperking van de stroom
- resultaat:  $B(r=50) < 48 \text{ nT}$  (altijd)



# T19 in het Mekelpark: 2023





***Afsluiting***

Dank voor uw aandacht  
opmerkingen of vragen?

[dvb@empowersystems.nl](mailto:dvb@empowersystems.nl)