



*Blootstelling Elektromagnetische Velden in
diesel- en elektrische- bussen
NVvA12-04-2022*

Remi de Groot

Supervisor Hans Kromhout, IRAS, Universiteit Utrecht

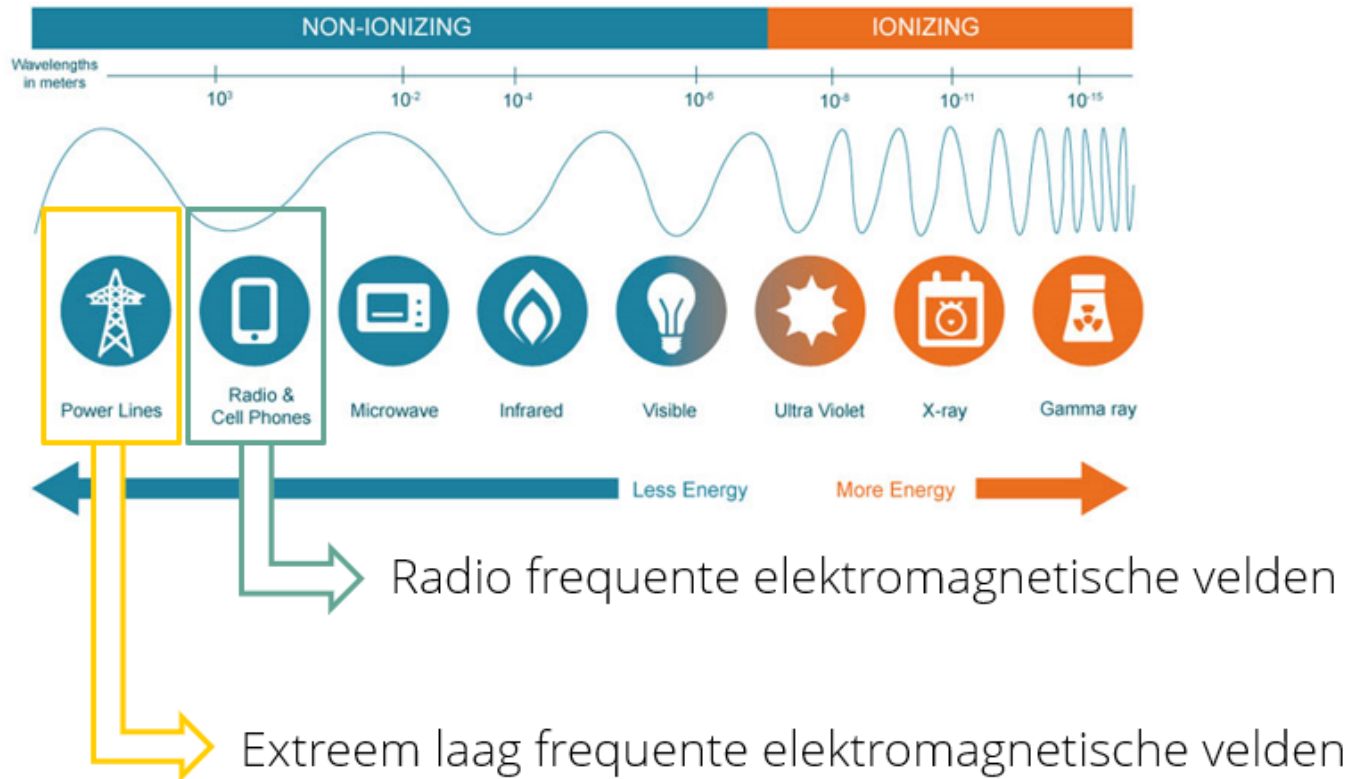
Onderzoeksvraag

Hoe hoog is de blootstelling aan Extreem Laag Frequentie (ELF) - en Radio Frequentie (RF) Elektromagnetische Velden (EMV) van buschauffeurs in rijdende elektrische bussen en niet-elektrische bussen?

Variabelen

- Route (stad versus streek)
- Elektrisch versus niet-elektrische bussen
- Leeftijd
- Ervaringsjaren
- Lengte van de dienst

Overzicht



Eigenschappen

ELF-EMV

☐ 50Hz (1 Hz tot 100 kHz)

☐ Bronnen:

Accu, bedrading, (Snel)laders,
Omgevingsfactoren

RF-EMV

☐ 100 kHz tot 300 gigaHz

☐ Bronnen:

Radio/Communicatie centrale,
Mobiele telefoons, Wi-Fi

Blootstellingslimieten

ELF-EMV (ICNIRP 2010)

- ☐ $< 200 \mu\text{T}$ bevolking
- ☐ $< 1000 \mu\text{T}$ werkenden

- ☐ $< 0,4 \mu\text{T}$ aanbeveling overheid
(wonen nabij hoogspanningsleidingen)

RF-EMV (ICNIRP 2020)

Groep	Bevolking		Werkenden	
	W/m ²	V/m	W/m ²	V/m
Broadcast	2	28	10	61
Downlink	0,4	12	16	78
Uplink	0,4	12	16	78
DECT	9	57	45	130
Wi-Fi	10	61	50	137
WiMax	10	61	50	137
ISM	10	61	50	137

Meetstrategie

Opzet

- 2 weken
- 3 typen meetapparatuur
- Volledige shifts
- Op de heup of borst



Variabelen

- Leeftijd (28-68 jaar)
- Werkjaren (0-43 jaar)
- Lengte dienst
- Bus
 - Stad/Streek
 - Diesel



Meters

- EMDEX-LITE 40 Hz - 1000 Hz
- ExpoM-RF 87,5 MHz - 5875 MHz
- NARDA 2XT 900 kHz - 60 GHz



Resultaten van het veldwerk

ELF-EMV (EMDEX-Lite)

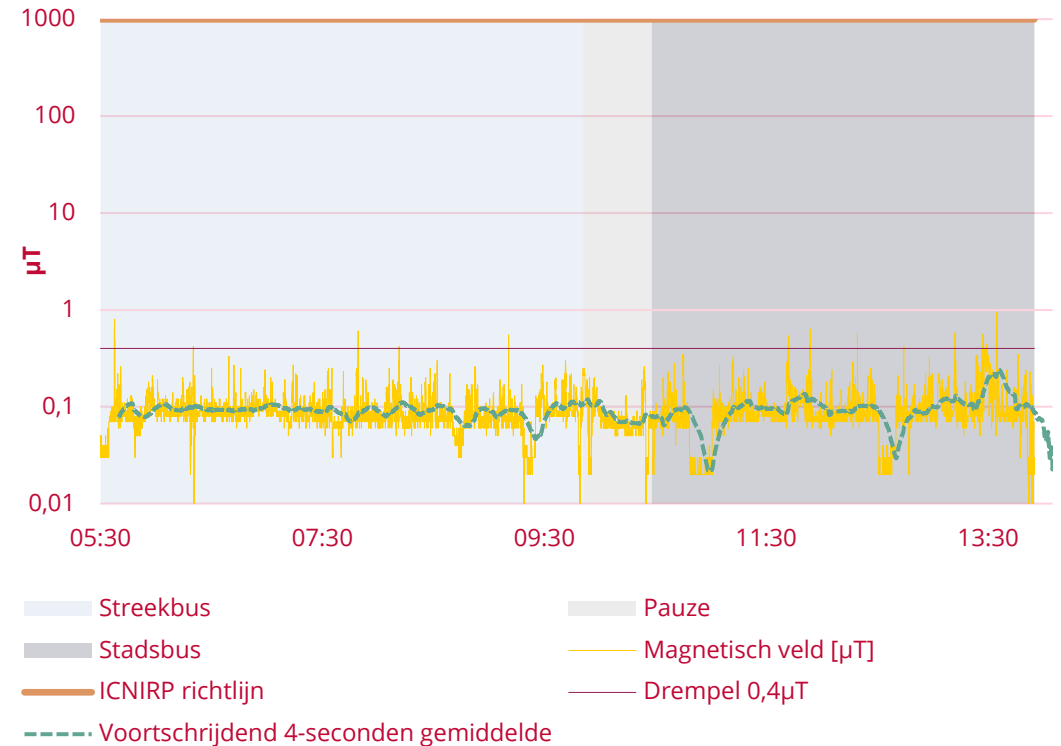
- ❑ 57 chauffeurs
- ❑ 105 bemeten werkdagen

RF-EMV (EXPO-M)

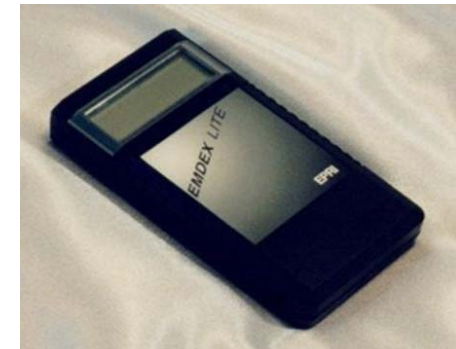
- ❑ 29 chauffeurs
- ❑ 35 bemeten werkdagen

RF-EMV (Narda)

- ❑ 4 chauffeurs
- ❑ 4 bemeten werkdagen



Extreem-Laag Frequente-EMV Resultaten



Extreem-Laag Frequente-EMV Resultaten

Type bus	Aantal	Gemiddeld [μT]	Maximum [μT]	Tijd $\geq 0,4 \mu\text{T}$ [min]	Tijd $\geq 0,4 \mu\text{T}$ [% werkdag]
Alle metingen	105	0,11	16,9	05:59	1,4
Stadsbus	32	0,10	16,9	02:48	0,7
Streekbus	13	0,13	1,2	12:10	3,0
Stads- en Streekbus	41	0,11	1,4	07:25	1,7
Diesel- en Elektrische-bus	19	0,11	5,8	04:03	1,0
<i>Dieselbus</i>	<i>19</i>	<i>0,10</i>	<i>2,2</i>	<i>00:21</i>	<i>0,2</i>

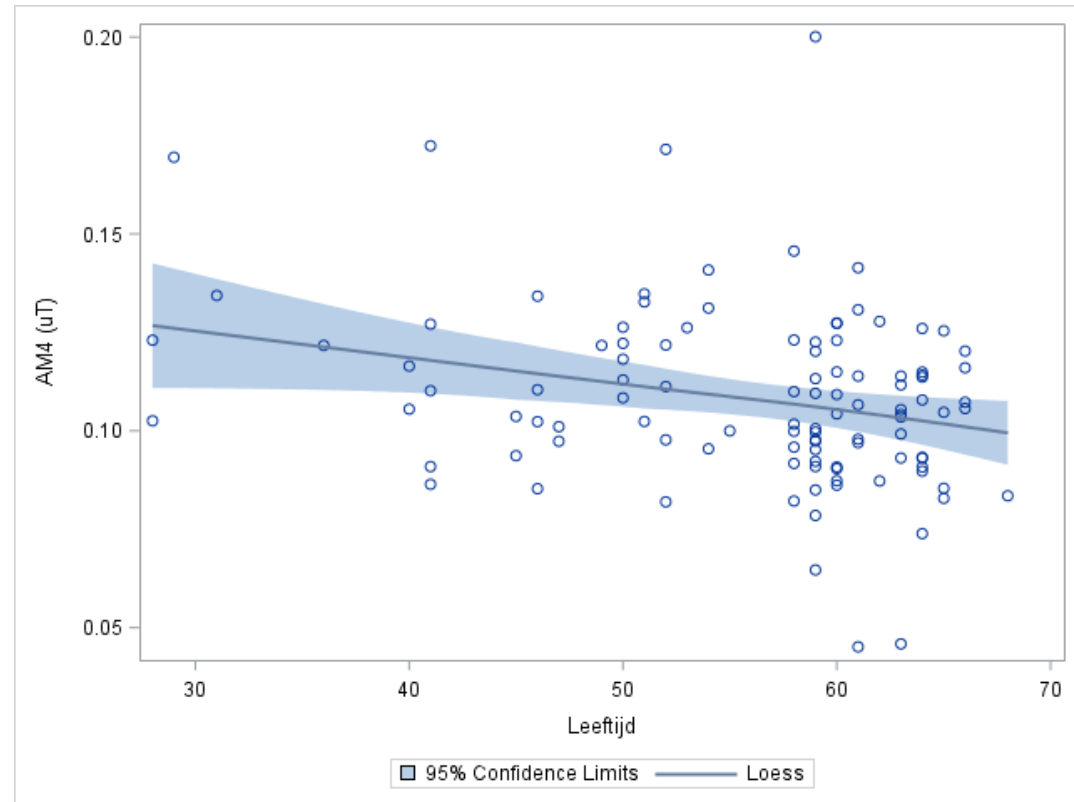


- Verschillen in gemiddelde blootstelling tussen type bus zijn gering
- Significant 35% hoger in streekbussen
- Tijd $\geq 0,4 \mu\text{T}$ 15 keer langer in elektrische streek- t.o.v. diesel- bussen
 - 3% versus 0,2% van werkdag
- Geen verschillen gemiddelde blootstelling tussen chauffeurs (roulatie)

Extreem-Laag Frequente-EMV Resultaten

Leeftijd versus blootstelling

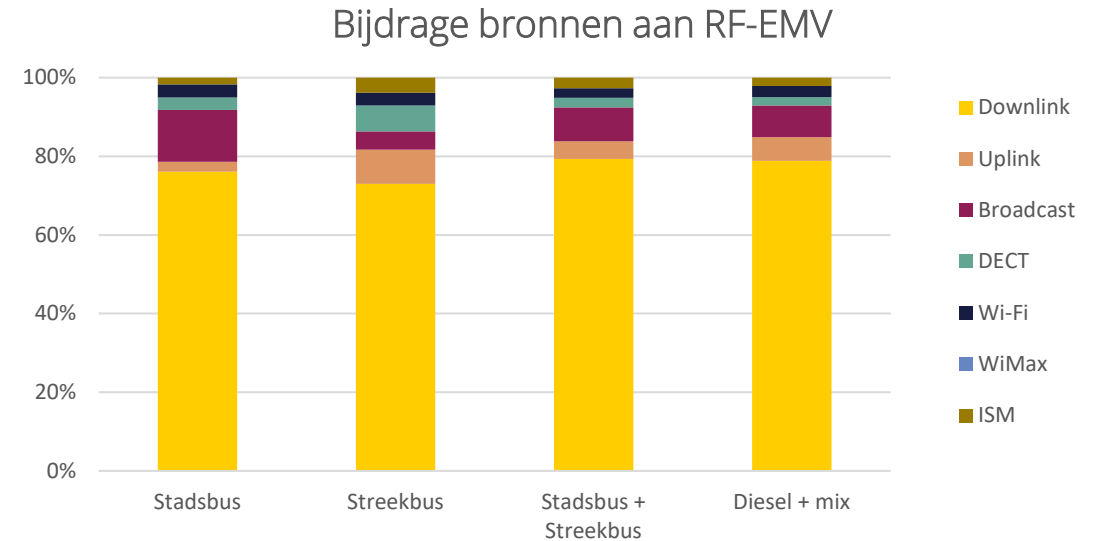
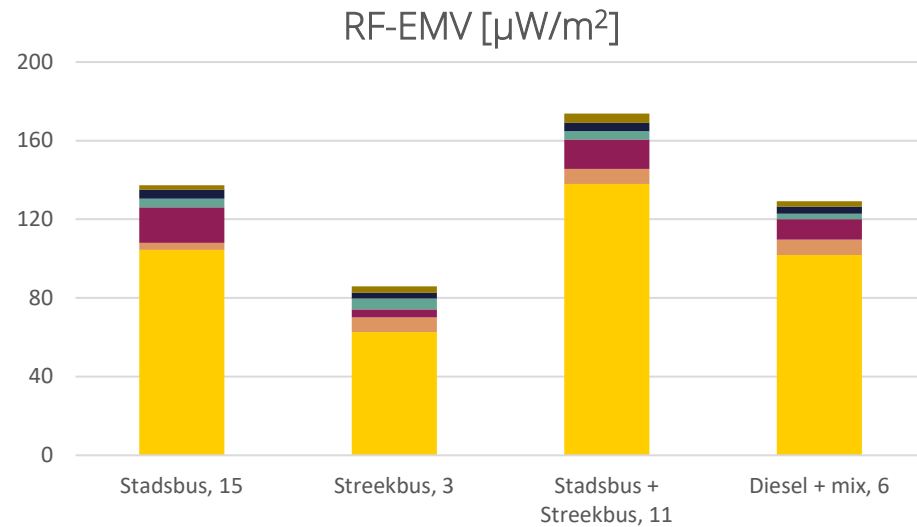
- Leeftijden 28-68 jaar
- Verlagend effect lijkt 5% per 10 jaar.
- Aantal werkjaren (0-43 jaar) maakt geen verschil
- Late of vroege dienst maakt geen verschil



Radio Frequente-EMV Resultaten



Radio Frequente-EMV Resultaten



Werkdag gemiddelden

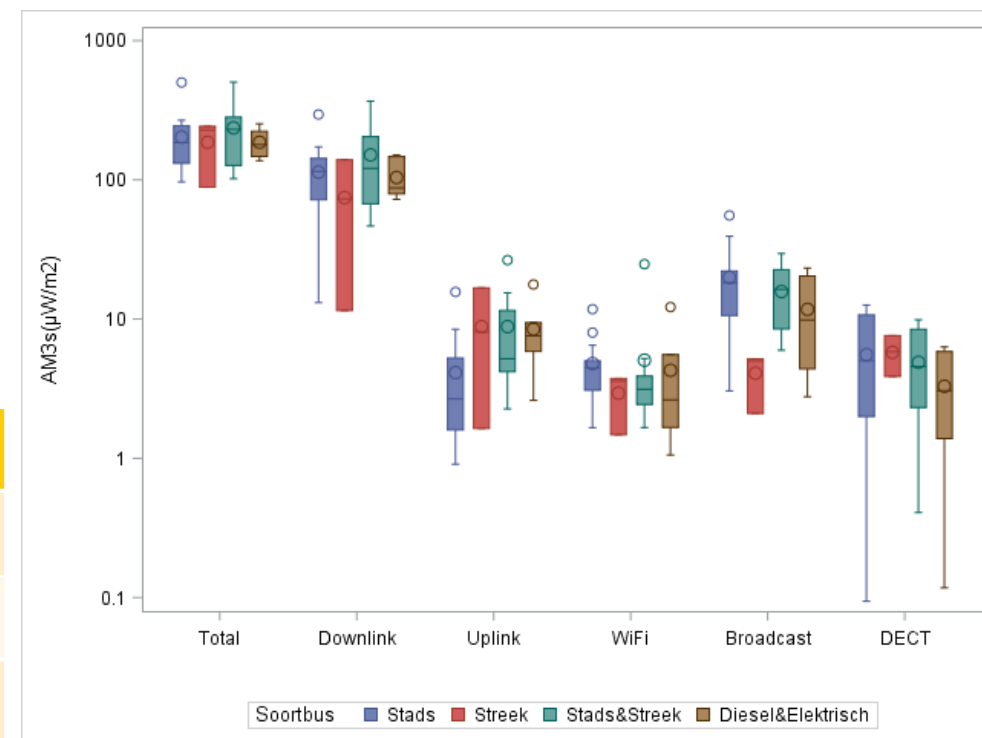
- 82% Mobiel data verkeer
- 10% Communicatie centrale + Radio
- 8% Wi-Fi en overige



Radio Frequente-EMV Resultaten

- Variatie analyse
- Grootste verschillen
 - Downlink
 - Uplink

	Totaal	Downlink	Uplink	Broadcast	DECT	WiFi
Geometrische Standaard Deviatie	1.53	2.09	2.29	2.15	3.86	1.87
Tussenpersoons variatie	29%	71%	61%	0%	0%	0%
Dag-tot-dag variatie	71%	29%	39%	100%	100%	100%



Radio Frequente-EMV Resultaten

Statistische analyses laten zien:

- 6% hogere RF-totaal per uur in elektrische bus
- 8% hogere RF-downlink per uur in elektrische bus
- 6% hogere RF-uplink per uur in elektrische bus (niet significant)
- 11% hogere RF-Broadcast in elektrische bus

- RF-Wi-Fi geen verschil tussen typen bussen

- Verschillen in gemiddelde blootstelling van chauffeurs (persoonlijk belgedrag)



Radio Frequente-EMV Resultaten



Frequentie-gebied	Nederlandse chauffeurs 2021 ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	Zwitserse tieners 2017 ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	Engelse tieners 2019 ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	Limiet (W/m^2)
Broadcast	14,1	4,3	111,7*	2
Downlink	109,8	12,5	81,3	0,4
Uplink	5,7	42,5	30,2	0,4
DECT	4,2	0,8	1,2	9
Wi-Fi	4,1	2,2	17,8	10
WiMax	0,01	-	-	10
ISM	3,2	-	-	10

Vergelijking met andere studies van buschauffeurs

Extreem-Laaq Frequente-EMV

Chauffeurs	Aantal	Gemiddeld [μT]	Minimum [μT]	Maximum [μT]
Nederland, 2021	105	0,108	0,01	16,94
Zweden, 2004	11	0,21	-	3,77



Radio Frequente-EMV

Beroep	Aantal	Gemiddeld (% ICNIRP)	Min (% ICNIRP)	Max (% ICNIRP)
NL chauffeurs	4	0.025	0.00212	0.0439
Spaanse chauffeurs	10	0.029	0.00030	0.1100
Fysiotherapeuten	32	0.061	0.00100	0.2400
Bouwvakkers	37	0.012	0.00002	0.0500



Conclusie

ELF-EMV

- Meetwaarden liggen ruim binnen toegestane limiet
- Streekbussen hebben een 35% hogere blootstelling dan elektrische stads- en dieselbussen (meer accu's, afstand chauffeur accu)
- Tijd $\geq 0,4 \mu\text{T}$ 15x langer in elektrische streek- t.o.v. diesel-bussen
- Geen verschillen in gemiddelde blootstelling tussen chauffeurs

RF-EMV

- Meetwaarden liggen ruim binnen toegestane limieten
- Toename blootstelling RF-EMV van mobiel data verkeer met langere rijtijden op elektrische bus; geldt ook voor RF-EMV van communicatie en radio
- Geen verschil in blootstelling aan RF Wi-Fi tussen bustypen
- Verschillen in gemiddelde blootstelling aan RF-EMV tussen chauffeurs (persoonlijk telefoongebruik)

Vragen?

P.S. Ik zoek een stageplaats