	Spektral miljö		Dokumentnummer LedM Trans 20FMV5518-1:1	
	Organisation LedM Trans	Framtagen av Sabine Alexandersson	Datum 2020-09-04	Version 1.0

## Elektrifiering av vägar och eventuell elektromagnetisk påverkan på svensk försvarsförmåga

Föredragande

(Datum + Sign)

200924 

Granskad av ERIK LUNDSTRÖM


(Datum+ Sign)

2020-10-23 


Godkänd av

(Datum + Sign)

2020-10-28 

	Spektral miljö		Dokumentnummer LedM Trans 20FMV5518-5:1	
Organisation LedM Trans	Framtagen av Sabine Alexandersson	Datum 2020-09-04	Version 1.0	Sida 2 (9)

<b>1</b>	<b>BAKGRUND</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OLIKA TEKNIKER FÖR LADDNING UNDER FÄRD</b> .....	<b>4</b>
	2.1 Konduktiv laddning.....	4
	2.2 Induktiv laddning.....	4
<b>3</b>	<b>RISKER MED DE OLIKA TEKNIKERNÄ</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>EMC-STANDARDER OCH DE LÄGRE FREKVENSONRÄDENÄ</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>SYSTEM SOM RISKERÄR ÄTT PÄVERKÄS</b> .....	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>FRÄMTIDA ÄRBETE</b> .....	<b>8</b>
	<b>REFERENSER</b> .....	<b>9</b>
	<b>REVISIONSHISTORIK</b> .....	<b>9</b>

	Spektral miljö		Dokumentnummer LedM Trans 20FMV5518-5:1	
	Organisation LedM Trans	Framtagen av Sabine Alexandersson	Datum 2020-09-04	Version 1.0

**Att ladda eldrivna fordon under färd är ny teknik där få vetenskapliga underlag finns som beskriver hur tekniken samexisterar med andra system. Längs sträckorna med elväg kan strömmen slås till och från, kontaktstörningar kan ske eller så strålas elektromagnetiska fält avsiktligt ut. Detta kommer att påverka den elektromagnetiska miljön vilket kan försvåra eller omöjliggöra radiokommunikation.**


## 1 Bakgrund

Som ett led i att minska koldioxidutsläppen från bland annat transporter pågår det i dagsläget forskning och utveckling gällande elektrifiering av tungt trafikerade sträckor inom det svenska vägnätet. Syftet är att kunna driva och ladda elfordon under färd. Detta skulle göra elektriska transporter mer tilltalande då stilleståndstid vid laddning skulle minskas. Elvägarna kommer att påverka den elektromagnetiska miljön vilket i sin tur riskerar inverka på svensk försvarsförmåga.

I dagsläget finns ett par kortare teststräckor för test av elektriska vägar - både i Sverige och utomlands. Det finns olika tekniker för energiöverföring, vilket beskrivs nedan, men vilken typ av väg som kommer att föras ut på bred front är ännu inte klart. Då det saknas vetenskapligt kontrollerade underlag för en längre vägsträcka med flera samtidigt ”uppkopplade” fordon på är det i dagsläget svårt att uttala sig om den exakta påverkan på försvarsförmågor.

Redan idag ser man en elektromagnetisk påverkan på Totalförsvarets anläggningar från bland annat järnvägssystem och solcellsanläggningar (innehållande switchad kraftelektronik). Dessa tekniker har mycket gemensamt med de tekniker som föreslås för elektrifiering av vägnätet, varför en negativ påverkan från elektrisk väg inte går att utesluta.

*Observera att detta dokument endast hanterar elvägar ur perspektivet elektromagnetiska störningar. Annan problematik såsom isbildning, påverkan på väg och omgivning eller biologiska effekter av elektromagnetiska fält tas inte upp här.*

	Spektral miljö		Dokumentnummer LedM Trans 20FMV5518-5:1	
	Organisation LedM Trans	Framtagen av Sabine Alexandersson	Datum 2020-09-04	Version 1.0

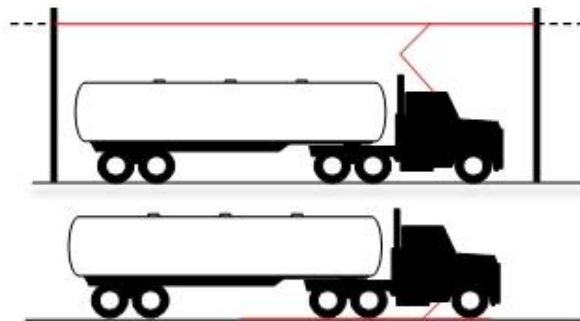
## 2 Olika tekniker för laddning under färd

Det finns två sätt att överföra elektrisk energi till ett fordon under färd; via konduktiv laddning, då en eller flera kontaktledare används för överföring, eller induktiv laddning, då energin överförs kontaktlöst med hjälp av ett magnetfält.

### 2.1 Konduktiv laddning

Vid konduktiv laddning av elfordon har fordonet en galvanisk kontakt med laddaren. Detta kan ske på olika sätt;

- Strömavtagare ovanför fordonet kombinerat med luftledningar.
- Strömavtagare under fordonet kombinerat med ledande delar på vägbanan.
- Strömavtagare på sidan av fordonet kombinerat med ledande delar längs med vägen.




**Figur 1.** Exempel på strömavtagare ovanför fordonet kombinerat med luftledningar (t.v.) och strömavtagare under fordonet kombinerat med ledande delar på vägbanan (t.h.).

Oavsett vilken typ av konduktiv överföring det handlar om så innebär de lösningar som är tillgängliga idag att kontakten mellan strömavtagaren på fordonet och den ledande delen av vägen kan påverkas av exempelvis smuts och beläggningar varför kontakten blir något sämre och störningar riskerar uppkomma.

### 2.2 Induktiv laddning

Då ett fordon laddas med hjälp av induktiv laddning överförs energin via ett magnetiskt fält från en spole i marken till en spole fastmonterad under fordonet. Det fält som spolen i marken strålar ut kommer till största del plockas upp av spolen i fordonet men även fordonet i sig då magnetfält främst söker sig till metalliska strukturer.

	Spektral miljö		Dokumentnummer LedM Trans 20FMV5518-5:1	
	Organisation LedM Trans	Framtagen av Sabine Alexandersson	Datum 2020-09-04	Version 1.0



**Figur 2.** Exempel på trådlös överföring av energin från en spole i vägbanan till spole monterad ombord på fordonet.

### 3 Risker med de olika teknikerna

Ett generellt problem med de olika teknikerna som används för att elektrifiera vägarna är att EMC<sup>1</sup>-standarderna inte riktigt följer med i den snabba teknikutvecklingen samt att det till stor del är i de lägre frekvensbanden, vilka används för radiokommunikation, som elvägstekniken, oavsett överföringsteknik, riskerar störa (se nedan).


Vid konduktiv laddning med strömförande ledare i luften ovanför fordonet eller i sidan av vägen kan i värsta fall hela laddningsstrukturen (exempelvis den strömförande ledaren i luften) ses som en sändande antenn. Vägen bildar då en effektiv antenn i de låga frekvensbanden vilket kan generera elektromagnetiska störningar på mycket stora avstånd.

Järnväg är en typ av elektrisk väg som har en del gemensamt med de tidigare presenterade konduktiva teknikerna. Järnvägen orsakar störningar och i EMC-standarderna ”Skyddsavstånd för luftfartsradiosystem mot aktiva och passiva störningar från anläggningar för elektrisk kraftöverföring och tågdrift” [1] nämns bland annat följande störningar:

- Koronastörningar som stör lång-, mellan- och kortvåg upp till 30 MHz.
- Störningar orsakade av salt och smutsbeläggningar ger störningar upp till 1 GHz.
- Kontaktstörningar som stör främst VHF.

En elektrisk väg med konduktiv laddning där den fast installerade delen av överföringskretsen sitter fast på vägbanan har troligen något mindre elektromagnetiska emissioner än exempelvis elväg med luftledning eftersom asfalten kommer att dämpa en del av fältet och de metalliska delarna av fordonet kommer att ge viss avskärmning. Nivåerna på de elektromagnetiska emissionerna måste fastställas med hjälp av mätningar eftersom det är svårt att förutspå exakt hur denna typ av elväg påverkar sin omgivning elektromagnetiskt.

<sup>1</sup> EMC, elektromagnetisk kompatibilitet, innebär att elektriska apparater ej skall störa eller störas av varandra

	Spektral miljö		Dokumentnummer LedM Trans 20FMV5518-5:1	
Organisation LedM Trans	Framtagen av Sabine Alexandersson	Datum 2020-09-04	Version 1.0	Sida 6 (9)

En elektrisk väg som bygger på induktiv överföringsteknik går ut på att fasta spolrar i vägbanan skickar ut ett elektromagnetiskt fält som sedan plockas upp av spolen under fordonet. Om inte spolarna är nära varandra och perfekt centrerade minskar kopplingsfaktorn och fältet kommer även att koppla till omgivningen vilket i sig kan föra störningarna vidare.

För att skapa det elektromagnetiska fält som används vid induktiv överföring används en kraftelektronisk omformare som omformar en 50 Hz växelspanning till en annan växelspanning med en grundton tex i intervallet 79-90 kHz. Signalen på 79-90 kHz skapas enkelt uttryckt genom att en kraftelektronisk omkopplare slår till och från med hög hastighet och därmed skapar en signal på 79-90 kHz. Denna signal är en fyrkantsvåg vilket i sin tur ger störningar på många fler frekvenser än grundtonen.


Induktiv laddning skickar således ut elektromagnetiska fält på grundtonsfrekvensen samt många övertoner däröver [2]. Detta breda spektrum av signaler hamnar därmed på olika känsliga frekvenser högre upp i frekvensbandet.

## 4 EMC-standarder och de lägre frekvensområdena

Det finns internationella EMC-standarder som reglerar vilka signaler olika civila produkter får lämna ifrån sig. Dessa finns framtagna för en mängd olika existerande teknikområden och miljöer. Syftet med dessa standarder är bland annat att skydda radiomottagning av så kallad rundradio (broadcasting på engelska), det vill säga enkelriktad sändning med stora täckningsområden och mycket starka signaler. Civila standarder är inte framtagna för att skydda radiokommunikation på längre avstånd där det är mycket små signaler som skall tas emot.


Standarderna är framtagna för att kunna producera tillförlitliga resultat som är enkla att återskapa, och av den anledningen är det oftast inte kravställt att genomföra mätningar av luftburen störning under 30 MHz utan enbart undersöka vad som kopplas ut på produktens strömförsörjningskablar. Då det krävs en antenn upp till ett par meter för att skicka ut störningar i de lägre frekvensbanden missar civil standard oftast den störsituation som uppkommer från fysiskt stora produkter (eller system av produkter). Detta innebär att de befintliga EMC-standarder som finns inte speglar den miljö som kommer att råda runt en lång elektrisk väg.

Lågfrekventa signaler dämpas mindre av sin omgivning än högfrekventa och når därmed betydligt längre bort (jämför med ljudvågorna när grannen spelar hög musik – det är det lågfrekventa ljudet från bastoner som hörs in i ditt sovrum). Detta nyttjas vid bland annat kortvågskommunikation där sändare och mottagare kan befinna sig på långa avstånd från varandra, men innebär också att en elektrisk väg kan påverka sin omgivning många mil bort [3].

	Spektral miljö		Dokumentnummer LedM Trans 20FMV5518-5:1	
	Organisation LedM Trans	Framtagen av Sabine Alexandersson	Datum 2020-09-04	Version 1.0


## 5 System som riskerar att påverkas

Många system inom Försvarsmakten använder sig av de lägre frekvensbanden för att kommunicera mellan olika fasta och rörliga enheter över hela Sveriges yta. Några av de system som riskerar att påverkas syns i nedanstående tabell. Tabellen skall inte beaktas som på något sätt heltäckande för Försvarsmaktens verksamhet. Observera att tabellen inte heller beaktar system som används inom andra delar av Totalförsvaret.



	Frekvens	Ubåt	Ytstrid	Luftvärn	Archer	JAS	Hercules	Truppradio
<b>Very Low Frequency</b>	VLF 3-30 kHz							
<b>Low Frequency</b>	LF 30-300 kHz							
<b>High Frequency</b>	HF 3-30 MHz							
<b>Very High Frequency</b>	VHF 30-300 MHz							
<b>Ultra High Frequency</b>	UHF 300-3000 MHz							


*Om elvägarna på ett okontrollerat sätt sprider elektromagnetiska signaler riskerar detta påverka ovanstående system på så sätt att de ofta mycket små signalerna som systemen skall lyssna på döljs i det elektromagnetiska bruset och inte går att urskilja. Därmed riskerar man att förkorta kommunikationsavstånden alternativt slå ut kommunikationen helt. Detta gäller även radiobaserad signalspaning inom underrättelsejämsten då det är mycket små signaler som skall detekteras. Det finns tyvärr inget sätt att bygga bort eller investera sig ur påverkan från en nedskräpning av den elektromagnetiska miljön. Det är därför viktigt att välja elvägsteknik med omsorg.*

	Spektral miljö		Dokumentnummer LedM Trans 20FMV5518-5:1	
Organisation LedM Trans	Framtagen av Sabine Alexandersson	Datum 2020-09-04	Version 1.0	Sida 8 (9)

## 6 Framtida arbete

För att få fram en realistisk bild av de elektromagnetiska emissionerna från en elektrisk väg måste mätningar utföras i en verklig miljö (ej i laboratoriemiljö) med fordon som förflyttar sig längs med vägen. Det är en utmanande typ av mätning då det är många parametrar som påverkar mätresultatet. Baserat på mätningarna kan sedan bedömningar göras avseende påverkan på försvarsförmågan från de olika vägtyperna.



	Spektral miljö		Dokumentnummer LedM Trans 20FMV5518-5:1	
	Organisation LedM Trans	Framtagen av Sabine Alexandersson	Datum 2020-09-04	Version 1.0

## Referenser

- [1] Svensk Standard, *“Skyddsavstånd för luftfartsradiosystem mot aktiva och passiva störningar från anläggningar för elektrisk kraftöverföring och tågdrift”*, SS 447 10 12, Mars 1991
- [2] ITU, *“Assessment of impact of wireless power transmission for electric vehicle charging on radiocommunication services”*, Report ITU-R SM.2451-0 (06/2019)
- [3] Linder, S. et. al., *“Interference Risks from Wireless Power Transfer for Electric Vehicles”*, FOI-R--4808—SE, 2019

## Revisionshistorik

2020-09-24	1.0	Fastställd version