

Til  
**Brancheudvalget for Jernbaner**

Dokumenttype  
**Rapport**

Dato  
**Februar, 2022**

# **BAU TRANSPORT OG ENGROS – BRANCHEUDVALGET FOR JERNBANER – ELEKTROMAGNETISKE FELTER**

**SCREENING AF EKSPONERING VED ARBEJDE MED JERNBANER**



# **BAU TRANSPORT OG ENGROS – BRANCHEUDVALGET FOR JERNBANER - ELEKTROMAGNETISKE FELTER SCREENING AF EKSPONERING VED ARBEJDE MED JERNBANER**

Projekt navn **Bau transport og engros – Brancheudvalget for Jernbaner –  
Elektromagnetiske felter**  
Projekt nr. **1100041352**  
Modtager **Brancheudvalget for Jernbaner**  
Dokumenttype **Rapport**  
Version **3**  
Dato **14-02-2022**  
Udarbejdet af **FLSOD/FRL**  
Kontrolleret af **FRL/THJOH**  
Godkendt af **FRL**  
Beskrivelse Screening af eksponering for elektromagnetiske felter i relation til Bekendtgørelse  
472 samt arbejde indenfor jernbanetransport.

Udarbejdet for Brancheudvalget for Jernbanetransport som er en del af BAU  
Transport og Engros.

**Rapporten må kun offentliggøres i sin helhed og efter tilladelse fra Rambøll**

Rambøll  
Hannemanns Allé 53  
DK-2300 København S

T +45 5161 1000  
F +45 5161 1001  
<https://dk.ramboll.com>

## INDHOLD

<b>1.</b>	<b>Resumé</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Introduktion</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Hvad er Bekendtgørelse nr. 472?</b>	<b>7</b>
3.1	Arbejdsgiverforpligtelser	8
<b>4.</b>	<b>Hvad er elektromagnetisme?</b>	<b>9</b>
4.1	Elektromagnetisme inden for jernbaner	9
4.2	Påvirkning af EMF	10
<b>5.</b>	<b>Screening af EMF eksponering</b>	<b>12</b>
5.1	Litteratur og tilgængelige data/dokumentation	12
5.2	Metode anvendt ved screening	13
<b>6.</b>	<b>Delkomponent screening/vurdering</b>	<b>13</b>
<b>7.</b>	<b>Fælles for alle jernbanetyper</b>	<b>15</b>
<b>8.</b>	<b>Individuelle jernbanetyper</b>	<b>17</b>
8.1	Fjerntog	17
8.2	S-Tog	20
8.3	Metro	23
8.4	Letbane	25
<b>9.</b>	<b>Screening/Risikovurdering af jernbanetyper</b>	<b>27</b>
9.1	Kombinerede påvirkninger	28
9.2	Screening/vurderingens underbygning af dokumentation	28
<b>10.</b>	<b>Beskyttelsesmuligheder overfor EMF</b>	<b>29</b>
<b>11.</b>	<b>EMF reduktionsmuligheder</b>	<b>29</b>
11.1	Køreledninger & tilhørende returstrøm	29
<b>12.</b>	<b>Anbefalinger til videre forløb (Målinger er udført efterfølgende)</b>	<b>29</b>
<b>13.</b>	<b>Målinger</b>	<b>31</b>
<b>14.</b>	<b>Opsummering</b>	<b>31</b>
<b>15.</b>	<b>Bilag</b>	<b>33</b>
<b>16.</b>	<b>Litteraturliste</b>	<b>34</b>

## 1. RESUMÉ

Brancheudvalget for Jernbaner har bedt Rambøll udarbejde en screening/vurdering af, hvilke arbejder i relation til branchen der indebærer risiko for udsættelse for elektromagnetiske felter (EMF) samt de potentielle kilder. Brancheudvalget havde et ønske om et øget/forbedret overblik over EMF, da branchen er vidt forgrenet med mange arbejdsområder og udstyr.

Rambøll har løst/opdelt opgaven på følgende måde:

1. Indledningsvist er der foretaget en screening/vurdering af, hvilke arbejder inden for jernbaner, der kan indebære en risiko og der er udarbejdet forslag til målinger hos forskellige firmaer.
2. På baggrund af ovenstående har Rambøll udført elektromagnetiske målinger hos forskellige firmaer, hvor forskellige arbejdssituationer/udstyr er blevet kontrolleret for elektromagnetisk stråling. Rapporterne er vedhæftet som bilag.
3. Afsluttende er der udarbejdet nærværende rapport med opsummering af resultaterne – herunder opstilling af områder, hvor der er konstateret risiko for overskridelse af grænseværdierne samt anbefaling til tiltag.

Et problem ved denne screening/vurdering har været at finde brugbare undersøgelser/rapporter/målinger til at belyse problemstillingerne. Det er derfor besluttet at supplere rapporten med målinger for at kaste lys over emnet.

Screeningen/vurderingen har med baggrund i målingerne udmøntet sig i en liste med områder, hvor der er risiko for overskridelse af grænseværdierne. Se også afsnit 14.

Røde områder i nedenstående skema er vurderet til at være med højst risiko for sundhedsmæssig indflydelse. Orange områder er med moderat risiko for sundhedsskader ved arbejde/ophold. Grønne og gule områder vurderes at være med lav eller ingen risiko.

Hvor Rambøll har vurderet, at et område er dokumenteret ved måling eller ved oplysninger, som er valide, så dette anført i skemaet som Dokumenteret. Hvor der ikke direkte foreligger målinger eller valide data er vurderingen benævnt som en Antagelse begrundet i formodning om udstyrets beskaffenhed/tekniske formåen.

Risikovurdering	Fjerntog		S-tog	Metro	Letbane
	Lokomotiv <sup>1)</sup>	Togsæt <sup>2)</sup>			
Passagerer	Dokumenteret	Dokumenteret	Antagelse	Antagelse	Antagelse
Lokomotivfører	Dokumenteret	Dokumenteret	Antagelse		Antagelse
Togrevisor	Dokumenteret	Dokumenteret	Antagelse	Antagelse	Antagelse
Værksted <sup>3)</sup>	Dokumenteret	Dokumenteret	Dokumenteret	Antagelse	Antagelse
Banearbejdere <sup>3)</sup>	Dokumenteret		Antagelse	Antagelse	Antagelse
Antenner i mast <sup>4)</sup>	Dokumenteret		Dokumenteret	Dokumenteret	Dokumenteret

Tabel 4: Oversigt over risikovurdering fordelt på jernbanetyper og jobtyper

1) Betegnelsen lokomotiv dækker over dieselmekaniske, dieselelektriske og elektriske lokomotiver med påkoblede personvogne.

2) Betegnelsen togsæt dækker over dieselmekaniske, dieselelektriske og elektriske selvkørende togsæt, som ikke anvender separat lokomotiv.

3) Inklusive transformerstationer samt værktøj (svejsning)

4) Antenner kan også være placeret på bygninger m.m.

Røde områder i skemaet anviser områder, hvor der er risiko for en væsentlig overskridelse af grænseværdierne for elektromagnetisk stråling. I afsnit 14 er oplyst væsentlige risiko områder i mere detaljeret grad med angivelse af kilder samt sikkerhedsafstande.

Ved afslutning af denne rapport er der ikke vurderet noget behov for yderligere EMF målinger for at belyse screening og vurdering af EMF på jernbaneområdet. Det er dog altid vigtigt ved benyttelse af nyt udstyr/togsæt at overveje, om der kan være en eventuel EMF risiko.

## 2. INTRODUKTION

### Baggrund

Der opleves generelt en øget bevidsthed om elektromagnetiske felter. Siden 2016 har der for første gang været en egentlig lovgivning vedrørende elektromagnetiske felter på arbejdspladser, hvor lovgivningen indeholder fastsatte grænseværdier. Før 2016 der kun været anbefalede grænseværdier for både arbejdere samt den offentlige befolkning.

Bekendtgørelse nr. 472 af 25-05-2016 sætter blandt andet eksponeringsgrænseværdier for arbejde, som udføres for en arbejdsgiver, og hvor den ansatte eksponeres eller kan blive eksponeret for elektromagnetiske felter i forbindelse med arbejdet.

Elektromagnetiske felter forkortes både EMF (elektromagnetiske felter) - dansk og EMR (electromagnetic radiation) – engelsk. I denne rapport er benyttet EMF.

Brancheudvalget for Jernbanetransport ønsker i den forbindelse et øget/forbedret overblik over, hvilke arbejder i relation til branchen der indebærer risiko for udsættelse for elektromagnetiske felter samt de potentielle kilder.

Brancheudvalget har derfor bedt Rambøll foretage en screening af, hvilke arbejder inden for jernbanetransport, der kan indebære en risiko. Rambøll har tillige udført elektromagnetiske målinger hos forskellige firmaer, hvor forskellige arbejdssituationer er blevet kontrolleret for elektromagnetisk stråling. Rapporterne er vedhæftet som bilag.

### Formål

Formålet med nærværende rapport er at afdække risici for udsættelse for elektromagnetiske felter og belyse den elektromagnetiske stråling ved måling af forskellige arbejdssituationer i forbindelse med arbejde indenfor jernbanetransportbranchen. Afdækningen foretages med baggrund i bekendtgørelse nr. 472 og skal bidrage til at sikre, at arbejder kan planlægges, tilrettelægges og udføres således, at det sikkerheds- og sundhedsmæssigt er fuldt forsvarligt.

Formålet er således også at vurdere eventuelle risici og foretage elektromagnetiske målinger, således denne information kan indgå i arbejdspladsvurderingerne.

Der kan på denne baggrund opstilles følgende fire delmål for rapporten:

- Foretage screening af forskellige typer af arbejde indenfor jernbanetransportbranchen, således disse oversigtsmæssigt kan opstilles og kategoriseres efter risiko som følge af eksponering for elektromagnetiske felter.
- Opstille vurdering samt anbefaling af eventuel videre forløb, herunder vurdering af behov for flere målinger eller beregninger, som måtte være nødvendige for at klarlægge, om der er en fare for sikkerhed og sundhed ved udsættelsen for elektromagnetiske felter.
- Udføre elektromagnetiske målinger af forskellige arbejdssituationer, hvor der er vurderet en sundhedsrisiko kunne være til stede
- Sluttelig vurdere om denne rapport med de udførte målinger er "dækkende" for området. Er der udført målinger i et omfang, så man kan konkludere at emnet er belyst samt ikke mindst oplyste de områder/arbejdssituationer, hvor der er risiko for elektromagnetisk eksponering med felttætheder, som ligger over grænseværdierne.

### Tilgang/ Fremgangsmåde

I rapporten beskrives indledningsvis generelle forhold, der danner grundlag for den foretagne screening. Herefter beskrives resultaterne af de elektromagnetiske målinger. Derefter beskrives screeningen sammen med vurdering af risiko for overskridelse af elektromagnetiske grænseværdier. Sidst i rapporten er samlet evaluerende generelle afsnit sammen med konklusion og anbefalinger.

Hvor der har været tilgængelig yderlig dokumentation på foretagne målinger "On site" er dette inkluderet i vurderingen og reflekteret i rapporten.

Der kan være stor forskel på niveauet for elektromagnetiske felter alt efter hvilket arbejdsområde samt hvilke typer jernbaner, der er tale om. I rapporten er screeningen derfor generelt opdelt i følgende:

#### Jernbanetyper:

- Fjerntog
- S-tog
- Metro
- Letbane

#### Medarbejdergrupper:

- Lokomotivfører
- Togrevisor/ Kørende personale
- Service- og værkstedspersonale
- Rengøringspersonale
- Banearbejdere

For hver jernbanetype er der for hver medarbejdergruppe beskrevet mulige risici for eksponering for elektromagnetiske felter. Der er herpå foretaget en vurdering (kategorisering) af risici. Kategoriseringen er opgjort med følgende farveinddeling, der indikerer vurderingen af alt efter hvor i følgende kategorier:

KATEGORISERING	VURDERING AF RISIKO FOR OVERSKRIDELSE AF EMF GRÆNSEVÆRDIER
<b>GRØN</b>	<i>Ingen risiko for overskridelse</i>
<b>GUL</b>	<i>Lav risiko for mindre overskridelser</i>
<b>ORANGE</b>	<i>Moderat risiko for overskridelser</i>
<b>RØD</b>	<i>Høj risiko for store overskridelser</i>

Ovenstående gruppering har som udgangspunkt om komponenten er i stand til at genere en feltbelastning, som overskrider grænseværdierne slet ikke, lavt, moderat eller højt.

De enkelte vurderinger er baseret på erfaringer opsamlet via forskellige opgaver og er gengivet i opsamlende afsnit sidst i rapporten.

Denne rapport forsøger overordnet at belyse de mest kritiske kilder til EMF, både for passagerer og forskellige medarbejdergrupper.



### 3. HVAD ER BEKENDTGØRELSE NR. 472?

Bekendtgørelse nr. 472 at 25. maj 2016 er baseret på EU-Forordning 2013/35/EU, og er en bekendtgørelse vedr. arbejde, som udføres for en arbejdsgiver, og hvor den ansatte eksponeres eller kan blive eksponeret for elektromagnetiske felter i forbindelse med arbejdet. Bekendtgørelsen er knyttet til arbejdsmiljøloven og fastsætter bl.a. eksponeringsgrænseværdier.

Bekendtgørelse nr. 472 danner udgangspunkt for nærværende rapport samt brancheudvalget for jernbaners ønske om at afklare potentielle kilder og eksponering for elektromagnetiske felter.

Bekendtgørelsen dækker ikke passagerer eller andre på offentligt tilgængelige områder. Her gælder direktiv 1999/519/EF som følger grænseværdierne i ICNIRP 1998 for frekvenser op til 100 kHz og ICNIRP 2020 for frekvenser mellem 100 kHz og 300 GHz.

Bekendtgørelse nr. 472 elektromagnetiske felter med frekvenser op til 300 GHz.

Det er den første arbejdsmiljøbekendtgørelse, som direkte adresserer ansattes påvirkning fra elektromagnetiske felter. Hidtil har påvirkning fra elektromagnetiske felter blot kunne henføres til det mere indirekte forhold, at en arbejdsgiver ikke må udsætte en medarbejder for skadelige forhold.

Bekendtgørelsen kræver, at der tages stilling til medarbejdernes elektromagnetiske eksponering i APV'en. Dette kan ske ved en teoretisk vurdering, en teoretisk beregning eller ved målinger. Den teoretiske vurdering kan f.eks. ske på basis af leverandørplysninger.

Der skal med passende mellemrum foretages fornyet vurdering/beregning/måling af elektromagnetiske felter i APV'en. Dette kan for eksempel ske ved indkøb eller ændring af udstyr.

Overordnet set opereres med tre forskellige kategorier af befolkningsgrupper, som hver kan have/har forskellige grænseværdier:

- Arbejdere (Grænseværdier følger bekendtgørelse 472)
- Offentlig befolkning, hvorunder gravide skal henregnes. (følger gældende anbefaling fra ICNIRP – senest revideret i 2020)
- Særligt udsatte arbejdstagere (personale med f.eks. medicinske implantater, pacemakere m.m.). Her skal/kan der opereres med specielle grænseværdier afhængig af lægens/producentens anvisning)

Uddrag fra Arbejdstilsynets AT vejledning om ikke-ioniserende stråling:

*Den høje grænseværdi gælder for den typiske arbejdstager, hvor det forudsættes, at der er tale om sunde voksne mennesker, som er velinformerede om de farer, de udsættes for, og som kender de forholdsregler, der bør tages. Den lave grænseværdi er normalt fem gange lavere og gælder for befolkningen som helhed inklusive særligt følsomme risikogrupper. Den særlige følsomhed kan fx skyldes alder, graviditet, kredsløbslidelser eller implantater.*

Hvis grænsen for offentlig befolkning overskrides, så anbefales opmærkning ved skiltning af området, så f.eks. gravide og særligt udsatte medarbejdere er opmærksom på dette.

Hvis grænseværdien for arbejdere overskrides, skal området afspærres/aflåses og skiltning skal opsættes, således der ikke kan opnås adgang før udstyr er slukket, og de elektromagnetiske felter er reduceret til under grænseværdierne.

Der er i denne screening taget udgangspunkt i grænseværdierne for den almindelige befolkning, da det dels er på den sikre side – dels tager højde for medarbejdergrupper, som skal henregnes til denne kategori (f.eks. gravide). Det gør arbejdsgiverens stilling mere klar og utvetydig.

### **3.1 Arbejdsgiverforpligtelser**

Ejeren af teknisk udstyr (i dette tilfælde oftest arbejdsgiveren) er forpligtet til at sikre, at det overholder EMF grænseværdierne for offentlig befolkning, hvor denne har adgang. Det betyder at f.eks. en omformerstation ikke må udsende for kraftigt EMF-felt uden for det afspærrende hegn. Hvis den gør det, skal omformerstationen ombygges eller det afspærrede område udvides.

Arbejdsgiveren er forpligtet til at lave APV for hver arbejdspladstype. I APV'en skal det fremgå, hvilke sundhedsmæssige risici der måtte være, og hvilke tiltag der er gjort for at undgå disse. Herunder også påvirkning af EMF-felter. Der skal i APV'en også tages hensyn til både gravide og medarbejdere med medicinske implantater, da der skal tages særlige hensyn til disse medarbejdergrupper. Eksempelvis kan det være, at en medarbejder med medicinsk implantat ikke må anvende radioudstyr.

Arbejdsgiveren skal med passende intervaller revurdere medarbejdernes påvirkning af EMF-felter, som f.eks. ved indkøb af nyt materiel, eller ombygning/opgradering af eksisterende.

For at kunne foretage en kvalificeret teoretisk vurdering af EMF-felterne fra tog og relaterede systemer, bør der indhentes informationer herom fra leverandørerne. Hvis ikke den er tilgængelig, bør der foretages målinger. Hvert lokomotiv / togsættype skal vurderes individuelt.

Det er vigtigt, at der ses på den samlede påvirkning af EMF-felter fra både egne kilder såvel som fremmede kilder.

## 4. HVAD ER ELEKTROMAGNETISME?

Alle er udsat for elektriske eller magnetiske felter i hverdagen. De kommer i større eller mindre grad fra elektriske apparater og ledninger, men også fra jorden. Jordens magnetfelt er permanent (det er derfor et kompas virker), men ikke helt ensartet, da det er lidt forskelligt fra sted til sted. Der er ikke noget elektrisk felt fra jorden.

EMF i de frekvenser som dækkes af bekendtgørelse 472, er alle det som kaldes ikke-ioniserende, hvilket betyder, at de ikke indeholder energi nok til at forandre cellerne i kroppen. Derfor er der heller ikke nogen tidsmæssig begrænsning, i hvor længe man må befinde sig i et givent felt, da de ikke kan ophobe sig i kroppen. Ved ioniserende felter (alfa-, beta- og gammastråling) er der en grænseværdi på årsbasis, for hvor meget kroppen må udsættes for, men det er ikke indbefattet i denne bekendtgørelse.

EMF-felter består af henholdsvis et elektrisk felt og et magnetisk felt. Der kan godt være et kraftigt elektrisk felt, og et lavt magnetisk felt – eller modsat. Begge felttyper skal vurderes.

Grundlæggende udsender alt der producerer, transporterer og forbruger strøm elektromagnetiske felter. Størrelsen af felterne afhænger af flere faktorer, som f.eks. spændingen eller strømforbruget, men også kredsløbets udformning har betydning.

Tre af de mest benyttede internationale forkortelser for elektromagnetisme er de følgende:

1. EMF betyder Electro Magnetic Field, som er det målte felt i luften, elektrisk eller magnetisk felt.
2. EMR betyder Electro Magnetic Radiation, som er feltet udsendt i luften. Ønsket felt fra antenner, og uønskede felter fra f.eks. køre-/højspændingsledninger, omformer stationer, elektromotorer m.m.
3. EMC betyder Electro Magnetic Compatibility, som er elektrisk udstyr og systems evne til at fungere acceptabelt i deres elektromagnetiske miljø ved at begrænse utilsigtet produktion, udbredelse og modtagelse af elektromagnetisk energi, som kan forårsage uønskede effekter såsom elektromagnetisk interferens (EMI) eller endda fysisk skade i driftsudstyr.

De elektriske felter måles i V/m (Volt pr. meter), og de magnetiske felter måles i Tesla. Da værdien Tesla er stor, anvendes oftest  $\mu\text{T}$  (1 Micro Tesla som er  $0,000001\text{T}=1\mu\text{T}$ ).

Både det elektriske og det magnetiske felt kan måles fra lave frekvenser, selv på afstand af kilden. Fra høje frekvenser måles kun det elektriske felt, da det magnetiske felt hurtigt falder i styrke.

### 4.1 Elektromagnetisme inden for jernbaner

Ved jernbanetransport benyttes el-drevne installationer i stor stil, hvorfor der er mange installationer at tage i betragtning under screening/vurdering af eksponering fra EMF. El-motorer, radarsystemer, radiokommunikation m.fl. bidrager alle ved udsendelse af elektromagnetiske felter.

Felternes størrelse afhænger af installationens strømforbrug og design. Man kan ikke alene benytte strømforbruget, da f.eks. radioinstallationer har et forholdsvis lavt strømforbrug sammenlignet med el-motor, men radioinstallationen kan sagtens være langt mere betydende i vurderingen af risiko for eksponering, da udsendelse af elektromagnetiske felters størrelse afhænger meget af selve designet på installationen.

Det er desuden nødvendigt at både medtage de felter som er udsendt af eget udstyr (f.eks. køreledninger og GSM-R), men også EMF udsendt af fremmed udstyr (f.eks. højspændingsledninger, mobilmaster m.m.). Heldigvis er der dog ofte så stor afstand eller optræder i så kort tid, at felterne er aftaget så meget, at det ikke har nogen betydende virkning på vurderingen.

Groft kan man inddеле installationer indenfor jernbanetransport i følgende delkomponenter, som udsender EMF:

- Elforsyningsanlæg til fremdrift af togsæt (jævnstrøm/vekselspænding) – frekvens?
- Sikkerheds anordninger (frekvens?)
- Radioanlæg (frekvens)
- Styringsenheder (frekvens)
- Belysning (frekvens)
- El-opvarmning (frekvens)
- El-forsyning til passagerer (50Hz)

Helt overordnet er det vigtigt at holde sig for øje, at jo større afstand til installationen – jo mindre er feltbelastningen. Sikkerhed skabes via afstand til komponenten og jo større afstand – jo mindre er feltbelastningen.

#### **4.2 Påvirkning af EMF**

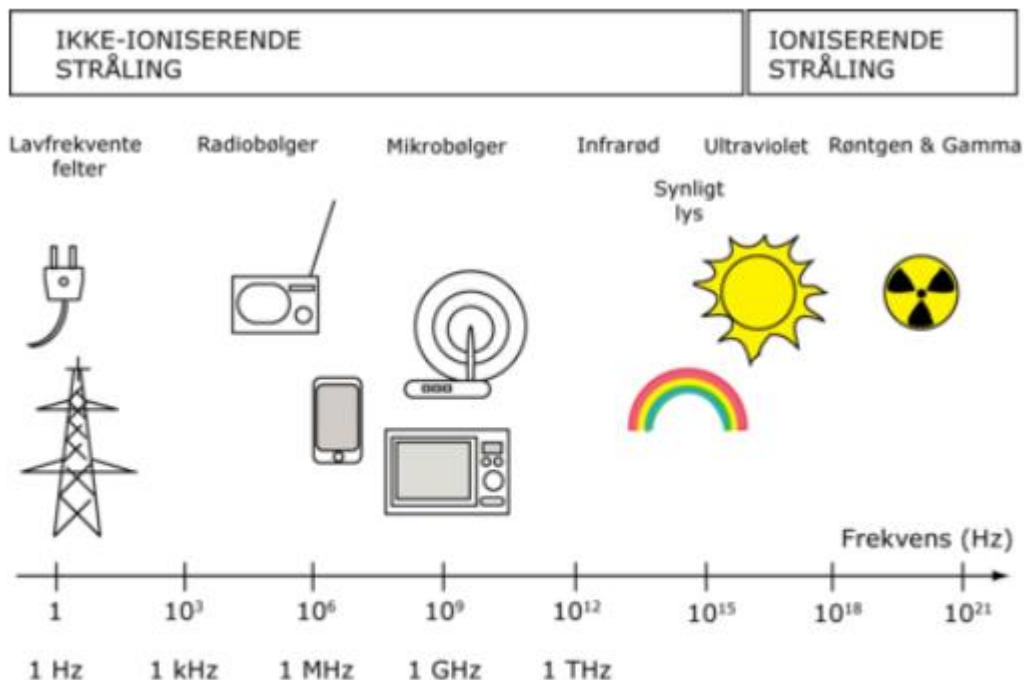
EMF kan påvirke både direkte og indirekte.

Ved direkte påvirkning er der ifølge det danske & norske arbejdstilsyn følgende korttidspåvirkninger:

- Magnetisk felt fra DC kan påvirke balanceorganet og således give svimmelhed og kvalme når feltet varierer eller man bevæger sig i feltet
- Op til 10 MHz hvor sanseorganer som nerver og muskler kan påvirkes
- Over 10 MHz hvor kroppen opvarmes termisk. Opvarmning ophører når felt forlades

Ved indirekte påvirkning hvor f.eks. et medicinsk implantat ophører med at virke korrekt – eller et implantat "opfanger" den elektromagnetiske påvirkning og dermed påvirkes u hensigtsmæssig (opvarmes eller tiltrækkes).

Elektromagnetiske felter opdeles i to typer – ioniserende og ikke ioniserende.



De elektromagnetiske felter måles i frekvens (Hertz). Jo højere frekvens, jo mere energi er der i strålingen.

Kilde: Sundhedsstyrelsen

Der er ifølge sundhedsstyrelsen ingen påviselige langtidspåvirkninger ved ikke ioniserende påvirkning, hvilket er tilfældet ved jernbaner.

Der er ingen tidsmæssig begrænsning i ophold i elektromagnetiske felter, da det er ikke ioniserende eksponering, som ikke ophober sig i kroppen. Effekten fra et ikke ioniserende EMF-felt, ophører så snart man forlader det, på samme måde som varmen når man går fra sollys og ind i skyggen.

## 5. SCREENING AF EMF EKSPONERING

I jernbanedrift indgår brugen af elektricitet, som generer EMF, i mange elektriske enheder /anlæg (elmotorer, styringsboks, belysning osv.).

Overordnet kan man opdele elforbrugende enheder/materiel/anlæg i følgende kategorier/teknologier:

- Elforsyningsanlæg til fremdrift af togsæt (jævnstrøm/vekselspænding) – frekvens?
- Sikkerheds anordninger (frekvens?)
- Radioanlæg (frekvens)
- Styringsenheder (frekvens)
- Belysning (frekvens)
- El-opvarmning (frekvens)
- El-forsyning til passagerer (50Hz)

Udstyr medbragt af passagererne som f.eks. computer/IT-udstyr, telefoner m.m. udsender kun meget svage felter og er derfor ikke behandlet i denne rapport, da det er velkendt, at disse ikke kan udgøre en risiko for overskridelse af gældende grænseværdier.

Personalet forbundet med jernbanedrift kan opdeles i følgende medarbejder kategorier, hvor der er en risiko for EMF-eksponering:

- Lokofører
- Togfører/togrevisorer
- Service/værkstedspersonale
- Banearbejdere (arbejder tæt på strømførende anlæg)
- Rengøringspersonale
- Passagerer

Der er overordnet set på følgende jernbanetyper

- Fjernbane
- S-tog
- Metro
- Letbane

### 5.1 Litteratur og tilgængelige data/dokumentation

Der er fundet litteratur, som fokuserer forskellige emner indenfor EMF området, men der er ikke fundet litteratur, som decideret beskriver og vurderer risici for EMF eksponering på jernbanetransport som helhed.

Det mest brugbare har været DSB S-togs rapport fra Tåstrup udarbejdet i 2017, hvor der er udført målinger af forskellige arbejdssituationer, hvor der potentielt kunne være en risiko for EMF eksponering over de tilladte grænseværdier. Der var primært fokus på remisearbejde ved tændt udstyr på togsættene – både stillestående og ved rangering.

Typisk kan man via leverandørerne af udstyr (lokomotiver, motorer, radioer m.m.) få udleveret data/erklæringer på, hvor kraftig EMF deres udstyr udsender. Men det er ikke altid tilfældet.

Ved stort komplekst udstyr, som f.eks. lokomotiver eller togsæt, er det vigtigt at sikre sig, hvilket udstyr erklæringen inkluderer, som f.eks. balise-, radar- og radiosystemer. Eller om der kun er målt på enkeltkomponenter – som for eksempel motorstyring og motorer.

For at kunne foretage en korrekt vurdering er det vigtigt, at leverandørens erklæring indeholder mere end blot "overholder grænseværdier", da det så ikke oplyser, hvor tæt på grænseværdierne udstyret er i tilfælde af, at der er EMF fra andre samtidige kilder.

Der skal indsamles information om samtlige versioner af f.eks. togsæt, hvor der er væsentlige forskelle i relevante dele. Det kan også blot være anden software til f.eks. motorstyring, hvor denne vil forårsage forandring i feltstyrken.

## 5.2 Metode anvendt ved screening

Al den indsamlede information er benyttet til at skabe overblik over EMF påvirkningen.

I forbindelse med screeningen er de forskellige togsæts komponenter vurderet individuelt og risiko for overskridelse af EMF grænseværdier er vurderet. Hvor der mangler information/data er det vurderet, hvor kritisk dette er vurderingen baseret på skønnet strømforbrug og teknologi.

Sluttelig er det vurderet, hvorvidt samvirkning af EMF fra forskelligt udstyr/komponenter kan influere på vurderingen.

## 6. DELKOMPONENT SCREENING/VURDERING

Nedenunder er groft skønnet nogle sikkerhedsafstande baseret på den tilgængelige information og erfaringer på området.

Groft kan man fælles for alle jernbanetyper opdele togsæt i følgende hovedkomponenter – samtidig er givet en vurdering af EMF sikkerhedsafstanden gældende for den offentlige befolkning.

Togsæt:

- Fremdrift af togsæt (jævnstrøm/vekselspænding) – afhængig af jernbanetypen – se skema nedenfor
- Sikkerheds anordninger – 1,0m
- Radioanlæg
  - GSM-R antenner i master 0,6 – 15m
  - GSM-R antenner på togsæt – 0,5m
  - WiFi – 0,2m
  - Mobilrepeatere – 0,5m
- Styringsenheder – 0,5m
- Belysning - ingen

- El-opvarmning – ingen
- El-forsyning til passagerer - ingen
- Passager medbragte elektriske effekter – ingen

#### Komponent til fremdrift af togsæt

Type	Skønnet sikkerhedsafstand i forhold til den offentlige befolkning
Fjernbane	0 – 1,0m
S-tog	0 – 1,0m
Metro	0 – 1,0m
Letbane	0 – 1,0m

Transformerstationer har typisk en sikkerhedsafstand på 0-3,0m fra komponenterne udenfor. Inde i "transformerhuset" er der typiske ingen. Ved ydervæggene på en transformerstation er der ingen begrænsninger for færden/sikkerhedsafstand lig 0m.

Ved jernbanespor til de forskellige jernbanetyper er der typisk en sikkerhedsafstand fra strømførende ledninger på 0 - 3m (Usikker). Sikkerhedsafstanden af hensyn til gnist/stød for uisolerede kabler er større.

Antenner opsat i master for GSM-R vil typisk have en sikkerhedsafstand på op til ca. 15m i senderretningen. I de andre retninger (under, bagved) er det typisk 0,6m.

I værksteder er det oftest svejseanlæg, som kan generere EMF. Ved uheldig behandling af strømforsyningen/kablerne kan sikkerhedsafstanden typisk forøges til 0,5m eller mere.



## 7. FÆLLES FOR ALLE JERNBANETYPEN

Mange af installationerne i jernbanetyperne minder om hinanden, selvom de ikke er helt ens.

Nedenunder er opliste en del fælles træk



Fælles for alle jernbanerelaterede systemer (Metro/Letbane/S-tog/Fjerntog) er, at der benyttes radiokommunikation (GSM-R / mobiltelefoner), radarsystemer m.m. som alle udsender radiobølger. Derudover er der balise-systemer til signalkommunikation.

Håndbårne radioer udsender svage signaler (på niveau med en almindelig mobiltelefon), så de ligger inden for grænseværdierne for passagererne.

Basestationsantennen til GSM-R vil udsende felter der overskrider grænseværdierne, hvis man kommer tæt på antennen (indenfor 15 m i senderetningen). Ved almindelig færdsel på jorden omkring en mast, vil der ikke være problemer.

Håndbårne radioer udsender svage signaler, så de udgør ikke nogen risiko for gravide og almindelige medarbejdere. Arbejdsgiveren skal i APV tage højde for medarbejdere med medicinske implantater, da denne kategori kan have særlige behov.

Radioudstyr bør dog måles, hvis det samlede felt fra andre kilder vurderes at være meget tæt på grænseværdierne, således at blot et lille tillægsbidrag vil forårsage overskridelse af grænseværdierne.

Hvis der skal arbejdes tæt på basestationsantennen til GSM-R, er der risiko for at overskride grænseværdierne, og antennen skal derfor slukkes, såfremt det er anbefalet i

arbejdsinstruksen. Sikkerhedsafstanden afhænger meget af i hvilken retning der arbejdes i forhold til senderetningen (typisk vinkelret ud fra antenne). Det kan variere fra 0,6m til ca. 15m.

Hvis der er basestationsantennener på en bygning, bør disse også slukkes, hvis der skal udføres arbejde tæt på og i særdeleshed lige foran antennerne.

Det anbefales også, at radar- og balisesystemer slukkes, hvis der skal foretages servicearbejde i deres umiddelbare nærhed – indenfor en 1m.

Signaler udsender ifølge DS/EN 50500 så lave felter, så der kan ses bort fra disses bidrag. Det gælder kun selve signalerne, ikke eventuelle radiosystemer tilknyttet disse.

## 8. INDIVIDUELLE JERNBANETYPEN

EMF-niveauet fra de forskellige typer af jernbaner er forskellige, da motorer, teknisk udstyr m.m. ikke er ens. Det er derfor relevant at opdele jernbanetransport i forskellige typer.

### 8.1 Fjerntog



De elektrificerede dele af fjerntogene anvender 25kV 50Hz i overledning. EMF-feltets størrelse er blandt andet afhængig af, om der er returledning i masterne, eller om der kun anvendes køreskiner til returstrøm. Jo større separationsafstanden mellem forsyningsledning og returledning er fra hinanden, des større magnetfelt genereres (ved samme strømforbrug).

Fjerntog deles op i 3 kategorier:

- **Dieselmekaniske:** En dieselmotor driver toget via gearkasse (f.eks. IC3). EMF-felter udsendt af toget vurderes til at være lave.
- **Dieselektriske:** En dieselmotor driver en generator, som leverer strøm til banemotorerne (f.eks. MZ/ME). Her er der EMF-felter fra både generator og banemotorer, dog er strømkablerne forholdsvis tæt samlet, hvilket giver lavere EMF-felter. Hvis lokomotivet kører på en elektrificeret strækning, skal EMF-feltet fra køreledningerne lægges til felterne fra lokomotivet. Der vil være forskel på de 2 førerrum, afhængig af afstand til generator.
- **Elektriske:** Elektromotorer drives af strøm fra køreledninger (f.eks. ET/IR4/EG). Der vil være EMF-felter både fra køreledningsanlægget, banemotorer samt motorstyringen. Der kan være forskel på de 2 førerrum i ellokomotiver, grundet forskellig afstand til el-teknisk udstyr.

Ved ophold tæt på elektrificeret bane er det konstateret ved tidligere målinger af Rambøll på en perron, at de kraftigste EMF-felter optræder, når man står mellem el-fødested og accelererende (strømforbrugende) tog.

## **Passagerer**

I elektriske togsæt bliver passagerer udsat for felter fra både køreledninger, motorstyring og motorer.

I lokomotivtrukne personvogne bliver passagererne ikke udsat for så kraftige EMF-niveauer, da der kun vil være eventuelle køreledninger, som afgiver nævneværdige felter. Da vognkassen er jordet, vil felterne derfor være mindre end på en perron.

Derudover kan der komme mindre EMF-bidrag for medrejsendes aktive mobiltelefoner og personalets terminaler til billetkontrol. Mobiltelefoner bør dog efter introduktion af repeater i tog, sende med svagere sendestyrke og dermed afgive svagere felter.

## **Personale**

Personalet har adgang til flere steder end passagererne og kan derfor blive udsat for EMF-felter flere steder, som f.eks. i lokomotiver og ved servicearbejde. Derudover kan der være butiks-/kontorpersonale med lokaler beliggende umiddelbart op af eller over spor/elforsyning til banen.

## **Lokomotivførere**

Det vurderes, at lokomotivføreren er udsat for kraftigere EMF i et lokomotiv end i et togsæt, da kilderne er mere koncentreret, og dermed tættere på den faste arbejdsplads.

EMF-niveauet i et lokomotiv vil afhænge af flere faktorer:

- Maksimal effekt
- Maksimal elektrisk bremsning
- Placering af teknisk udstyr
- Udformning af el-teknisk udstyr
- Elkablers føringsveje

Ovenstående gør, at de 2 førerrum skal vurderes/måles individuelt.

Det vurderes, at førerrummet i styrevognene vil have det svageste EMF niveau, som vil ligge på niveau med en almindelig personvogn.

Ifølge den tyske hjemmeside emf-portal.org (se litteraturliste) er der foretaget målinger i førerrum i tyske lokomotiver, hvor der er målt markante overskridelser af EMF-grænseværdien gældende for alle medarbejdere. Disse overskridelser er foretaget på strækninger med 15 kV 16,67 Hz kørestrøm, som vil give kraftigere magnetiske felter (grundet lavere spænding og dermed højere strømforbrug) end den danske kørestrøm på 25 kV 50 Hz.

## **Togførere/togrevisorer**

I elektriske togsæt vil personalet (ikke lokomotivfører) blive udsat for de kraftigste EMF-niveauer. Afhængig af placering af teknikskabe og adgang til disse kan personalet blive udsat for højere EMF-niveauer end passagererne.

I lokomotivtrukne personvogne vurderes det, at EMF-niveauerne vil være markant lavere, da det kun vil være eventuelle køreledninger, som afgiver nævneværdige EMF-niveauer.

## **Service-/værkstedspersonale**

Servicering af WiFi i tog: Antennerne udsender kun svage signaler, men det anbefales, at der slukkes for WiFi systemet, hvis der skal arbejdes med antennerne (både inde i toget og på taget).

Servicering af mobil-repeatersystem i tog: Systemet lukker normalt ned, når toget er hensat på depot eller værkstedsspor. Det anbefales dog, at der slukkes for systemet, hvis der skal arbejdes med eller umiddelbart op ad antennen (både leaky-feeder og tagantennen).

Der kan anvendes udstyr som f.eks. svejseapparater på værksteder, som kan udsende kraftige felter. Der kan være særskilte instrukser for anvendelse af disse apparater for at minimere feltstyrken.

Hvis der foretages belastningstests på elektriske systemer eventuelt med åbne teknikskabe, kan der være en forhøjet risiko for EMF-niveauerne bliver for høje.

### **Rengøringspersonale**

Normalt foretages rengøring af tog kun, medens de holder stille og rengøringspersonalet vil derfor kun blive udsat for felter fra køreledninger og/eller eventuelle ladekabler til personvogne. Hvis tændt klimaanlæg/varmeanlæg får strøm fra ladekabel på opstillingsspor, vil der være felter omkring kablet.

Det forventes, at f.eks. støvsugere anvendt af rengøringspersonalet ikke udsender kraftige felter.

### **Banearbejdere**

Ved almindelig færden i spor vil medarbejdere ikke udsættes for kraftigere EMF end passagerer, som venter på en perron. Hvis der arbejdes med f.eks. svejseapparater, kan der derimod være stor risiko for de kombinerede felter overskrider grænseværdierne.

Såfremt der forefindes elektriske banekøretøjer, skal disse vurderes på samme måde som et lokomotiv. Hvis de er batteridrevne, skal ladningen medtages i vurderingen, da denne vil have et stort strømforbrug.

Ved servicearbejde på operative omformerstationer er der ligeledes risiko for at udsætte medarbejdere for kraftige felter.

### **Butik-/kontorpersonale**

Hvis der er omformerstationer eller forsyningskabler op af butiks- eller kontorlokaler eller steder, hvor der er lokaler umiddelbart op ad eller over elektrificeret banestrækning vil personale blive udsat for EMF fra infrastrukturen. EMF-niveauerne heraf afhænger bla. af afstand/afskærmning, udformning og forbrug.

## 8.2 S-Tog



S-banen anvender 1500V DC i overledning. Da der anvendes DC, er grænseværdierne relativt høje, og det må formodes, at der ikke vil være udfordringer med overskridelser.

Traktionscontainerne (motorstyringen) udsender EMF-felter (lavfrekvens), hvor de kraftigste felter kommer under acceleration og/eller elektrisk bremsning. (OBS – sidder motoren ikke under togvognen

Omformerstationer vil udsende EMF-felter, men det vurderes, at de ikke vil være kritiske uden for de afspærrede områder.

### **Passagerer**

De største felter i et S-tog kommer formentlig fra banemotorer og traktionscontainerene. De største felter kommer også hér under acceleration og elektrisk bremsning.

### **Personale**

Personalet har adgang til flere steder end passagererne, og kan derfor blive udsat for EMF-felter flere steder, som f.eks. i teknikskabe og ved servicearbejde.

### **Lokomotivførere**

Den største EMF-relaterede påvirkning på førerpladserne kommer formentlig fra nærmeste banemotor. De største felter kommer under acceleration og elektrisk bremsning.

### **Togrevisorer**

De største felter i et S-tog kommer formentlig fra banemotorer og traktionscontainerne. De største felter kommer også hér under acceleration og elektrisk bremsning.

### **Service-/værkstedspersonale**

Det forventes at det meste servicearbejde foretages med stillestående eller endda strømløst tog, hvorved EMF-niveauerne vil være meget lave og dermed uden betydning.

Såfremt der forefindes elektriske rangermaskiner, skal disse vurderes på samme måde som et lokomotiv. Hvis de er batteridrevne, skal ladningen medtages i vurderingen, da denne vil have et stort strømforbrug.

Dieselmekaniske eller dieselhydrauliske rangermaskiner vil ikke afgive kraftigere EMF-niveauer end en lastbil og vurderes derfor ikke at udgøre et problem.

Der kan anvendes udstyr som f.eks. svejseapparater på værksteder, som kan udsende kraftige felter. Der kan være særskilte instrukser for anvendelse af disse apparater for at minimere feltstyrken.

Der er i 2017 for DSB S-tog i Tåstrup foretaget målinger omkring og i et rangerende S-tog, med alle systemer tændt, følgende steder:

- 20cm. fra toget i højde med bogie/banemotor (hovedhøjde i grav)
- 1m over perronhøjde ca. ½ m fra toget
- Ud for køreledninger på tårn
- Inde i toget, umiddelbart over traktionscontainer
- På offentligt tilgængeligt areal ved omformerstation

Der blev målt på felter fra følgende kilder:

- Kørestrøm
- Omformer
- Traktionscontainer
- Balise-sender
- Radar
- GSM-R radio (med aktivt opkald)
- Omformerstation

Der blev ikke konstateret feltstyrker over 10 % af grænseværdien for alle arbejdere. Det skal bemærkes, at toget kun kørte rangerhastighed under målingerne og der kan derfor ikke siges noget om EMF-niveauerne inde i toget under acceleration/bremsning til/fra topfart, som vil opleves af kørende personale.

### **Rengøringspersonale**

Normalt foretages rengøring af tog kun, medens de holder stille, og rengøringspersonalet vil derfor kun blive udsat for felter fra køreledningerne.

Det forventes, at f.eks. støvsugere anvendt af rengøringspersonalet ikke udsender kraftige felter.

### **Banearbejdere**

Ved almindelig færden i spor vil medarbejdere ikke udsættes for kraftigere EMF end passagerer, som venter på en perron. Hvis der arbejdes med f.eks. svejseapparater, skal der følges særskilte instrukser for anvendelse af disse apparater for at minimere feltstyrken.

Såfremt der forefindes elektriske banekøretøjer, skal disse vurderes på samme måde som et lokomotiv. Hvis de er batteridrevne, skal ladningen medtages i vurderingen, da denne vil have et stort strømforbrug.

Ved servicearbejde på operative omformerstationer er der ligeledes risiko for at udsætte medarbejdere for kraftige felter.



### 8.3 Metro



Metroen i København anvender 750V DC på strømskinne ved siden af køreskinnerne. Da spændingen er relativt lav, og strømskinnen sidder forholdsvis tæt på returlederen (køreskinnen), vurderes det at der ikke bør være udfordringer med EMF-niveauer hérfra. Der kan dog forekomme felter fra motorstyringen, hvor de kraftigste felter kommer under acceleration og/eller elektrisk bremsning.

Omformerstationer vil udsende EMF, men det forventes at de ikke vil være kritiske uden for afspærret område.

#### **Passagerer**

De største felter kommer formentlig fra elmotorerne. De største felter kommer også hér under acceleration og elektrisk bremsning.

#### **Togrevisorer/kørende personale**

Det kørende personale udsættes ikke for større felter end passagererne.

#### **Service-/værkstedspersonale**

Værkstedspersonale kan blive udsat for EMF-felter fra f.eks. radar blandt andet under test af disse.

Der kan anvendes udstyr som f.eks. svejseapparater på værksteder, som kan udsende kraftige felter. Der skal være særskilte instrukser for anvendelse af disse apparater, for at minimere feltstyrken.

#### **Rengøringspersonale**

Normalt foretages rengøring af tog kun, medens de holder stille, og rengøringspersonalet vil derfor kun blive udsat for de minimale felter fra strømskinnen.

Det forventes at f.eks. støvsugere anvendt af rengøringspersonalet ikke udsender kraftige felter.

### **Banearbejdere**

Det må forventes, at strømmen i tredieskinnen af sikkerhedsmæssige årsager er afbrudt, når der arbejdes i sporet. Der vil derfor ikke være nogen kilde til nævneværdig EMF. Hvis der arbejdes med f.eks. svejseapparater, skal der følges særskilte instrukser for anvendelse af disse apparater for at minimere feltstyrken.

Såfremt der forefindes elektriske banekøretøjer, skal disse vurderes på samme måde som et lokomotiv. Ladning på batteridrevne køretøjer skal medtages i vurderingen, da denne vil have et stort strømforbrug.

Ved servicearbejde på operative omformerstationer er der risiko for at udsætte medarbejdere for kraftige felter.

## 8.4 Letbane



Letbanen i Aarhus anvender 750V DC i overledning. Det antages, at de kommende letbaner i hhv. Odense og København vil anvende samme standard for køreledningsspænding.

Som på metroen er spændingen forholdsvis lav, men da der er større afstand mellem forsyningen i overledningen og returskinnen (køreskinnen) giver dette potentielt kraftigere EMF-felter. Derudover vil der komme EMF-felter fra motorstyringen (lavfrekvens), hvor de kraftigste felter kommer under acceleration og/eller elektrisk bremsning (herunder også skinnebremse).

Omformerstationerne vil udsende EMF-felter, men det vurderes, at de ikke vil være kritiske uden for de afspærrede områder.

### **Passagerer**

De største felter kommer formentlig fra elmotorerne. De største felter kommer også hér under acceleration og elektrisk bremsning.

### **Kørende personale**

Det kørende personale udsættes ikke for kraftigere felter end passagererne.

### **Service-/værkstedspersonale**

Det forventes, at det meste servicearbejde foretages med stillestående eller endda strømløst tog, hvorved EMF-niveauerne vil være meget lave og dermed uden betydning.

Såfremt der forefindes elektriske rangermaskiner, skal disse vurderes på samme måde som et lokomotiv. Hvis de er batteridrevne, skal ladningen medtages i vurderingen, da denne vil have et stort strømforbrug.

Der kan anvendes udstyr som f.eks. svejseapparater på værksteder, som kan udsende kraftige felter. Der skal være særskilte instrukser for anvendelse af disse apparater for at minimere feltstyrken.

### **Rengøringspersonale**

Normalt foretages rengøring af tog kun, medens de holder stille, og rengøringspersonalet vil derfor kun blive udsat for de minimale felter fra køreledningerne.

Det forventes, at f.eks. støvsugere anvendt af rengøringspersonalet ikke udsender kraftige felter.

### **Banearbejdere**

Ved almindelig færden i spor vil medarbejdere ikke udsættes for kraftigere EMF end passagerer som venter på en perron. Hvis der arbejdes med f.eks. svejseapparater, skal der følges særskilte instrukser for anvendelse af disse apparater for at minimere feltstyrken.

Såfremt der forefindes elektriske banekøretøjer, skal disse vurderes på samme måde som et lokomotiv. Hvis de er batteridrevne, skal ladningen medtages i vurderingen, da denne vil have et stort strømforbrug.

Ved servicearbejde på operative omformerstationer er der ligeledes risiko for at udsætte medarbejdere for kraftige felter.

## 9. SCREENING/RISIKOVURDERING AF JERNBANETYPEN

Baseret på delkomponent screeningen/vurderingen er der sammenfattende udarbejdet et skema indeholdende vurdering af EMF gradueret efter risiko

Nedenstående skema opsummerer den skønnede risiko for hver jernbanetype og medarbejderkategori.

Risikovurdering	Fjerntog		S-tog	Metro	Letbane
	Lokomotiv <sup>1)</sup>	Togsæt <sup>2)</sup>			
Passagerer	Grøn	Gul	Gul	Grøn	Grøn
Lokomotivfører	Orange	Gul	Gul	Grå	Grøn
Togrevisor	Grøn	Gul	Gul	Grøn	Grøn
Værksted <sup>3)</sup>	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Banearbejdere <sup>3)</sup>	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Antenner i mast <sup>4)</sup>	Rød	Rød	Rød	Rød	Rød

Tabel 4: Oversigt over risikovurdering fordelt på jernbanetyper og jobtyper

1) Betegnelsen lokomotiv dækker over dieselmekaniske, dieselelektriske og elektriske lokomotiver med påkoblede personvogne.

2) Betegnelsen togsæt dækker over dieselmekaniske, dieselelektriske og elektriske selvkørende togsæt, som ikke anvender separat lokomotiv.

3) Inklusive værktøj (svejsning)

4) Antenner kan også være placeret på bygninger m.m.

KATEGORISERING	VURDERING AF RISIKO FOR OVERSKRIDELSE AF EMF GRÆNSEVÆRDIER
<b>GRØN</b>	<i>Ingen risiko for overskridelse</i>
<b>GUL</b>	<i>Lav risiko for mindre overskridelser</i>
<b>ORANGE</b>	<i>Moderat risiko for overskridelser</i>
<b>RØD</b>	<i>Høj risiko for store overskridelser</i>

For alle arbejdspladstyper gælder det, at medarbejdere med medicinske implantater skal vurderes særskilt (samråd med læge) om der kan være grund til yderligere risikovurdering.

Som supplement til ovenstående skema kan følgende knyttes:

Da fjerntog har det største strømforbrug, blandt andet grundet de tungeste/hurtigste tog af alle de i rapporten nævnte jernbanegrupper, er der her en potentiel risiko for at overskride grænseværdierne for EMF. Der er dog potentiel risiko for at overskride grænseværdierne for EMF inden for alle faggrupper, men mange EMF kilder har en meget begrænset sikkerhedsafstand – måske kun 10-20cm, så det er begrænset ved almindelig arbejde, hvor længe man vil opholde sig i denne zone.

Da fjerntog i Danmark kører på 25 kV, kan man ikke umiddelbart sammenligne 1:1 med vores nabolande, da køreledningsspændingen i Sverige og Tyskland kun er på 15 kV, vil vi have et

lavere magnetisk felt, ved samme effektforbrug. Det betyder også, at hvis et flersystemlokomotiv er målt på Svensk/Tysk køreledningsspænding, kan man ikke blot bruge måledata direkte.

For S-tog, Metro og Letbaner er der formentlig kun få faggrupper, hvor der er risiko for overskridelse af grænseværdierne for EMF, og denne eventuelle overskridelse er meget vel forårsaget af værktøj som f.eks. svejseapparater.

Omformerstationer til alle typer jernbane udgør for servicepersonale en potentiel risiko for overskridelse af EMF-grænseværdierne, da denne personalegruppe har adgang bag afspærret område.

### 9.1 Kombinerede påvirkninger

Det er vigtigt at understrege, at ved risikovurderingen er det den samlede EMF eksponering, som er/skal vurderes. Man kan således ikke isoleret undersøge en enkel frekvens/kilde, men må være opmærksom på "samvirkning" fra flere forskellige kilder.

Det kan f.eks. være felter fra køreledninger, banemotorer og motorstyring. Det kan også være, hvis der forefindes flere radarsystemer, og disses antenner har sammenfaldende sendeområde. Hvis der sammenkobles flere lokomotiver, ved f.eks. tunge godstog, vil der som minimum forekomme kraftigere magnetiske felter fra køreledningerne grundet større strømforbrug. Hvis der forekommer risiko for sammenfald af felter fra flere EMF-kilder, skal disse sammenlægges, således man får en "worst-case" betragtning.

Men ofte er afstanden så stor, at de kombinerede påvirkninger er ubetydelige, men det må vurderes fra sted til sted.

### 9.2 Screening/vurderingens underbygning af dokumentation

I ovenstående vurdering er der benyttet al den tilgængelige erfaring, viden og dokumentation, som Rambøll har til rådighed.

I nedenstående skema er i hvert felt tilføjet en ekstra oplysning (Ingen, Antagelse og Dokumenteret), hvilket indikerer hvor velunderbygget vurderingen er:

- Ingen – ingen dokumentation eller erfaringer
- Antagelse – baseret på strømforbrug og teknologi, men er ikke dokumenteret
- Delvist dokumenteret – teknologien er velkendt og EMF er velkendt fra andre sammenhæng
- Dokumenteret – målinger er foretaget og ligger til grund for vurderingen

Risikovurdering	Fjerntog		S-tog	Metro	Letbane
	Lokomotiv <sup>1)</sup>	Togsæt <sup>2)</sup>			
Passagerer	Antagelse	Antagelse	Antagelse	Antagelse	Antagelse
Lokomotivfører	Antagelse	Antagelse	Antagelse		Antagelse
Togrevisor	Antagelse	Antagelse	Antagelse	Antagelse	Antagelse
Værksted <sup>3)</sup>	Antagelse	Antagelse	Dokumenteret	Antagelse	Antagelse
Banearbejdere <sup>3)</sup>	Antagelse		Antagelse	Antagelse	Antagelse
Antenner i mast <sup>4)</sup>	Dokumenteret		Dokumenteret	Dokumenteret	Dokumenteret

Tabel 4: Oversigt over risikovurdering fordelt på jernbanetyper og jobtyper

- 1) Betegnelsen lokomotiv dækker over dieselmekaniske, dieselektriske og elektriske lokomotiver med påkoblede personvogne.
- 2) Betegnelsen togsæt dækker over dieselmekaniske, dieselektriske og elektriske selvkørende togsæt, som ikke anvender separat lokomotiv.
- 3) Inklusive værktøj (svejsning)
- 4) Antenner kan også være placeret på bygninger m.m.

## 10. BESKYTTELSESMULIGHEDER OVERFOR EMF

Det er forholdsvis let at beskytte overfor elektriske felter, da man her kan lave skærmning med jordede elektrisk ledende materialer.

De magnetiske felter fra lave frekvenser er meget svære at afskærme, så her vil muligheden kun være at ombygge for at reducere feltstyrken. Det kan være at reducere afstanden mellem forsyningsledning og returledning eller flytte placering af teknikskab.

Magnetfelter fra høje frekvenser falder ret hurtigt med afstanden, så der forventes ikke at være problemer og dermed reduktionsbehov herfra.

## 11. EMF REDUKTIONSMULIGHEDER

### 11.1 Køreledninger & tilhørende returstrøm

Der er i Schweiz foretaget undersøgelser af, hvordan man kan reducere EMF-felterne fra køreledninger på vekselstrøm i forhold til EMF-følsomme virksomheder. Der er heri kun medtaget relevante tiltag, som vil have gavnlig virkning for medarbejdere på og ved banen.

Returledning ført i mast, som supplement til køreskinne, giver en markant reduktion af EMF-felter. Der kan anvendes fælles ledning for begge spor (på dobbeltsporede afsnit, hvor sporene ligger umiddelbart ved siden af hinanden). Ulempen er prisen for ophæng af ekstra kabel, en pris som bliver højere på enkeltsporede strækninger/ strækninger hvor sporene ikke ligger umiddelbart ved siden af hinanden.

Skinneerne er elektrisk isoleret med jævne mellemrum, således al returstrøm løber via returledning i mast og derved reducerer EMF-felterne yderligere. Ulempen er omkostninger til vedligehold, forøget larm fra skinnestød og større slitage på hjul.

Forøgelse af kabeltykkelse på forsyningsledninger reducerer EMF-felter, men øger omkostningerne til kabler.

Kortere strækninger pr. fødested, reducerer EMF-felterne på f.eks. en station, da hvert tog påvirker i kortere tid. Ulempen er også her forøgede omkostninger til flere kabler/fødesteder.

## 12. ANBEFALINGER TIL VIDERE FORLØB (MÅLINGER ER UDFØRT EFTERFØLGENDE)

I henhold til BEK 472 skal APV (arbejdspladsvurderingen) for samtlige arbejdspladser indeholde en vurdering af EMF-påvirknings risiko.

Bekendtgørelsen kræver, at der tages stilling til medarbejdernes elektromagnetiske eksponering i APV'en. Dette kan ske ved en teoretisk vurdering, en teoretisk beregning eller ved målinger. Den teoretiske vurdering kan f.eks. ske på basis af leverandørplysninger.

Det anbefales, at der indhentes materiale fra leverandører af køretøjer/ udstyr/ værktøj som anvendes af medarbejdere i det omfang det er muligt. Materialet kan anvendes til at foretage en desktop risikovurdering af medarbejderes påvirkning af EMF.

Røde områder i nedenstående skema er vurderet til at være med højst risiko for sundhedsmæssig indflydelse. Der er ingen grund til at undersøge dette yderligere, da der forefindes solid dokumentation for dette. Arbejdsmetoder og instrukser for sikker og forsvarlig udførelse af arbejdet skal være tilgængelig for medarbejderne.

Orange områder er med moderat risiko for sundhedsskader ved arbejde/ophold. På intet område forefindes en egentlig dokumentation for EMF lige med undtagelse af DSB S-Tog værksteder. Det anbefales, at DSB lokofører arbejdspladser, værksteder for DSB Fjerntog samt banearbejdere generelt undersøges nærmere med henblik på at klarlægge EMF påvirkningen.

Grønne og gule områder vurderes at være med lav eller ingen risiko, så der anbefales ikke yderligere undersøgelser her.

Risikovurdering	Fjerntog		S-tog	Metro	Letbane
	Lokomotiv <sup>1)</sup>	Togsæt <sup>2)</sup>			
Passagerer	Antagelse	Antagelse	Antagelse	Antagelse	Antagelse
Lokomotivfører	Antagelse	Antagelse	Antagelse		Antagelse
Togrevisor	Antagelse	Antagelse	Antagelse	Antagelse	Antagelse
Værksted <sup>3)</sup>	Antagelse	Antagelse	Dokumenteret	Antagelse	Antagelse
Banearbejdere <sup>3)</sup>	Antagelse		Antagelse	Antagelse	Antagelse
Antenner i mast <sup>4)</sup>	Dokumenteret		Dokumenteret	Dokumenteret	Dokumenteret

Tabel 4: Oversigt over risikovurdering fordelt på jernbanetyper og jobtyper

1) Betegnelsen lokomotiv dækker over dieselmekaniske, dieselelektriske og elektriske lokomotiver med påkoblede personvogne.

2) Betegnelsen togsæt dækker over dieselmekaniske, dieselelektriske og elektriske selvkørende togsæt, som ikke anvender separat lokomotiv.

3) Inklusive værktøj (svejsning)

4) Antenner kan også være placeret på bygninger m.m.

Hvis der konstateres EMF-niveauer tæt ved eller endda over grænseværdierne ved kombinerede felter, skal det undersøges om en ændring af arbejds gange kan reducere påvirkningen.



## 13. MÅLINGER

Ovenstående arbejde har udmøntet sig i følgende måleprogram, som er udført i år 2020 og 2021:

1. Lokalbanerne (Værksteder i Haarlev og Hillerød)
2. DSB værksted (Helgoland) samt kørsel med togsæt og lokomotiv
3. Banedanmark (transformerstationer ved Vigerslev og Greve)

Rapporterne er vedhæftet som bilag til denne rapport. Der redegøres ikke i detaljer for de enkelte målinger i denne rapport, men henvises til bilagene. Konklusionerne fra målerapporter er medtaget i nedenstående opsummering.

Målingerne er benyttet til at opdatere risikovurderingen baseret på resultaterne fra målingerne.

Røde områder i nedenstående skema er vurderet til at være med højst risiko for sundhedsmæssig indflydelse. Der er ingen grund til at undersøge dette yderligere, da der forefindes solid dokumentation for dette. Arbejdsmetoder og instrukser for sikker og forsvarlig udførelse af arbejdet skal være tilgængelig for medarbejderne.

Orange områder er med moderat risiko for sundhedsskader ved arbejde/ophold.

Grønne og gule områder vurderes at være med lav eller ingen risiko, så der anbefales ikke yderligere undersøgelser her.

Risikovurdering	Fjerntog		S-tog	Metro	Letbane
	Lokomotiv <sup>1)</sup>	Togsæt <sup>2)</sup>			
Passagerer	Dokumenteret	Dokumenteret	Antagelse	Antagelse	Antagelse
Lokomotivfører	Dokumenteret	Dokumenteret	Antagelse		Antagelse
Togrevisor	Dokumenteret	Dokumenteret	Antagelse	Antagelse	Antagelse
Værksted <sup>3)</sup>	Dokumenteret	Dokumenteret	Dokumenteret	Antagelse	Antagelse
Banearbejdere <sup>3)</sup>	Dokumenteret		Antagelse	Antagelse	Antagelse
Antenner i mast <sup>4)</sup>	Dokumenteret		Dokumenteret	Dokumenteret	Dokumenteret

Tabel 4: Oversigt over risikovurdering fordelt på jernbanetyper og jobtyper

1) Betegnelsen lokomotiv dækker over dieselmekaniske, dieselelektriske og elektriske lokomotiver med påkoblede personvogne.

2) Betegnelsen togsæt dækker over dieselmekaniske, dieselelektriske og elektriske selvkørende togsæt, som ikke anvender separat lokomotiv.

3) Inklusive transformerstationer samt værktøj (svejsning)

4) Antenner kan også være placeret på bygninger m.m.

## 14. OPSUMMERING

Screeningen foretaget i forbindelse med udarbejdelse af denne rapport har vist, at der områder indenfor jernbanetransportområdet, hvor det er vigtigt at have fokus på udarbejdelse af en fuldt dækkende APV med hensyn til EMF. Der er områder/steder, hvor medarbejdere kan blive udsat EMF værdier, som overskrider grænseværdierne betydeligt.

I jernbanedrift indgår mange forskellige installationer/komponenter, som ligner hinanden, men dog ikke er helt ens, hvilket gør EMF påvirkningen kan variere fra type til type.

Denne rapport har verificeret følgende områder/steder, hvor grænseværdierne kan overskrides betydeligt (røde og orange områder i skemaet)

1. Transformerstationer udenfor bygningerne ved de strømførende ledninger. Man kan bevæge sig rundt på terrænen uhindret, men man skal ikke mere end ca. 2,5m over terrænen, før der er områder, hvor grænseværdierne overskrides. Jo tættere på de strømførende dele – jo højere værdier. Strømmen må afbrydes, såfremt man skal arbejde tæt på de strømførende dele.
2. Antenner i master og på bygninger. Teleindustrien anbefaler i øjeblikket en sikkerhedsafstand på op til 15-16m i vandret retning i senderretningen. Nedenunder og bag ved antennen er sikkerhedsafstanden ca. 0,6m. Ved arbejde i masterne og ved antenner på bygninger er dette vigtigt at forholde sig til, så eventuelt arbejde i nærheden kan ske sikkert og forsvarligt uden risiko. Antennerne skal slukkes, hvis der skal arbejdes tæt på.
3. "Antenner" under tog til kommunikation med baliser og lignende. Her skal man holde en vandret sikkerhedsafstand på ca. 1,0m. Man må ikke opholde sig lige under antennen. Systemet skal være slukket, hvis der skal arbejdes tæt på.

Denne rapport har verificeret følgende områder/steder, hvor grænseværdierne kan overskrides i mindre grad (orange områder i skemaet)

1. Arbejde i værksteder (f.eks. svejseudstyr). Ved svejseudstyr bør man følge vejledningen fra leverandøren, som typisk (men ikke altid) indeholde gode råd til at benytte udstyret sikkert og forsvarligt.
2. Arbejde i værksteder (ved antenner på taget af togsæt). Skal der foretages arbejde indenfor en meter af antennerne, så skal de slukkes.

Der er ikke fundet nogen EMF kilder, som giver anledning til overskridelse af grænseværdierne i nærheden af passagerer, lokomotivførere og togrevisorer.

Ved afslutning af denne rapport er der ikke vurderet noget behov for yderligere EMF målinger for at belyse screening og vurdering af EMF på jernbaneområdet. Det er dog altid vigtigt ved benyttelse af nyt udstyr/togsæt at overveje, om der kan være en eventuel EMF risiko.

Anbefalinger til Jernbanetransport området:

1. Kontroller APV'en indeholder klare retningslinjer for arbejde i eventuel nærhed af de områder, hvor er der identificeret mulig EMF overskridelse af grænseværdierne.
2. Kontroller skiltning og afspærringer er opsat på en måde, så utilsigtet arbejde ikke kan forekomme tæt på EMF risikozoner samt instruer personalet i sikker håndtering af arbejdssituationerne.
3. Hvis der usikkerhed omkring eventuel EMF risiko for påvirkning over grænseværdierne, så tilkald assistance fra egen organisation/eksterne til håndtering af usikkerheden.

## 15. BILAG

Bilag A: Lokalbanen AS - EMR Rapport fra måling i Hårlev og Hillerød Jan 2021 ver. 1

Bilag B: DSB - Værksted Helgoland - EMR Rapport fra måling Maj 2021 ver. 1

Bilag C: Banedanmark - EMR Rapport fra måling i Vigerslev og Greve August 2021 ver. 1

## 16. LITTERATURLISTE

1999/519/EF. Rådets henstilling af 12 juli 1999 om begrænsning af befolkningens eksponering for elektromagnetiske felter (0 Hz – 300 GHz).

Bekendtgørelse 472 (2013/35/EU). Bekendtgørelse om eksponering for elektromagnetiske felter i forbindelse med arbejdet (0Hz – 300 GHz).

Europa Kommissionen. Ikkebindende vejledning i god praksis for gennemførelse af direktiv 2013/35/EU – Elektromagnetiske felter, Bind 1: Praktisk vejledning.

Europa Kommissionen. Praktisk vejledning i god praksis for gennemførelse af direktiv 2013/35/EU – om elektromagnetiske felter, Bind 2: Casestudier.

ICNIRP 1998 Guidelines. For limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz).

ICNIRP 2020 Guidelines. For limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)

DS/EN 50500 Procedurer for måling af magnetiske felter genereret af elektroniske og elektriske apparater i jernbanemiljøet i relation til påvirkning af mennesker.

DS/EN 62311 Vurdering af elektroniske og elektriske apparater i forhold til restriktioner for menneskets eksponering for elektromagnetiske felter (0 Hz – 300 GHz).

Det svenske Banverket har i 2003 lavet en rapport omkring jernbaners EMF:

[https://www.trafikverket.se/contentassets/d72867fcc3114d13859a5aba938ae5f4/elektromagnetiska\\_falt\\_omkring\\_jarnvagen.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/d72867fcc3114d13859a5aba938ae5f4/elektromagnetiska_falt_omkring_jarnvagen.pdf)

Schweizerische Eidgenossenschaft og Bundesamt für Umwelt BAFU har offentliggjort en rapport omkring EMF fra jernbaner i forhold til EMF-følsomme virksomheder:

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/elektrosmog/fachinformationen/elektrosmog-quellen/eisenbahnen-als-elektrosmog-quelle.html>

Femu – Research Center for Bioelectromagnetic Interaction driver en hjemmeside i samarbejde med universitetet i Aachen om EMF udsendt af forskellige kilder - heriblandt jernbanerelateret. Hjemmesiden er på både engelsk og tysk.

<https://www.emf-portal.org/en/emf-source/81>

Rambøll rapport – DSB – S-tog. Måling af effekttætheder på værksted i Tåstrup. Juli 2017.