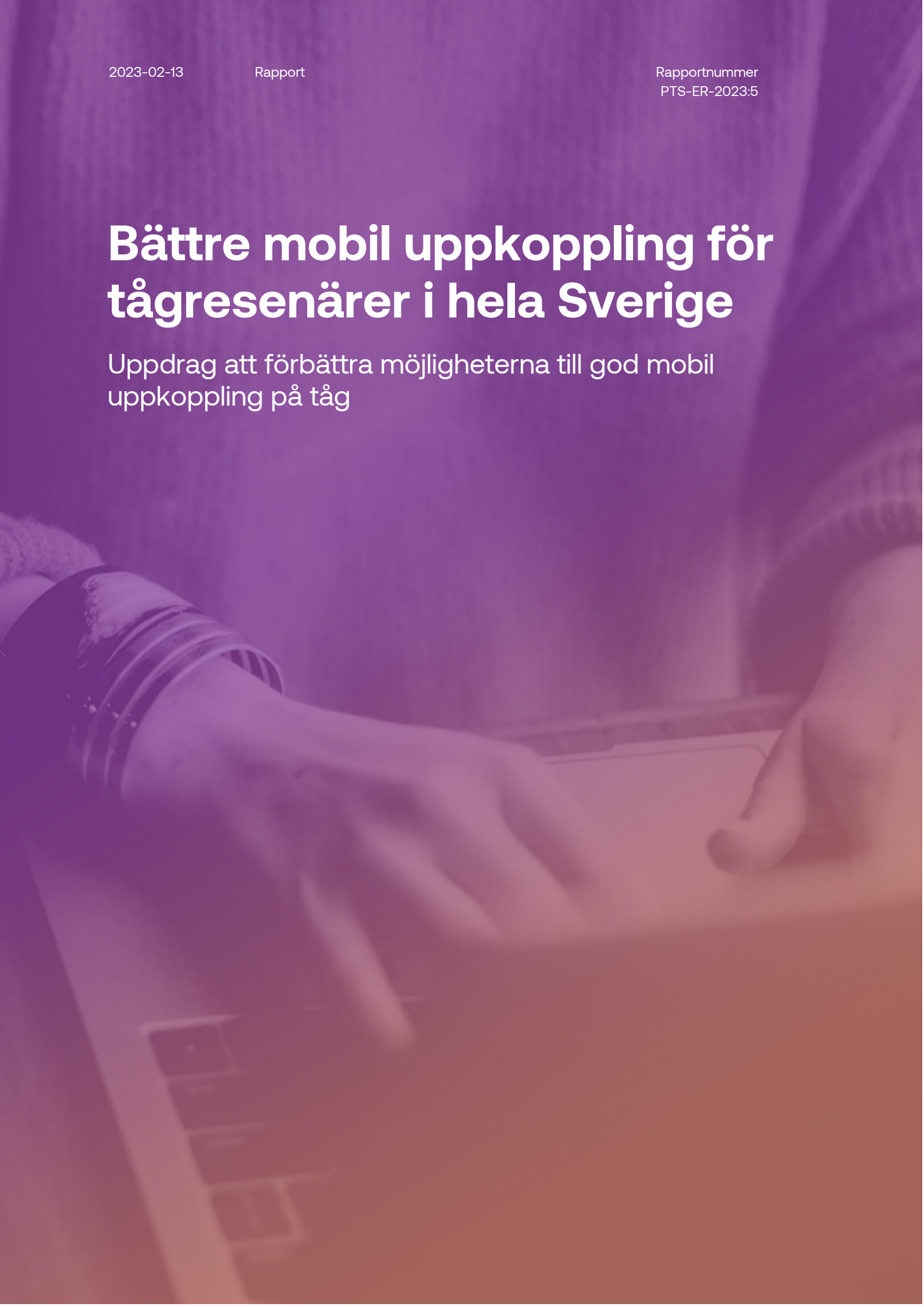
2023-02-13 Rapport

Rapportnummer
PTS-ER-2023:5

Bättre mobil uppkoppling för tågresenärer i hela Sverige

Uppdrag att förbättra möjligheterna till god mobil uppkoppling på tåg



Rapportnummer
PTS-ER-2023:5

Diarienummer
22-3714

ISSN
1650-9862.

Författare
Erik Gustafsson (uppdragsledare), Helene Källse, Anders Hintze och Jan Boström.

Post- och telestyrelsen
Box 6101
102 32 Stockholm

08-678 55 00
pts@pts.se
www.pts.se

Innehåll

Sammanfattning **5**
Politisk styrning 6
Förbättrad täckning 6
Ökad samordning 7

Begreppsförklaring **8**

1. Bakgrund **9**
1.1 PTS tidigare regeringsuppdrag rörande mobil uppkoppling på tåg 9
1.2 Tidigare stödfinansierade åtgärder 10

2. Avgränsningar och definitioner **11**
2.1 Avgränsning mot andra typer av spårbunden trafik 11
2.2 Vad är mobil uppkoppling? 11
2.3 Vad är god mobil uppkoppling på tåg? 11

3. Uppdragets genomförande **13**

4. Varför behövs en god mobil uppkoppling för resenärer på tåg? **15**

5. Hur mobil uppkoppling skapas för resenärer på tåg **17**
5.1 En god täckning är en grundförutsättning för uppkoppling ombord på tåg .17
5.2 Repeatrar och RF-fönster 19
5.3 WiFi 21

6. Täckningsläget längs Sveriges järnvägsnät **22**
6.1 Allmänt om järnvägen i Sverige 22
6.2 Mobiltäckning vid järnvägar 23
6.2.1 Mobiltäckning i tunnlar *30*

7. Nuläge och trender **32**
7.1 Utbyggnad av täckning vid spår och i tunnlar 32

7.1.1 Täckningskrav som ett verktyg för att skapa bättre täckning längs järnvägen 32
7.2 Trender i aktörernas val av tekniska lösningar 34
7.3 Tekniker som i framtiden kan vara relevanta för uppkoppling på tåg 36
7.3.1 Trackside 36
7.3.2 Satellit 36

8. PTS förslag till åtgärder och uppdrag 38
8.1 En tydlig politisk inriktning behövs för uppkoppling på tåg 38
8.1.1 PTS har betonat behovet av en ny strategi för bredbandsområdet 39
8.1.2 En förväntansbild bör vara en mobil arbetsplats på tåg 40
8.2 Ökad samverkan och koordinering 41
8.3 Täckningen behöver förbättras vid spåren 42
8.3.1 Ett tydligare uppdrag till Trafikverket 42
8.3.2 Satellit – en lösning för glesbygden? 46
8.4 Konsekvenser av föreslagna åtgärder 47

Sammanfattning

I allt högre grad förväntar sig människor att kunna vara uppkopplade och använda kapacitetskrävande tjänster var de än befinner sig. En god uppkoppling är viktig oavsett var i landet en medborgare är eller verkar, och miljön ombord på tåg är inget undantag från denna huvudregel. För många är tågpendling en återkommande del av vardagen och möjligheten att arbeta på tåget är en viktig del i att hela Sverige ska kunna leva.

En grundförutsättning för att en resenär ska kunna koppla upp sig ombord på ett tåg är att det finns tillräckligt god täckning längs spåret, utanför tåget. Det måste också finnas en teknisk lösning som medger att signalen når in till resenären. Idag saknar dock delar av Sveriges järnvägsnät tillräcklig täckning och kapacitet, och behovet av kapacitetskrävande tjänster ökar också över tid bland resenärerna.

Oavsett val av teknisk lösning på tåget kommer det att krävas en betydande utbyggnad i mobilnäten om målsättningen är att kunna erbjuda god täckning längs med järnvägen i hela landet. En sådan utbyggnad kommer att bli mycket kostsam, varför komplement och lösningar bör sökas som kan minska denna kostnad.

I denna rapport beskriver Post- och telestyrelsen (PTS) en nulägesbild av täckningen längs med Sveriges järnvägar och hur valet av teknisk lösning kan påverka användarupplevelsen. PTS lämnar också förslag på åtgärder som kan främja en god mobil uppkoppling ombord på tåg.

Frågan om mobil uppkoppling på tåg är komplex och berör många olika aktörer, individuellt och i samverkan. Detta innebär att frågan kan diskuteras utifrån flera olika synvinklar och att skiftande åtgärder kan behöva genomföras, ofta i kombination, för att uppnå bästa effekt.

Gemensamt för samtliga förslag som PTS presenterar i denna rapport är att de utgör dellösningar på ett komplext problem. Åtgärdernas syfte är att hjälpa marknadens aktörer att nå längre än de annars hade gjort. Åtgärderna ska dock inte ses som slutgiltiga och fullständiga lösningar som skapar god mobil uppkoppling för resenärer på Sveriges alla tåg.

Om hela Sveriges järnvägsnätverk ska få god täckning kommer det enligt PTS bedömning att krävas mer långtgående åtgärder, i form av statliga stödinsatser eller andra statliga åtgärder, som komplement till de åtgärdsförslag som återfinns i denna rapport. Detta särskilt sett ur perspektivet att efterfrågan på mer kapacitetskrävande tjänster är större idag jämfört med tidigare och att behoven troligen kommer att fortsätta öka. En sådan statlig delåtgärd skulle t.ex. kunna vara det täckningskrav

som PTS har konsulterat under hösten 2022 och som beskrivs i avsnitt 7.1.1 i denna rapport.

Förbättringsförslagen kan delas in i tre områden – politisk styrning, förbättrad täckning och förbättrad samordning.

Politisk styrning

Det finns idag närmast konsensus bland berörda aktörer om att det behövs en tydligare politisk inriktning för arbetet med uppkoppling ombord på tåg. Utan en tydlig förväntansbild saknar aktörerna en riktning för arbetet, och det blir även svårt med samordning.

PTS föreslår därför att en ny politisk inriktning och förväntansbild tas fram för uppkoppling ombord på tåg. Till inriktningen bör knytas nya uppföljbara indikatorer, så att utvecklingen kan följas och att genomförda insatser kan bedömas.

Förbättrad täckning

Att det finns täckning längs med spåret är en grundförutsättning för att resenärerna ska kunna få en god mobil uppkoppling ombord på tåget. PTS föreslår därför ett antal åtgärder för att förbättra täckningsläget och hjälpa marknadsaktörerna att orka längre i sin utbyggnad av täckning.

Detta innefattar förslag på att Trafikverket bör få ett tydligt uppdrag i sitt regleringsbrev, som medger att myndigheten tar på sig en aktivare roll i frågan. PTS föreslår vidare tre särskilt riktade uppdrag till Trafikverket

1. Att utreda hur befintlig infrastruktur i form av fiber, master, elkraft, etc. ska kunna upplåtas för att underlätta utbyggnaden av täckning. I uppdraget föreslås ingå att beskriva eventuella hinder för upplåtelse samt vad som skulle krävas för att avhjälpa dessa. I uppdraget föreslås även att Trafikverket ska se över hur framtida infrastruktur kan dimensioneras för att underlätta sådan upplåtelse.

2. Att ta fram ett underlag kring hur täckningen ser ut i Trafikverkets tågtunnlar, samt en kostnadsbild och tidplan för eventuell etablering av infrastruktur som möjliggör god täckning och kapacitet i tunnlarna.

3. Att utreda framtidslösningen Trackside, som potentiell lösning för uppkoppling på de sträckor där behovet av höga hastigheter och hög kapacitet är som störst.

Inom ramen för uppdraget har PTS stämt av de föreslagna åtgärderna med Trafikverket och myndigheten har lämnat sitt bifall till de förslag som PTS lämnar i denna rapport.

Utöver uppdragen riktade till Trafikverket föreslår PTS också att PTS ska följa utvecklingen av satellit-teknik, som potentiell lösning för uppkoppling ombord på tåg. Myndigheten har fått indikationer på att satellit på sikt kan vara ett relevant komplement till sedvanlig mobiltäckning, särskilt för glesbygden.

Ökad samordning

För att en god mobil uppkoppling ska kunna skapas för resenärer på tåg i hela landet krävs samverkan mellan flera olika aktörer. Det finns stora potentiella synergier om dessa aktörer i högre grad samverkar, lär av varandras erfarenheter och i tillämpliga fall även samordnar sina lösningar.

För att främja samverkan, särskilt på regional nivå, föreslår PTS att myndigheten ska utreda hur samverkan idag ser ut. I uppdraget bör också ingå att ge förslag till hur en sådan samverkan kan öka om brister identifieras, t.ex. genom inrättandet av ett särskilt forum eller en särskild samordnare.

Begreppsförklaring

Backhaul – Förbindelse mellan ett stamnät och det accessnät som användaren är ansluten till.

Basstation – En fast operatörsutrustning för radiobaserad mobil kommunikation.

dB – Decibel, en skala som i rapporten används för att mäta signalstyrka. Decibelskalan är logaritmisk, vilket betyder att 0 dB motsvarar referensnivån, 10 dB innebär att effekten är 10 gånger högre än referensnivån, 20 dB innebär att effekten är 100 gånger högre än referensnivån och 30 dB innebär att effekten är 1000 gånger högre än referensnivån. Omvänt så betyder −10 dB att effekten är en tiondel av referensnivån och −20 dB att effekten är en hundradel av referensnivån.

Dämpning – Gradvis försvagning av signalen i data- och telekommunikation. T.ex. dämpas signalen om en terminal hålls nära kroppen eller när signalen ska ta sig in i en byggnad eller ett fordon.

FRMCS – Future Railway Mobile Communications System. Ett framtida digitalt kommunikationssystem för tåg, som ersätter GSM-R.

GHz – Gigahertz. Hertz (Hz) är en enhet för frekvens. En hertz är en händelse per sekund och används i rapporten för att beskriva svängningar i radiovågor.

GSM-R - Global System for Mobile Communications – Railway. Detta nät används för kommunikation i järnvägssammanhang. Ersätts av FRMCS.

Läckkabel – Läckande kabel används som bärare av signal i tunnlar.

Repeater – Utrustning för dubbelriktad förstärkning av radiosignaler.

RF-fönster – Radiotransparenta fönster. Fönster som lättare släpper igenom radiosignaler än fönster som har metallfilm som solskydd. Kan även vara omvandlade metallfilmsfönster, där metallfilmen har perforerats med laserteknik.

Terminal – Synonym till ”device” och kan t.ex. vara en mobiltelefon, en surfplatta eller en laptop.

Trackside – Ett dedikerat system för uppkoppling av tåget och/eller resenärerna ombord på tåget, som byggs utefter järnvägen.

Täckningskrav – Krav på täckning och utbyggnad i enlighet med lagen (2022:482) om elektronisk kommunikation (LEK), inom ramen för tilldelning av spektrum.

1. Bakgrund

Den 31 mars 2022 fattade regeringen beslut om att ge Post- och telestyrelsen (nedan PTS) i uppdrag att analysera och redogöra för åtgärder som kan bidra till att möjliggöra god mobil uppkoppling för tågresenärer i hela landet.[1]

Inom ramen för uppdraget ska PTS:

1. Utvärdera och analysera de stöd som beviljats under 2022, med utgångspunkt i förordningen (2021:975) om statligt stöd för bättre mobil uppkoppling för resenärer i fjärrtågstrafik. I uppdraget ingår att redogöra för vilka åtgärder som har genomförts samt bedöma uppnådda effekter.

2. Analysera behov av eventuella åtgärder som på längre sikt kan bidra till att möjliggöra förbättrad uppkoppling för resenärer på tåg. I arbetet ska remissyttrandena avseende PTS rapport om förbättrade möjligheter till god mobil uppkoppling på fjärrtåg beaktas (I2021/00580). Vid eventuella förslag på åtgärder ska gällande statsstödsregler beaktas och konsekvenser av förslagen redovisas, särskilt vad gäller konsekvenserna för företag som direkt berörs av föreslagna åtgärder.

Denna rapport är en delrapport och avser slutrapportering av punkt två ovan. Punkt ett kommer att redovisas i en separat rapport i september 2023.

1.1 PTS tidigare regeringsuppdrag rörande mobil uppkoppling på tåg

PTS har tidigare genomfört ett regeringsuppdrag med bäring på uppkoppling ombord på tåg, då med inriktning på resenärer i fjärrtågstrafik.[2] Regeringen beslutade den 19 november 2020 att uppdra åt PTS att redovisa insatser som kan förbättra möjligheterna till god mobil uppkoppling för resenärer på högtrafikerade fjärrtåg.

PTS hade i uppdrag att redovisa vilka insatser som kunde genomföras, respektive vilka åtgärder som kunde vidtas, under 2021 och 2022. Förslag skulle också lämnas på hur insatserna borde genomföras. Om insatserna borde ingå i en ny stödförordningen skulle också en stödmodell tas fram.

[1] Regeringsuppdrag I2022/00842 - *Uppdrag att förbättra möjligheterna till god mobil uppkoppling på tåg.*
[2] Regeringsuppdrag I2020/02958 - *Uppdrag att förbättra möjligheterna till god mobil uppkoppling på fjärrtåg.*

Uppdraget resulterade i rapport PTS-ER-2021:13 - *Förbättrade möjligheter till god mobil uppkoppling på fjärrtåg*.[3] I rapporten föreslogs, utifrån dialog med branschaktörer och analys av marknaden, fyra potentiella åtgärder:

- Installation eller uppgradering av repeatrar ombord på tåg
- Installation eller uppgradering av WiFi ombord på tåg
- Tester (t.ex. avseende RF-fönster)
- Åtgärder för att förbättra mobiltäckningen i tunnlarna på Ådals- och Botniabanan

1.2 Tidigare stödfinansierade åtgärder

Som en följd av PTS-ER-2021:13 - *Förbättrade möjligheter till god mobil uppkoppling på fjärrtåg* beslutade regeringen hösten 2021 om förordningen (2021:975) om statligt stöd för bättre mobil uppkoppling för resenärer i fjärrtågstrafik. PTS utsågs i förordningen till ansvarig myndighet och tilldelades medel att dela ut till stödåtgärder.

PTS beviljade våren 2022 ansökningar från Telia och Net4Mobility för anläggande av passiv infrastruktur som förbättrar möjligheterna till god mobil uppkoppling i tre tunnlar på Ådals- och Botniabanan. Totalt beviljade PTS stöd med 22,5 miljoner kronor. Infrastruktur etableras under perioden fram till juni 2023.

[3] https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/icke-legala-dokument/rapporter/2021/radio/forbattrade-mojligheter-till-god-mobil-uppkoppling-pa-fjarrtag.pdf

2. Avgränsningar och definitioner

2.1 Avgränsning mot andra typer av spårbunden trafik

Förutsättningarna för uppkoppling i tunnelbana och på viss annan spårbunden kollektivtrafik i storstadsregionerna (t.ex. spårvagn, tvärbana[4] eller lokalbana i Stockholm[5]) skiljer sig från de förutsättningar som gäller för tågtrafik i form av fjärrtåg och regional tågtrafik.

PTS har mot denna bakgrund inte fokuserat på åtgärdsförslag avseende tunnelbana, spårvagnar, tvärbana, lokalbana och annan liknande spårbunden trafik i detta uppdrag.

2.2 Vad är mobil uppkoppling?

Det finns två sätt att se på mobil uppkoppling. Antingen tolkas begreppet snävt och omfattar då endast de tjänster där slutanvändaren kan ansluta direkt till sin mobiloperatör. Detta sker genom användning av mobildata, genom att ett samtal genomförs eller genom att ett SMS skickas.

Begreppet kan också tolkas bredare och innebär då att all uppkoppling omfattas som innebär att slutanvändaren kan ansluta sig till internet. Det senare medger t.ex. WiFi-samtal (Voice over WiFi), alternativt samtal genom andra appar, t.ex. Facebook Messenger eller WhatsApp.

För slutanvändaren föreligger oftast inte någon större skillnad i funktionell användning oavsett om uppkopplingen sker direkt mot mobiloperatören eller genom ett mellanled, t.ex. ett WiFi-nät. PTS har därför i detta uppdrag valt en bred definition av begreppet, som också omfattar system som skapar uppkoppling för slutanvändaren utan att kontakt sker direkt med slutanvändarens egen mobiloperatör.

2.3 Vad är god mobil uppkoppling på tåg?

För att identifiera åtgärder som kan förbättra möjligheterna till ”*god mobil uppkoppling för resenärer på tåg*” måste begreppet god mobil uppkoppling först definieras. Någon legaldefinition finns inte, dvs. begreppets innebörd fastslås inte i lag, och begreppet har inte heller tolkats på något entydigt sätt i branschsammanhang.

[4] Detta inkluderar t.ex. Nockebybanan, som spårvagn med eget dedikerat spår.
[5] T.ex. Roslagsbanan, Saltsjöbanan och Lidingöbanan.

I *Sverige helt uppkopplat 2025 – en bredbandsstrategi* (nedan regeringens bredbandsstrategi)[6] anges följande:

> ”Sverige ska i så stor utsträckning som möjligt ha tillgång till stabila mobila tjänster av god kvalitet. Det innebär att det i områden där människor normalt befinner sig bör vara möjligt att använda de mobila tjänster som efterfrågas, situationsanpassat. I normalfallet innebär det att det finns applikationstäckning, det vill säga att det är möjligt att, genom en trådlös uppkoppling, använda tjänster, applikationer och andra funktioner utanför hemmet eller arbetet, till exempel på bussen, i bilen eller på promenaden. […]. En stabil uppkoppling av god kvalitet kan användas utan avbrott och med tillräcklig kapacitet. Ett uttryck som används för det ytområde där användarens applikation eller motsvarande tjänst fungerar som förväntat är applikationstäckning.”

Det nuvarande bredbandsmålet, i den del det avser mobil uppkoppling, löper ut efter år 2023. Det saknas dock i nuläget politisk styrning kring att något annat mål ska gälla i dess ställe, varför det är definitionen i regeringens bredbandsstrategi som PTS har utgått ifrån i denna rapport.

PTS kan konstatera att förväntningarna på vad som är god mobil uppkoppling har ökat över tid hos användarna, varför det framåt är relevant med en uppdaterad politisk inriktning och förväntansbild, se avsnitt 8.1.2.

[6] Sverige helt uppkopplat 2025 – en bredbandsstrategi, N2016/08008/D.

3. Uppdragets genomförande

PTS har inom ramen för uppdraget, tillsammans med konsulter från ÅF digital solutions AB (nedan AFRY), haft kontakt med organisationer, myndigheter och företag.

Under uppdraget har PTS, tillsammans med AFRY, genomfört möten med följande i uppdraget särskilt utpekade intressenter:

- Tågföretagen[7]
- Svensk Kollektivtrafik[8]
- TechSverige[9]
- Sveriges Kommuner och Regioner (SKR)[10]

PTS och AFRY har även träffat ett antal företag som på olika sätt berörs av frågan om uppkoppling på tåg. Med bäring på tågbranschen har PTS träffat SJ AB, Inlandsbanan, Snälltåget, Vy Tåg och AB Transitio. PTS har också träffat mobiloperatörerna Telia, Tre och Telenor, samt företag som tillhandahåller tekniska lösningar för mobiltäckning och mobil uppkoppling på tåg i form av Icomera, Ericsson och Maven Sweden Wireless. Mic Nordic AB har också inkommit med synpunkter till PTS.

Genom mötena har PTS tagit tillvara kunskap, erfarenheter och åsikter från branschen kring vilka behov som finns avseende mobil uppkoppling på tåg, samt de åtgärder som enligt branschen skulle vara lämpliga att genomföra för att uppnå en förbättring.

Vidare har PTS, genom kontakter med regionerna genom de regionala bredbandskoordinatorerna, säkerställt ett regionalt perspektiv på frågan. PTS har också beaktat de remissyttranden som inkommit avseende PTS rapport PTS-ER-2021:13 - *Förbättrade möjligheter till god mobil uppkoppling på fjärrtåg*.[11]

[7] Tågföretagen är bransch- och arbetsgivarorganisation för tågföretag.

[8] Svensk Kollektivtrafik är en branschorganisation för länstrafikbolag och regionala kollektivtrafikmyndigheter i Sverige.

[9] TechSverige, tidigare IT &Telekomföretagen, är en bransch- och arbetsgivarorganisation för företag inom techsektorn.

[10] Sveriges kommuner och regioner (SKR) är en medlems- och arbetsgivarorganisation. Alla kommuner och regioner är medlemmar.

[11] I2021/00580. https://www.regeringen.se/remisser/2021/04/remiss-av-post--och-telestyrelsens-rapport-om-forbattrade-mojligheter-till-god-mobil-uppkoppling-pa-fjarrtag/ Rapporten remissbehandlades våren 2021.

I regeringsuppdraget har Trafikverket haft ett särskilt ansvar för att stödja PTS vid genomförandet av uppdraget. I uppdraget framgår att:

> ”Trafikverket (TRV) ska bistå PTS med sådan sakkunskap TRV innehar och som krävs för att PTS ska kunna genomföra uppdraget. Det kan till exempel röra frågor om teknisk utformning av transportinfrastruktur, planering och förvaltning av densamma, samt rutiner för och begränsningar kopplade till installation av tredjepartsutrustning i anslutning till banan. TRV ska vidare bistå PTS genom granskning av framtagna förslag i de delar som har direkt koppling till TRV:s ansvarsområden eller infrastruktur. Slutligen ska TRV tillsammans med PTS svara för att gemensamt utforma sådana förslag som berör båda myndigheternas ansvarsområden.”

PTS har under uppdragets genomförande både haft löpande kontakt och särskilda avstämningar med Trafikverket, för att säkerställa att myndighetens kunskap tas tillvara och att myndigheten fått yttra sig över de framtagna förslagen. Trafikverket har också fått möjlighet att yttra sig över ett utkast till denna rapport.

Trafikverket har lämnat sitt bifall till de av PTS i rapporten föreslagna åtgärderna.

4. Varför behövs en god mobil uppkoppling för resenärer på tåg?

Målet för digitaliseringspolitiken är att Sverige ska vara bäst i världen på att använda digitaliseringens möjligheter. Idag är tillgång till internet en grundförutsättning för många funktioner som underlättar medborgarnas liv. Uppkoppling mot internet och användandet av tjänster och appar är en del i våra vardagsmönster. I allt högre grad förväntar sig människor att kunna vara uppkopplade och använda kapacitets-krävande tjänster var de än befinner sig.

I rapporten *Bredband till allt – åtgärder för ett helt uppkopplat Sverige* framför PTS att det finns ett stort behov av att Sverige får en ny strategi som tar vid senast när den nuvarande bredbandstrategin når sitt slut. Myndigheten diskuterar i rapporten också ett övergripande mål där medborgarna har tillgång till ändamålsenligt och tillförlitligt bredband där och när behovet finns.[12]

En god uppkoppling är viktig oavsett var i landet en medborgare är eller verkar, och miljön ombord på tåg är inget undantag från denna huvudregel. För många är tågpendling en återkommande del av vardagen och branschorganisationen Tågföretagen har angivit att nio av tio tågresenärer använder mobil uppkoppling under tågresan.[13]

Flera aktörer har lyft vikten av att uppkopplingen ombord medger att resenärerna kan arbeta på tåget, vilket bidrar till större valfrihet kring var människor bor och arbetar. En god uppkoppling ombord är alltså viktigt för att människor ska kunna bo i olika delar av landet, även om de t.ex. väljer att arbeta i en storstadsregion. I slutändan blir detta en faktor i regional utveckling och i att hela Sverige ska kunna leva.

Flera organisationer, däribland Tågföretagen och TechSverige, har lyft en god uppkoppling som en vital faktor för att möjliggöra ett ökat tågresande, vilket kan bidra till uppnåendet av Sveriges klimatmål.[14]

En god uppkoppling på tåget kan också vara viktigt med hänsyn till säkerhet för resenärer och personal. Det kan exempelvis vara en trygghet för de som reser ensamma, men är också bra vid evakuering vid olyckor.[15]

[12] PTS-ER-2022:33 - Bredband till allt – Åtgärder för ett helt uppkopplat Sverige.
[13] Aktbilaga 47 – Underlag från Tågföretagen.
[14] Aktbilaga 47 – Underlag från Tågföretagen.
[15] Aktbilaga 20 – Tjänsteanteckning från möte med Svensk Kollektivtrafik.

I detta regeringsuppdrag är fokus en god mobil uppkoppling för resenärer, men ur ett större samhällsperspektiv finns också tydliga synergier med andra områden.

SKR har påtalat att även godstågstrafiken kommer att behöva vara uppkopplad i ett framtidsperspektiv[16] och PTS bedömer att en god mobiltäckning längs tågsträckor där persontrafik bedrivs även kan komma att gagna godstrafiken.

[16] Aktbilaga 21 – Tjänsteanteckning från möte med SKR.

5. Hur mobil uppkoppling skapas för resenärer på tåg

5.1 En god täckning är en grundförutsättning för uppkoppling ombord på tåg

För att en tågresenär ska kunna få mobil uppkoppling ombord på ett tåg krävs att det först skapas täckning vid spåret där tåget passerar. Om sådan täckning inte existerar, eller inte finns i tillräcklig grad, kan resenären inte använda de digitala tjänster denne har behov av. God täckning är alltså en grundförutsättning oavsett vilken anslutningsteknik som resenären använder för sin uppkoppling.

Det finns olika tekniker som potentiellt kan skapa täckning vid spåret, men idag sänder en mobiloperatör en mobilsignal från en basstation i en närliggande mast. Masterna kan antingen ägas av mobiloperatörerna själva, eller av andra aktörer som erbjuder möjlighet för mobiloperatörerna att placera sin utrustning i masterna. Detta kan t.ex. vara Trafikverket, eller bolag som har som affärsidé att hyra ut mastplatser.

När täckning finns utanför tåget är nästa utmaning att använda denna till att skapa mobil uppkoppling för resenärerna inuti tåget.

I dagsläget kan en tågresenär få tillgång till uppkoppling genom flera olika tekniker, vilka beskrivs nedan i detta avsnitt. Gemensamt för alla tekniska lösningar är att de kräver att täckningen är tillräckligt god utanför tåget. Detta innebär att tillräcklig signalstyrka måste finnas för att signalen ska kunna släppas in eller hämtas in i tåget med vald teknisk lösning, och att tillräcklig kapacitet ska finnas för att resenären ska kunna koppla upp sig och använda tjänster.

PTS har tagit fram en metod och indikatorer för att följa upp hur täckningen ser ut längs med järnvägsnätet i hela Sverige. Områden inom två meters radie från järnvägar, såväl hög- som lågtrafikerade, ingår i de områden som PTS följer upp täckningen i, genom den årliga uppföljningen av regeringens bredbandsstrategi.[17]

PTS har i uppföljningen av bredbandsstrategin, utifrån mobiloperatörernas data, kontrollerat om minst en mobiloperatör har minst 10 Mbit/s vid 16 dB marginal för dämpning[18] i områden som kategoriseras som lågtrafikerade och 30 Mbit/s vid 16 dB marginal för dämpning i områden som kategoriseras som högtrafikerade. En mer

[17] Se PTS-ER-2022:19 - PTS Mobiltäcknings- och bredbandskartläggning 2021.

[18] En dämpning på 16 dB motsvarar en uppskattning av den dämpning som användaren upplever då denne befinner sig i ett fordon och samtidigt håller terminalen exempelvis i handen, mot huvudet eller nära kroppen.

utförlig bild av täckningsläget i Sverige med grund i ovanstående metod och indikatorer ges i avsnitt 6.2. För en tydligare förklaring kring dämpningsnivåerna och innebörden av dessa, se PTS metodbilaga till kartläggningen.[19]

Det finns flera olika faktorer som påverkar hur god uppkopplingen blir för resenären. Tåget i sig är ett stort hinder eftersom metallkarossen kraftigt dämpar signalen. Även faktorer inne i tåget har påverkan och kan innebära att signalen dämpas ytterligare. Detta kan t.ex. vara hur fullt tåget är (resenärer och bagage kan blockera eller splittra signalen), samt hur resenären håller sin terminal (t.ex. mobiltelefon). Resenärens fysiska placering i tåget kan också påverka uppkopplingen.

Det finns i praktiken två sätt för resenären att få mobil uppkoppling inuti tåget. Det första är att resenären ansluter sig direkt till sin mobiloperatörs mobilnät och därigenom får tillgång till tal- och datatjänster. Detta kan ske antingen genom att signalen släpps in i tåget via så kallade. RF-fönster (fönster som medger penetration av signaler) eller att signalen förstärks in genom en repeater. Det andra sättet resenären kan få uppkoppling på är att resenären ansluter sig till ett lokalt WiFi-nät i tåget.

RF-fönster ger möjlighet för signaler att passera in genom tågkarossen till en grad som inte är möjlig om tåget har fönster med metallfilm[20], medan en repeater istället hämtar in signalen genom en antenn placerad på tågtaket, som förstärker signalen in och ut ur tågvagnen. WiFi-system har likhet med repeatrar i det att en antenn placeras på taket, men istället för att förstärka mobilsignalen terminerar signalen i ett mobilmodem vid antennen och kapaciteten i nätet används som backhaul för ett WiFi-nät som skapas ombord.

Hur lösningarna fungerar och deras respektive för- och nackdelar gås igenom i större detalj nedan, i avsnitt 5.2 och 5.3.

Det är idag vanligt att olika tekniska lösningar används i samverkan med varandra för att skapa uppkoppling ombord på tåg, t.ex. ett WiFi-system tillsammans med en repeaterlösning.

---

[19] Diarienummer 21-11281 - Metodbilaga - PTS mobiltäcknings- och bredbandskartläggning 2021. https://www.pts.se/globalassets/startpage/dokument/icke-legala-dokument/rapporter/2022/internet/metodbilaga-pts-mobiltacknings-och-bredbandskartlaggning-2021_slut.pdf.

[20] Metallfilm i fönstren har under en tid använts som solskydd. Detta förutsätter också att metallfilmen inte har perforerats med laserteknik och på så sätt RF-fönsteranpassats.

5.2 Repeatrar och RF-fönster

Repeatrar och RF-fönster medger att resenären ansluter sig direkt till sin mobiloperatörs nät och därigenom får tillgång till tal- och datatjänster. I detta fall använder resenären sitt eget mobilabonnemang och den data som används räknas av från abonnemangets surfpott.[21]

Saknar resenärens mobiloperatör täckning längs spåret där tåget färdas, kan inte resenären dra nytta av dessa lösningar. Detta gäller även om täckning finns på sträckan från en annan mobiloperatör. Det är vanligt att flera mobiloperatörer har överlappande täckning, men det finns även sträckor där endast en mobiloperatör har täckning, vilket alltså i dessa fall kan påverka användarupplevelsen. I avsnitt 6.2 beskrivs hur täckningen ser ut längs Sveriges järnvägar.

För att resenären ska kunna ansluta sig direkt till sin mobiloperatörs mobilnät behöver signalen från mobilnätet vara tillräckligt stark inne i tåget, så kallad inomhustäckning. Som ovan angivits har dock tågkarossen en starkt dämpande effekt på mobilsignaler. Beroende på hur tåget är byggt, och om det är utrustat med metallfilm i fönstren, så kommer signaler att dämpas olika mycket.

En modern tågvagn som har metallfilm i fönstren kan dämpa signalen, från utsidan av tåget till insidan av tåget, så att signalen inne i tåget endast är en tusendel av den signalstyrka som finns utanför tåget. Detta kan jämföras med äldre tågvagnar utan metallfilm i fönstren, där dämpningen är avsevärt lägre. I detta fall kan signalstyrkan i vagnen istället vara i storleksordningen en åttondel av den signalstyrka som finns utanför tåget.

Signalen inne i en sådan äldre vagn skulle i detta fall vara 125 gånger starkare jämfört med den i en modern tågvagn med metallfilm i fönstren, om båda vagnarna färdades på samma järnvägssträcka. Det bör noteras att värdena för dämpningen ovan är exempel och att den faktiska dämpningen kommer att variera mellan olika tåg och vagntyper.[22]

För att motverka den höga dämpningen används olika metoder för att få in signalen i tågvagnen, t.ex. repeatrar och RF-fönster.

Den lösning som historiskt har använts har varit att installera repeatrar, som med en antenn på utsidan av tåget tar emot mobiloperatörernas signal, förstärker den, och återutsänder signalen i förstärkt form inne i tåget.

[21] Observera att vissa abonnemang emellertid kommer med ”fri surf”, vilket i realiteten innebär att surfpotten är obegränsad.

[22] För 900 MHz har Trafikverket mätt upp en genomsnittsdämpning på 30 dB för tågtyperna X2 och Regina (X55), aktbilaga 52 – Skrivelse från Trafikverket.

Antennen på taket har sådana egenskaper att signalen blir bättre inne i tågvagnen än vad motsvarande signal skulle vara för en mobilanvändare som stod invid spåret, utanför tåget. En repeater förstärker även signalerna från terminalerna inne i tåget, tillbaka till mobiloperatörernas basstationer. Den yttre antennen och förstärkningen gör att resenären kan få uppkoppling genom lösningen även i områden med jämförelsevis svag signalstyrka i mobilnäten.

För att alla resenärer inne i tåget ska kunna ansluta via en repeaterlösning krävs två saker. Det första är att den mobiloperatör som respektive resenär har abonnemang hos har täckning vid spåret där tåget för närvarande färdas. Det andra är att repeatersystemet måste kunna förstärka samtliga operatörers signal i de frekvensband som har täckning utmed spåret.

Antalet frekvensband som används i mobilnäten har ökat över tid, samtidigt som det skett, och kommer att fortsätta ske, en utveckling gällande vilka tekniker som används i mobilnäten. Detta har lett till ett behov av att över tid uppgradera repeatersystemen, för att dessa ska matcha hur mobiloperatörernas nät ser ut.[23]

De problem som har upplevts med repeatrar är i första hand inte tekniska. Vid kontinuerligt underhåll och uppgradering så fungerar systemen väl och kan använda den kapacitet som finns i mobilnäten på ett effektivt sätt. Tågoperatörerna upplever det dock som hindrande att tågen behöver tas ur trafik för installation, reparation och uppgradering av repeatersystem, vilket orsakar kostnader för dem. Vidare innebär repeatrarnas tekniska livslängd att dessa kommer att behöva bytas ut flera gånger under ett tågsätts tekniska livslängd.[24]

För att komma ifrån de problem som tågoperatörerna upplever med repeatersystem har istället vissa tågoperatörer övergått till RF-fönster.

RF-fönster är fönster med lägre signaldämpande effekt än de fönster med metallfilm som idag sitter i många vagntyper. Övergången till RF-fönster sker på tre sätt: direkt vid beställning när nya tåg upphandlas, genom utbyte av gamla fönster till RF-fönster, eller genom perforering av metallfilmen i befintliga fönster med laserteknik, vilket för

[23] 2007 använde mobilnäten i Sverige tre frekvensband, 900 och 1800 MHz för 2G och 2100 MHz för 3G. Idag använder mobiloperatörerna sju frekvensband, 700, 800, 900, 1800, 2100, 2600 och 3500 MHz banden för 2G/3G/4G/5G, där flera mobiloperatörer har indikerat att de kommer att stänga ner sina 2G- och 3G-nät innan utgången av 2025.

[24] Denna typ av underhåll och livscykelhantering gäller alla tekniska system, alltså även för t.ex. satellit och WiFi.

närvarande testas av branschen. Det sistnämnda innebär att befintliga fönster kan omvandlas till RF-fönster utan att fönstret i sig behöver bytas ut.[25]

RF-fönster har fördelen att de inte medför kostnader utöver installation, t.ex. för reparation eller nyinstallation, som uppstår vid användandet av repeatersystem eller WiFi-system.[26]

För att resenären ska kunna koppla upp sig genom ett RF-fönster krävs, precis som vid användandet av repeatersystem, att resenärens mobiloperatör har täckning där tåget färdas. Vidare innebär avsaknaden av signalförstärkning att signalen som finns utanför fönstret måste vara förhållandevis stark i jämförelse med den signalstyrka som kan användas av ett repeatersystem eller ett WiFi-nät.

5.3 WiFi

En annan teknisk lösning för mobil uppkoppling ombord på tåg är WiFi. Med ett WiFi-system ombord måste tåget ha en egen datauppkoppling, vilket tekniskt löses via ett eller flera mobilmodem kopplade till antenner på tågtaket, som skapar en datalänk mellan tåget och det/de omkringliggande mobilnätet/mobilnäten.

Anslutning till ett WiFi-nät ger oftast tillgång till majoriteten av de tjänster som resenären upplever som mobiltjänster, t.ex. tillgång till internet, appar för kommunikation och även mobilsamtal om mobilen har stöd för WiFi-samtal (även kallat Voice over WiFi).

En WiFi-anslutning är dock inte en direkt anslutning till mobiloperatörernas nät, utan kommunikationen kommer att gå via en bredbandsförbindelse på samma sätt som om användaren ansluter sin terminal till WiFi-nätet hemma.

Då resenären med denna lösning inte är direkt uppkopplad mot mobilnätet innebär detta att denne kan ansluta till internet oavsett vilken operatör som skapar täckning utanför tåget. Om installationen innehåller fler än ett mobilmodem kan de olika modemen också användas för att ansluta till olika mobiloperatörers nät samtidigt. Detta möjliggör att WiFi-systemet kan använda flera mobiloperatörers täckning och kapacitet för att skapa den datakapacitet som WiFi-systemet inne i tåget använder (så kallad aggregering).

[25] Aktbilaga 35 – Tjänsteanteckning från möte med SJ.
[26] Aktbilaga 24 – Tjänsteanteckning från möte med TechSverige och Tågföretagen.

6. Täckningsläget längs Sveriges järnvägsnät

Som förklarats ovan i avsnitt 5, är en god täckning vid spåret där tåget färdas en förutsättning för en god mobil uppkoppling ombord på tåget. I detta avsnitt ger PTS därför en bild av hur täckningsläget ser ut längs järnvägen i Sverige.

6.1 Allmänt om järnvägen i Sverige

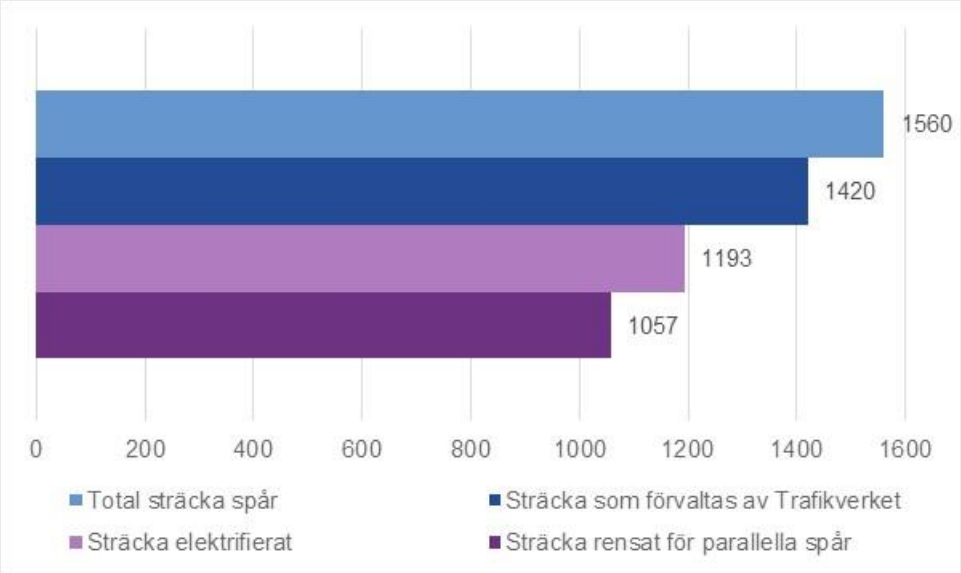
I Sverige finns totalt 1 560 mil[27] järnvägsspår. Av dessa förvaltar Trafikverket cirka 1 420 mil[28]. Exempel på spår som inte förvaltas av Trafikverket är Inlandsbanan och Arlandabanan.

Om statistiken rensas för sträckor där det finns parallella spår blir den totala banlängden cirka 1 057 mil[29]. En sådan rensning är relevant eftersom täckning mäts vid spåret, varför parallella spår har samma täckning och eventuella förbättringsåtgärder skulle träffa båda spåren.

I den del av det svenska järnvägsnätet som förvaltas av Trafikverket finns 525 stationer, 165 tunnelanläggningar och cirka 4 100 broar.

[27] Järnkoll – fakta om svensk järnväg - www.trafikverket.se, per 2023-01-11.
[28] Ibid.
[29] Beräkningar utförda av PTS, där den Nationella Järnvägsdatabasen använts.

Diagram 1. Spårlängd i det svenska järnvägsnätet, mil



6.2 Mobiltäckning vid järnvägar

I Sverige ser förutsättningarna för mobiltäckning olika ut beroende på inom vilket område som spåret är beläget. Generellt är täckningen god så länge järnvägen befinner sig i tätbebyggt område, eller finns parallellt med stora vägstråk (oftast motorvägar, t.ex. E4:an). På andra sträckor, främst i glesbygd, eller där rälsdragningen avviker från vägstråken, kan täckningen vara sämre eller i värsta fall närmast obefintlig.

En särskilt utmanande miljö är tunnlar, som kan innebära ett avbrott i täckningen även på sträckor som annars har god täckning, om inte särskild infrastruktur har installerats för att skapa täckning även i tunnlarna.

I PTS uppföljning av regeringens bredbandsstrategi[30] redovisas måluppfyllelse med avseende bl.a. på täckning längs med järnväg. Järnväg definieras i uppföljningen som ett av de områden där alla senast år 2023 bör ha tillgång till stabila mobila tjänster av god kvalitet.

[30] PTS-ER-2022:28 – Uppföljning av regeringens bredbandsstrategi 2022. Uppföljning av regeringens bredbandsstrategi 2022 PTS-ER-2022:28 | PTS.

För uppföljningen delar PTS in järnvägen i två kategorier – järnväg med hög trafik[31] och järnväg med låg trafik[32]. För dessa två kategorier följs sedan måluppfyllelsen upp mot olika kapacitetsmått.

För järnväg med hög trafik följs målet upp genom det som PTS något förenklat anger som 30 Mbit/s täckning vid 16 dB marginal för dämpning. Ett mobilnät enligt denna definition ska där signalen är som svagast, med god sannolikhet, ge minst 30 Mbit/s i nedlänk. Kravet på god sannolikhet gör att det i snitt kommer att vara möjligt att ta emot med en högre hastighet än 30 Mbit/s. Vidare kan det noteras att ett mobilnät som uppfyller samtliga krav för att kunna anses ge 30 Mbit/s täckning har en topphastighet på minst 150 Mbit/s.

De högtrafikerade järnvägssträckorna kommer mot denna bakgrund, om målet uppfylls, att ha täckning av ett eller flera mobilnät som utefter sträckningen vardera ger en hastighet minst inom spannet 30-150 Mbit/s. Till detta tillkommer normalt kapacitet i andra frekvensband, som enligt den totala definitionen kan ge minst 10 Mbit/s.

På samma sätt ger nät som för lågtrafikerad järnväg redovisas som minst 10 Mbit/s en hastighet minst inom spannet 10-75 Mbit/s. Om det finns fler än en operatör är detta per nät. Det finns även områden där en operatör enligt denna uppföljningsmetod har täckning i fler än ett frekvensband och där operatören i varje frekvensband har täckning som kan ge 10 Mbit/s, vilket gör att kapaciteten som användarna kan dela på dubblas eller i vissa fall tredubblas.

Både för hög- och lågtrafikerade järnvägssträckor följs målet upp med ett antagande om att signalen ska vara så stark att den kan dämpas till en fyrtiondel (totalt med 16 dB) och ändå nå upp till 30 Mbit/s, respektive 10 Mbit/s, där täckningen är som svagast, om den mottas med en mobiltelefon. Detta kan anses motsvara direktmottagning av mobilsignalen från mobilnätet inne i ett tåg med låg dämpning[33] (t.ex. i ett tåg utan metallfilm i fönstren, eller där fönstren har RF-anpassats) i kombination med viss dämpning av att mobilen hålls i handen. Detta är alltså det användarfall som PTS uppföljning är representativ för.

Som noterats i avsnitt 5.2 kan tåg med metafilm i fönstren medföra en mycket högre dämpning av signalen än den som PTS antar i sin uppföljning enligt ovan. Bara dämpningen från karossen kan medföra att signalstyrkan inne i tåget endast blir en tusendel av signalstyrkan utanför tåget. En resenär på ett tåg med denna typ av

[31] Järnväg med hög trafik definieras i PTS uppföljning som sträckor med minst 10 220 tåg per år.
[32] Järnväg med låg trafik definieras i PTS uppföljning som sträckor med färre än 10 220 tåg per år.
[33] För tåg med metallfilm i fönstren som inte har några andra hjälpmedel i form av repeater eller WiFi-system installerade kommer denna signalnivå inte räcka till för att ge uppkoppling inne i tåget.

fönster, som inte har hjälpande tekniska system i form av repeatrar eller WiFi, kommer att uppleva problem med täckningen över mycket större del av järnvägssträckningen än vad som framgår av PTS uppföljning.

Om tåget istället är utrustat med ett WiFi-nät eller ett repeatersystem kommer istället signalen från mobilnätet att tas emot via en antenn monterad på tågets tak. Antennen upplever inte någon dämpning från tåget, vilket gör att signalen som tas emot på detta sätt dämpas mindre.

Under förutsättning att systemet på tåget är uppgraderat för att hantera de tekniker[34] och frekvensband som används i mobilnäten utefter spåret, kommer ett tåg med denna typ av utrustning därför att kunna erbjuda en tjänst som uppfyller målet 30 Mbit/s eller 10 Mbit/s även i områden med svagare signalstyrka. För att se vilken effekt detta skulle kunna ge på täckningen kan bedömas hur täckningen ser ut vid ett krav på 0 dB marginal för dämpning istället för 16 dB. En annan effekt av att antennen kan ta emot på ett effektivare sätt är också att den kapacitet som kan utnyttjas från mobilnätet ökar, särskilt i de områden där signalen skulle ha legat nära gränsen för måluppfyllelse.

När det gäller täckning längs med järnväg med hög trafik var målet på 30 Mbit/s eller högre nedladdningshastighet vid 16 dB marginal för dämpning, i oktober 2021 uppfyllt till knappt 57 procent, vilket motsvarar 303 mil järnväg. Motsvarande andel uppfyllelse för järnvägar med låg trafik, med mål på 10 Mbit/s eller högre nedladdningshastighet vid 16 dB marginal för dämpning, var knappt 91 procent. Det sistnämnda motsvarar 475 mil järnväg.

Att måluppfyllelsen var högre för lågtrafikerade sträckor beror på att PTS gör olika antaganden om kapacitet och nedladdningshastighet för de olika typerna av sträckor. PTS har räknat på lägre nedladdningshastighet vid järnväg med låg trafik eftersom det överlag färdas färre personer på lågtrafikerade sträckor. Tågen är t.ex. ofta kortare på lågtrafikerade sträckor än de som används på högtrafikerade sträckor.

[34] 2G, 3G, 4G och 5G.

Tabell 1. Täckning på hög- och lågtrafikerad järnväg med avseende på nedladdningshastighet och marginal för dämpning, referenstidpunkt oktober 2021

	Mil järnväg med hög trafik	Mil järnväg med låg trafik	Mil järnväg totalt
Täckning >= 30 Mbit/s vid 16 dB	**303** *(Mobilmålet för järnväg med hög trafik uppfyllt till 57 procent)*	**156** **-**	**459** **-**
Täckning >= 10 Mbit/s vid 16 dB	**519** -	**475** *(Mobilmålet för järnväg med låg trafik uppfyllt till 91 procent)*	**994** -
Täckning <10 Mbit/s vid 16 dB	**14**	**49**	**63**
Mil järnväg totalt	533	524	1057

Om ingen uppdelning sker mellan järnväg med hög och låg trafik har cirka 994 mil, eller ungefär 94 procent av järnvägen, täckning med 10 Mbit/s eller högre nedladdningshastighet vid 16 dB marginal för dämpning. Av denna sträcka har 459 mil 30 Mbit/s eller högre nedladdningshastighet vid 16 dB marginal för dämpning.

Sträckan där hastigheten understiger 30 Mbit/s men överstiger 10 Mbit/s är följaktligen 535 mil. Idag saknar vidare 63 mil järnväg en täckning som ens når upp till 10 Mbit/s.

Uppgifterna ovan blir inte helt rättvisande för den resenär som ska använda mobilen direkt uppkopplad mot mobilnätet under en tågresa. Beroende på vilken operatör resenären har abonnemang hos kan täckning för denne helt saknas även i områden där uppföljningen visar att täckning finns, eftersom täckningen tillhandahålls av en annan operatör.

Den operatör med bäst grundtäckning, det vill säga 10 Mbit/s eller högre nedladdningshastighet vid 16 dB marginal för dämpning, har t.ex. mer än 200 mil längre järnvägssträcka i täckning än den operatör som har sämst grundtäckning. Värt att notera är att med antagandena ovan har den operatör som har bäst grundtäckning sämre eller ingen täckning alls på drygt 80 mil järnväg.

Täckningen vid spåret har påverkan på användarupplevelsen för resenärerna. Eftersom resenärerna delar på kapaciteten i mobilnäten är det av betydelse hur många passagerare i ett tåg som på samma gång använder en mobil uppkoppling.

WiFi-lösningar på tåg kan dra nytta av att kunna aggregera signalen från flera operatörer, se avsnitt 5.3.[35] Det är därför av betydelse hur många operatörer som har täckning längs med spåret om en WiFi-lösning används. Ju fler operatörer, desto större potentiell kapacitet kan WiFi-systemet nyttja.[36]

Två eller fler operatörer täcker totalt knappt 736 mil av järnvägen, vilket motsvarar knappt 70 procent av det totala järnvägsnätet, vid 30 Mbit/s eller högre nedladdningshastighet och 0 dB eller högre marginal för dämpning. Vid 0 dB marginal för dämpning krävs då alltså en lösning som medger att signalen kan användas för att skapa uppkoppling i tåget utan att dämpningen blir för stor, t.ex. en repeater eller ett WiFi-nät.

Eftersom det på tåg i allmänhet färdas många människor och att populära tjänster, bl.a. videokonferenssystem och streamingtjänster, kräver relativt mycket kapacitet så påverkas användarupplevelsen negativt om den totala kapaciteten är låg.

Ett gruppsamtal med video i Zoom och streaming från Youtube kräver t.ex. mer än 600[37] respektive 700[38] kbit/s för att fungera, i lägsta upplösning. Om 15 resenärer använder Zoom på samma gång som 30 resenärer tittar på Youtube, blir det gemensamma behovet av nedlänk totalt 30 Mbit/s (15x600 kbit/s +30x700 kbit/s = 30 Mbit/s). Fyra gånger fler användare av samma tjänster som i exemplet ovan, dvs. 180 simultana användare, skulle kräva bandbredder på 120 Mbit/s.

Ett vanligt X 2000-tåg kan ta 350 passagerare. SJ anger dessutom att de i framtiden kommer att köra fler sammankopplade tåg, vilket kommer innebära att antalet passagerare kan dubbleras till 700.[39]

[35] Detta kräver att den installerade utrustningen stödjer detta, samt att kapacitet köps från samtliga mobiloperatörer.

[36] Observera att detta kräver att WiFi-systemet har stöd för aggregering och att modem och SIM-kort finns som kan ansluta till alla tillgängliga nät.

[37] Uppgifter enligt Zooms amerikanska webbplats. https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/201362023-Zoom-system-requirements-Windows-macOS-Linux per 2023-01-05.

[38] Uppgifter enligt Googles support. https://support.google.com/youtube/answer/78358?hl=en per 2023-01-05.

[39] Aktbilaga 35 – Tjänsteanteckning från möte med SJ.

Karta 1. Sammanlagd täckning för alla operatörer vid en marginal för dämpning på 16 dB (där mobil tillsammans med RF-fönster möjliggör uppkoppling). Kartkälla, Lantmäteriet.

Karta 2. Mobiltäckning längs järnväg för två eller fler operatörer, 30 Mbit/s eller högre nedladdningshastighet vid en marginal för dämpning på 0 dB (där WiFi-system är tydligt bättre än mobiltelefon uppkopplad direkt mot en mobilmast via RF-fönster). Grön = täckning enligt ovan, Röd = ingen täckning enligt ovan. Kartkälla, Lantmäteriet.

Oavsett val av teknisk lösning på tåget, det vill säga om uppkoppling sker via en terminal uppkopplad direkt mot en mobiloperatör via RF-fönster eller en repeater, eller indirekt via WiFi-system, kommer det krävas en betydande utbyggnad i mobilnäten om målsättningen är att kunna erbjuda god täckning längs med järnvägen i hela landet. En sådan utbyggnad kommer att bli mycket kostsam, varför komplement och lösningar bör sökas som kan minska denna kostnad.

Som ovan framgår finns det fördelar med WiFi-system. Om tågresenärerna kan dela på kapaciteten från flera mobiloperatörer blir behovet av utbyggnad av mobilnäten inte lika stort som om den enskilda resenären ska vara uppkopplad direkt mot sin egen mobiloperatör.

6.2.1 Mobiltäckning i tunnlar

En utmaning som har identifierats för att åstadkomma sammanhållen mobil uppkoppling på tåg är skapandet av täckning i tunnlar. Det är vanligt förekommande att täckning helt saknas i tunnlar även på sträckor som annars har god mobiltäckning.

Av de 165 tågtunnlar som Trafikverket förvaltar är 89 längre än 300 meter och kan därför inte förlita sig på täckning från mobiloperatörernas nät utanför tunneln. Detta beror på att den mobilsignal som kommer in i tunneln via tunnelmynningen snabbt minskar i styrka i tunnelns längdriktning. I dessa tunnlar är det därför nödvändigt att mobiltäckning kommer till stånd på ett annat sätt, oftast genom installation av så kallad läckkabel, vilket beskrivs nedan.

De 89 tunnlarna, som alla individuellt är längre än 300 meter, har en gemensam längd på drygt tolv mil. Ungefär hälften av sträckan (cirka sex mil) har mobiltäckning, eller ingår i planer för sådan utbyggnad. På resterande sträcka (också drygt sex mil) saknas täckning.

Det är vanligare att längre tunnlar har mobiltäckning. Av de 18 tunnlar som är längre än två km är det tio som idag har eller planeras att få täckning.

Av de 31 tunnlar som är mellan 600 meter och två km är det 13 som har eller planeras att få täckning. Sämst ställt är det i kortare tunnlar, dvs. de som är mellan 300 och 600 meter. Totalt finns 40 sådana tunnlar, och där planeras täckning i sex av dessa.

Normalt används en så kallad läckkabel, som löper genom hela tunneln, för att skapa täckning inne i tunneln. Läckkabeln kopplas sedan till ett teknikskåp i närheten av tunnelmynningen. Mobiloperatörerna beställer installationen av läckkabeln och annan nödvändig utrustning av Trafikverket.

Det är dock upp till mobiloperatörerna att ordna anslutning (backhaul) och nödvändig strömförsörjning utanför tunneln, vilket kan vara både dyrt, tidskrävande och utmanande beroende på tunnelns geografiska placering.

Mobiloperatörerna får inte själva anlägga infrastruktur i tunnlarna, utan en sådan installation sker genom Trafikverket, utav upphandlade underentreprenörer. Tillsammans med att en tunnel ofta måste stängas av för att installation ska kunna ske, innebär detta att tunneletableringar blir komplexa och i många situationer tidsödande. Koordination av denna typ av arbeten genomförs för närvarande en gång i kvartalet, i det så kallade *Tunnelforum*, där Trafikverket träffar mobiloperatörerna för att diskutera arbeten i tunnlar. Trots denna rutin upplevs samordningen som ett problem av mobiloperatörerna. [40]

[40] Aktbilaga 24 - Tjänsteanteckning från möte med Tågföretagen och TechSverige, samt Aktbilaga 32 - Tjänsteanteckning från möte med Tre, Telia och Telenor.

7. Nuläge och trender

PTS har inom ramen för detta uppdrag genomfört en rad marknadskontakter för att få en bild av hur nuläget ser ut kring uppkoppling på tåg, samt vilka trender som går att observera.

Det kan konstateras att det finns en stor splittring i hanteringen av frågan om uppkoppling på tåg i Sverige. Ingen aktör känner idag ett helhetsansvar för frågan och många aktörer ser inte frågan om uppkoppling som en naturlig del av sin kärnverksamhet.

7.1 Utbyggnad av täckning vid spår och i tunnlar

Mobiloperatörerna arbetar löpande med utbyggnad av kapacitet och med förtätning och utökning av befintliga nät. I samverkan med Trafikverket sker också viss utbyggnad av täckning i tågtunnlar.

PTS konstaterar i avsnitt 6.2 att det framåt kommer att krävas utbyggnad av master och annan infrastruktur om god mobil uppkoppling på tåg ska kunna uppnås i hela landet.

PTS bedömer att det finns en bortre gräns för vad marknadens aktörer klarar av i utbyggnad av täckning och kapacitet. Detta hänför sig till att det i vissa områden saknas tillräckligt kundunderlag för att det ska bära sig för mobiloperatörerna att bygga ut nödvändig infrastruktur och att hålla denna i drift på marknadsmässig grund.

Detta innebär att det finns områden där det inte är troligt att god täckning kommer att uppnås inom rimlig tid utan att marknadskrafterna får hjälp att nå längre, och områden där det inte är troligt att god täckning kan skapas alls utan någon typ av statligt ingripande som komplement till marknadsdriven utbyggnad.

7.1.1 Täckningskrav som ett verktyg för att skapa bättre täckning längs järnvägen

Enligt 3 kap. 12 § lagen (2022:482) om elektronisk kommunikation (nedan LEK), har PTS som ansvarig myndighet möjlighet att ställa krav på täckning och utbyggnad i landet vid tilldelning av radiotillstånd.

I den spektrumauktion av 900 MHz-, 2,1 GHz- och 2,6 GHz-banden som planeras till tredje kvartalet 2023 har förslag till täcknings- och utbyggnadskrav konsulterats under hösten 2022.[41]

I konsultationen föreslås att ett tillstånd om 2×10 MHz i 900 MHz-bandet ska förenas med krav på täckning och utbyggnad för att bidra till uppfyllelsen av mobilitetsmålet i regeringens bredbandsstrategi. Täckningskravet avser etablering av infrastruktur i områden där det idag saknas kommersiellt intresse. Detta ska ske genom utbyggnad av nya master längs vägar och järnvägar, men även inom andra områden där människor normalt befinner sig. Utbyggnad enligt detta krav utefter järnväg ska skapa ny täckning och kapacitet motsvarande 10 Mbit/s vid 16 dB marginal för dämpning.

I konsultationen föreslås också att de budgivare som förvärvar en frekvensmängd om minst 40 MHz i 2,1 GHz- och/eller 2,6 GHz-banden ska få sina tillstånd förenade med krav på täckning och utbyggnad i kapacitetshöjande syfte utefter utpekade högtrafikerade järnvägssträckor. Då den totala frekvensmängden i dessa frekvensband i auktionen är 300 MHz är det högst troligt att fler än en tillståndshavare kommer att få sitt tillstånd förenat med ett sådant krav.

Tillståndshavare ska sedan senast den 31 december 2030 uppfylla kravet genom att erbjuda täckning och kapacitet, motsvarande 30 Mbit/s vid 16 dB marginal för dämpning i eget nät utefter de utpekade järnvägssträckorna.

Täckningskravet i 2,1 GHz- och 2,6 GHz-banden kommer vid ett eventuellt genomförande att innebära ökad täckning och kapacitet utefter vissa av de järnvägssträckor där täckningen och kapaciteten idag är otillräcklig.

En sak att notera är att tågtunnlar har undantagits från det konsulterade täckningskravet, eftersom mobiloperatörerna saknar rådighet över dessa. Detta innebär att tunnlar där det idag saknas täckning, utan andra åtgärder, fortsatt kommer att vara utan täckning även om området omkring tunnlarna får en förbättrad täckning/kapacitet genom det föreslagna täckningskravet i 2,1 GHz- och 2,6 GHz-banden.

Det skulle alltså finnas en stor synergi mellan det konsulterade täckningskravet och åtgärder riktade specifikt mot tunnlar, se vidare avsnitt 8.3.1.2.

[41] Extra konsultation om täckningskrav i auktionsförfarandet för tilldelning av tillstånd i 900 MHz-, 2,1 GHz- och 2,6 GHz-banden, PTS diarienr: 21-10605.

7.2 Trender i aktörernas val av tekniska lösningar

Historiskt har repeatersystem använts för att skapa mobil uppkoppling för resenärer ombord på tåg, ofta i samverkan med en WiFi-lösning. Repeatern på tåget har i dessa fall ofta bekostats och driftats av mobiloperatörerna.[42]

En tydlig trend idag är att både mobiloperatörer och tågoperatörer önskar att röra sig bort från repeatersystemen.[43] Detta beror på att de ser repeatrar som ett dyrt och icke framtidssäkert sätt att skapa mobil uppkoppling ombord på tåg.

Ett tågsätt har mycket lång teknisk livslängd, ofta uppåt 20-30 år initialt. Med renovering av tågvagnarna kan många gånger livslängden förlängas ytterligare, ibland till uppåt totalt 50 år. Detta innebär att en repeaterlösning, som oftast har en teknisk livslängd på maximalt 10 år, kan behöva bytas flera gånger under den tid en tågvagn är i drift.[44]

Idag byter vissa tågoperatörer ut repeatersystem för att istället satsa på RF-fönster. Trenden är dock inte enhetlig och samordnad, utan varje aktör väljer själv vilka lösningar som tillämpas i den egna tågflottan. Omvandling av befintliga fönster till RF-fönster, vilket beskrivs i avsnitt 5, har använts framgångsrikt i Europa och SJ har påbörjat ett sådant arbete på sin tågflotta i Sverige.[45]

Bransch- och arbetsgivarorganisationen Tågföretagen anger att RF-fönster är den lösning för förbättrad mobil uppkoppling på tåg som kommer att gälla framöver. Samtidigt anger organisationen att inte alla medlemsföretag har en affärsmodell som i dagsläget medger att de kan ta de investeringskostnader som är förknippade med ett byte till RF-fönster.[46]

Även Transitio, det företag som äger många av de tåg som används i regional tågtrafik, har angivit att RF-fönster ses som ett bra sätt att få in signalen i tåget. Bolaget anger vidare att lösningen förenklar underhållssituationen, eftersom den är passiv. Detta hör bland annat samman med att tågen inte kan användas i trafik medan utrustning installeras, repareras eller uppdateras, vilket leder till kostnader.[47]

[42] Aktbilaga 26 – Tjänsteanteckning från möte med Transitio.
[43] Aktbilaga 32 – Tjänsteanteckning från möte med Tre, Telia och Telenor och Aktbilaga 24 – Tjänsteanteckning från möte med TechSverige och Tågföretagen.
[44] Aktbilaga 13 – Tjänsteanteckning från möte med Maven Sweden Wireless AB.
[45] Aktbilaga 43 – Tjänsteanteckning från möte med Ericsson och Aktbilaga 35 – Tjänsteanteckning från möte med SJ.
[46] Aktbilaga 24 – Tjänsteanteckning från möte med TechSverige och Tågföretagen.
[47] Aktbilaga 26 – Tjänsteanteckning från möte med Transitio.

Trafikverket har angivit att en övergång till RF-fönster från repeatersystem kan innebära ökade utmaningar när mobil uppkoppling ska skapas inne i tåget. I järnvägsmiljön sitter master ofta placerade så att signal kan sändas till en antenn på tågtaket, men placeringen medger inte alltid att signalen direkt kan penetrera tåget från sidan genom ett fönster. Detta kan också påverkas av om spåret löper i en så kallad skärning, det vill säga delvis är nedgrävt i landskapet.[48]

Enligt Trafikverket är det mer fördelaktigt om master byggs på ett större avstånd från rälsen om RF-fönster används. Detta är något som behöver beaktas vid etablering av nya master. Enligt Trafikverket är dagens master inte alltid placerade på ett lämpligt sätt.[49] Mobiloperatörerna bedömer dock att övergången till RF-fönster inte kommer att innebära några problem.[50]

Att gå ifrån repeatersystem till RF-fönster har, enligt vad PTS kan bedöma, både positiva och negativa effekter. I de områden där signalen på utsidan av tåget är tillräckligt stark så kommer mobilnätens signaler i samtliga frekvensband och med samtliga tekniker[51] nå in till resenärerna i tåget. En negativ effekt är dock att ett byte till RF-fönster troligen leder till att signalstyrkan inne i tåget endast kan förväntas motsvara mellan en tiondel och en trettiondel av den signalstyrka som fås med ett väl fungerande repeatersystem.

PTS gör mot denna bakgrund bedömningen att det krävs åtgärder för att höja signalstyrkan i områden där denna är svag, i ett eller flera frekvensband, för att kompensera för den ökade dämpningen om RF-fönster används istället för repeater eller WiFi-system. Till vilken grad mobiloperatörerna kommer att öka signalstyrkan utefter spåren i detta avseende är idag dock oklart för PTS.

Lösningen med RF-fönster verkar idag, i alla fall delvis, ses som ett komplement till befintliga WiFi-nät ombord på tågen. WiFi ses som ett etablerat system av branschen och används också för andra system ombord på tågen, t.ex. infotainment. Transitio uppger att olika regioner ofta kravställer att WiFi ska finnas på tåget.[52] Tågföretagen har dock angivit att behovet av WiFi-system minskar med implementeringen av RF-fönster.[53]

[48] Aktbilaga 25 – Tjänsteanteckning från möte med Trafikverket.
[49] Aktbilaga 25 – Tjänsteanteckning från möte med Trafikverket.
[50] Aktbilaga 24 – Tjänsteanteckning från möte med TechSverige och Tågföretagen.
[51] Tekniker betyder i detta sammanhang olika generationer av mobilnätet, 3G, 4G och 5G.
[52] Aktbilaga 26 – Tjänsteanteckning från möte med Transitio.
[53] Aktbilaga 24 – Tjänsteanteckning från möte med Tågföretagen och TechSverige.

7.3 Tekniker som i framtiden kan vara relevanta för uppkoppling på tåg

7.3.1 Trackside

Trackside innebär att ett dedikerat system byggs utefter järnvägen, där många små antenner sätts upp längs med en utvald spårsträckning. Antennerna används sedan för att sända signal längs med hela den utvalda bansträckningen, till mottagare som är monterade utanpå tåget.

På detta sätt skapas en datauppkoppling mellan antennerna vid spåret och mottagaren på tåget. Denna datauppkoppling kan sedan användas för att mata ett WiFi-nät inne i tåget, som resenärerna kan koppla upp sig mot. Egentligen är detta därmed en variant på WiFi-lösning, med skillnaden att ett separat radionät (ofta utan inblandning från de vanliga mobilnäten) används för uppkoppling, snarare än att WiFi-nätet kopplas upp mot mobilnätet.

En variant på Trackside skulle även potentiellt kunna vara ett dedikerat mobilnät som bara skapar signal utmed spåret, i kombination med RF-fönster. Genom att placera basstationerna tillräckligt tätt och rikta effekten utefter spåret kan det vara möjligt att skapa god mobil uppkoppling inne i tåget, så att resenärerna kan koppla upp sig direkt mot mobilnätet. Ericsson har genomfört tester med ett sådant system i Schweiz, som enligt företaget visar att det är möjligt att skapa en god mobil uppkoppling inne i tåget med hög kapacitet.[54]

För att samtliga mobiloperatörers kunder ska kunna använda denna senare lösning måste dock antingen alla mobiloperatörer bygga ut sina nät utefter spåret, eller en mobiloperatör ta på sig att bygga nätet och tillåta de andra mobiloperatörernas kunder att ansluta till nätet via roaming.

För att järnvägsnätet i Sverige skulle kunna täckas med Trackside krävs troligen en mycket omfattande utbyggnad av infrastruktur, vilket är förknippat med stora kostnader. Det är därför troligt att Trackside som lösning främst är relevant för de mest vältrafikerade sträckorna.

7.3.2 Satellit

En teknik som potentiellt skulle kunna användas för att förse resenärer med god mobil uppkoppling på tåg är satellit. Tekniken innebär att en signal sänds från satelliter som befinner sig i omloppsbana kring jorden. Detta kräver att antenner installeras på tågtaket, som medger att signal kan mottas från det läge där satelliten

[54] Aktbilaga 43 – Tjänsteanteckning från möte med Ericsson.

befinner sig. Precis som för Tracksidelösningen kopplas satellitmottagaren sedan till ett WiFi-nät inne i tåget, som resenärer kan koppla upp sig mot.

Idag finns genom t.ex. Starlink satellittäckning i Sverige med erbjudanden till slutkunder. Starlink är en satellitkonstellation som levererar bredbandstjänster via en stor mängd mindre satelliter som rör sig i en icke-geostationär bana, som kallas LEO (Low Earth Orbit). Det finns även andra globala satellitoperatörer, som dock för närvarande inte säljer abonnemang i Sverige.

Det finns indikationer på att satellit, på sikt, skulle kunna användas som ett komplement till utbyggnad av markbunden infrastruktur. Detta skulle kunna innebära en kostnadsbesparing i jämförelse med en sådan utbyggnad.

Satellit har fördelen att inte behöva en fast infrastruktur på marken, vilket innebär att mobil uppkoppling kan skapas ombord på tåg även i områden där kundunderlaget är för litet för att attrahera mobiloperatörerna till en marknadsmässig etablering av master. Lösningen har dock även vissa begränsningar, eftersom det krävs att mottagaren har fri eller nästan fri sikt till satelliten, vilket gör att lösningen t.ex. kommer att tappa uppkopplingen i tunnlar.

PTS har fått skiftande information om satellit och den potential som denna tekniska lösning skulle kunna ha för att skapa god mobil uppkoppling på tåg. Tekniken har tidigare ansetts för komplex och dyr för att användas på tåg.[55] Det finns dock indikationer på att detta håller på att förändras och att satellit kan vara ett möjligt komplement till befintliga lösningar.[56]

[55] Aktbilaga 13 – Tjänsteanteckning från möte med Maven Sweden Wireless AB.
[56] Aktbilaga 49 – Tjänsteanteckning från möte med Icomera.

8. PTS förslag till åtgärder och uppdrag

Frågan om mobil uppkoppling på tåg är komplex och berör många olika aktörer, individuellt och i samverkan. Detta innebär att frågan kan diskuteras utifrån flera olika synvinklar och att skiftande åtgärder kan behöva genomföras, ofta i kombination, för att uppnå bästa effekt.

Gemensamt för samtliga förslag som PTS presenterar i denna rapport är att de utgör dellösningar på ett komplext problem. Åtgärdernas syfte är att hjälpa marknaden att nå längre än den annars hade gjort. Åtgärderna ska dock inte ses som slutgiltiga och fullständiga lösningar som skapar god mobil uppkoppling för resenärer på Sveriges alla tåg.

Om hela Sveriges järnvägsnätverk ska få god täckning kommer det enligt PTS bedömning att krävas mer långtgående åtgärder i form av statliga stödinsatser eller andra statliga åtgärder, som komplement till de åtgärdsförslag som återfinns i denna rapport. Detta särskilt sett ur perspektivet att efterfrågan på mer kapacitetskrävande tjänster är större idag jämfört med tidigare och att behoven troligen kommer att fortsätta öka.

Nedan följer PTS förslag till åtgärder.

8.1 En tydlig politisk inriktning behövs för uppkoppling på tåg

PTS förslag:

PTS föreslår att en uppdaterad och tydlig politisk inriktning tas fram, som övergripande kan peka ut riktningen för framtida åtgärder och som ger stöd till en strategisk planering.

PTS föreslår att mobil uppkoppling på tåg inkluderas i en ny strategi. För att följa upp arbetet med att främja sådan uppkoppling föreslås att PTS får i uppdrag att ta fram uppdaterade indikatorer för uppföljning av mobil uppkoppling på tåg.

Uppdraget bör ges till PTS samordnat med det uppdrag om att analysera och följa den nya strategins mål som PTS föreslagit att myndigheten ska få i rapporten PTS-ER-2022:33 *Bredband till allt - Åtgärder för ett helt uppkopplat Sverige.*

De aktörer som PTS mött inom ramen för uppdraget beskriver i stor utsträckning en situation där mobil uppkoppling på tåg inte ses som en del av kärnuppdraget. Enligt

aktörerna saknas också en tydlig riktning för arbetet med mobil uppkoppling på tåg som helhet. Detta leder enligt PTS bedömning till en situation där frågan riskerar att nedprioriteras.

Det finns idag närmast konsensus bland berörda aktörer kring att det behövs en tydligare politisk inriktning för uppkoppling på tåg.[57] Utan en tydlig förväntansbild saknar aktörerna en riktning att arbeta mot och det blir svårt med en samordning av arbetet.

8.1.1 PTS har betonat behovet av en ny strategi för bredbandsområdet

PTS har i rapporten PTS-ER-2022:33 *Bredband till allt – Åtgärder för ett helt uppkopplat Sverige* (nedan Bredband till allt) betonat behovet av en ny strategi som tar vid senast när den nuvarande bredbandsstrategin når sitt slut 2025. PTS har föreslagit att ett övergripande mål för en sådan ny strategi skulle kunna vara att *Sverige ska ha tillgång till ändamålsenligt och tillförlitligt bredband där och när behov finns*.

PTS anger i *Bredband till allt*:

- Att en ny strategi i hög grad behöver utgå från dagens förändrade samhällsbehov, liksom de behov som kan förväntas uppstå under det närmaste decenniet. Strategin bör möta de nya utmaningar som Sverige står inför avseende att hantera den fortsatta utbyggnaden och förvaltningen av den nationella infrastrukturen för bredband. Detta innebär åtgärder så att såväl nät för fast- som mobilt bredband tillhandahåller ändamålsenliga och tillförlitliga tjänster där och när behov finns.

- Att det finns behov av två grundläggande delmål med fokus dels på faktisk anslutning, dels på aktiva abonnemang för hushåll och organisationer. Även andra delmål kan vara relevanta beroende på vad strategin omfattar.

[57] Exempel på detta är att SKR efterfrågar att frågan behandlas långsiktigt, övergripande och att en nationell plan tas fram (Aktbilaga 41 – Skrivelse från SKR). TechSverige anger att det saknas ett övergripande kvantifierat bredbandsmål med investeringar och tidplaner (Aktbilaga 24 – Tjänsteanteckning från möte med TechSverige och Tågföretagen). Transitio anger att det skulle vara enklare för hela branschen om det fanns ett tydligt bredbandsmål (Aktbilaga 26 – Tjänsteanteckning från möte med Transitio). Även regionalt finns denna bild, Region Värmland anser att det finns ett stort behov av att statliga och privata aktörer tillsammans tar fram en gemensam strategi, målbild och långsiktig arbetsplan för att säkra tillgången till uppkoppling på tåg med tillräckliga prestanda (Aktbilaga 31 – Skrivelse från Region Värmland).

- Att de olika behov och förväntningar som finns i samhället bör vara utgångpunkten, däribland användarupplevelsen. Högsta möjliga nedladdningshastighet blir då endast ett kriterium bland flera. Andra kriterier som svarstider eller tjänstekvalitet ökar också i betydelse.

- Att delmålen bör kompletteras med uppföljbara indikatorer som utgår från användarupplevelsen och som samtidigt är teknikneutrala. Indikatorerna behöver vara tillräckligt flexibla så att de kan ta hänsyn till att förväntningarna på bredband förändras över tid.

- Att en fortsatt utbyggnad och förvaltning av bredbandsinfrastrukturen kräver ett offentligt åtagande som är bredare än det staten har i dag. Om bredbandspolitiken ska kunna utgå från samhällets behov så behöver ännu fler av samhällets aktörer engageras. Att tydliggöra det offentligas åtagande och dess långsiktiga engagemang blir en viktig del i framtagandet av en ny strategi.

- Att fler statliga myndigheter utifrån sina ansvarsområden bidrar i arbetet. Exempelvis ser PTS att de myndigheter och statliga bolag som förvaltar infrastruktur eller fastigheter kan ges i uppdrag att ta fram strategier för hur den egna verksamheten ska bidra till genomförandet av en ny nationell strategi.

PTS ser behov av att Sverige i högre grad har, och långsiktigt upprätthåller, en samhällsbärande infrastruktur för bredband. Vårt samhälle blir allt mer beroende av digitala funktioner, tjänster och system. När samhället digitaliseras blir vi därför i allt högre grad beroende av att den underliggande infrastrukturen fungerar i alla situationer.

8.1.2 En förväntansbild bör vara en mobil arbetsplats på tåg

Mobil uppkoppling på tåg är en fråga som hänger samman med hur inriktningen ser ut för bredbandspolitiken i allmänhet. PTS föreslår därför att det behov som finns av tydligare styrning kring uppkoppling på tåg inordnas i det mer övergripande arbete som föreslås i *Bredband till allt,* se avsnitt 8.1.1.

För uppkoppling på tåg föreslår PTS att en förväntansbild bör vara en mobil arbetsplats. Detta innebär på sikt att arbete ska kunna utföras på samma sätt som hemma, vilket bland annat innebär att resenärer på ett tåg ska ha möjlighet att koppla

upp sig till t.ex. distansmöten med video.[58] Detta är en högt satt ambitionsnivå som kommer att kräva stora förbättringar från dagens nuläge.[59]

De förslag till åtgärder som PTS presenterar i denna rapport kan ses som delåtgärder för att närma sig denna förväntansbild.

8.2 Ökad samverkan och koordinering

PTS förslag:

För att främja samverkan föreslår PTS att myndigheten ska utreda hur samverkan idag ser ut. I uppdraget bör också ingå att ge förslag till hur en sådan samverkan kan öka om brister identifieras, t.ex. genom inrättandet av ett särskilt forum eller en särskild samordnare.

För att en god mobil uppkoppling ska kunna skapas för resenärer på tåg i hela landet krävs samverkan mellan flera olika aktörer. Det finns stora potentiella positiva synergier om dessa aktörer i högre grad samverkar, lär av varandras erfarenheter och i tillämpliga fall även samordnar sina lösningar.

Ett exempel på hur samordning idag kan förbättras är den regionala tågtrafiken och hur regioner ofta verkar arbeta enskilt med uppkopplingsfrågan. 20 av landets 21 regioner bedriver regional tågtrafik, men graden av samordning bland de olika regionerna kring frågan om uppkoppling på tåg verkar vara otillräcklig.

Det är oklart hur mycket dialog som förs direkt mellan regionerna. Någon organiserad samverkan i uppkopplingsrelaterade frågor finns idag t.ex. inte genom branschorganisationen Svensk Kollektivtrafik, som samlar de regionala kollektivtrafikmyndigheterna och länstrafikbolagen.[60]

Genom Transitio, som äger stora delar av den regionala tågflottan, finns vissa möjligheter till samordning, men då främst på teknisk nivå kring särskilda tågmodeller och avseende tekniska lösningar i relation till dessa.

[58] En sådan ambitionsnivå möjliggör också andra typer av vardagligt användande.

[59] Detta kan t.ex. jämföras med den ambitionsnivå som Trafikverket angivit i en skrivelse till PTS (Aktbilaga 52), där myndigheten beskriver att ”god kapacitet i järnvägskorridoren behöver vara minst 30 Mbit/s på lågtrafikerade linjer och minst 300 Mbit/s på högtrafikerade linjer som kan distribueras i tåget till alla passagerare”.

[60] Svensk kollektivtrafik har dock i möte med PTS uppgett att detta kan vara något att se över inför framtiden. Aktbilaga 20 – Tjänsteanteckning från möte med Svensk Kollektivtrafik.

Att regionerna fattar olika strategiska beslut med bäring på mobil uppkoppling på tåg och väljer olika tekniska lösningar kan bero på skiftande lokala förutsättningar och behov, men innebär också att synergier och skalfördelar går förlorade.

En större regional samordning skulle möjliggöra för regionerna att lära av varandras erfarenheter och skapa förutsättningar för ett effektiviserat användande av skattemedel.

PTS har inom ramen för detta uppdrag inte kunnat kartlägga samtliga kontaktytor mellan berörda aktörer, vilket bl.a. skulle kräva kontakt med varje enskild region, tågoperatör och tågägare. Myndigheten kan därför inte bedöma om det finns ytterligare samarbetsvägar och forum som idag används för erfarenhetsutbyte och samordning. Det är alltså möjligt att samverkan finns i högre grad än vad som har identifierats i denna rapport.

8.3 Täckningen behöver förbättras vid spåren

Gemensamt för samtliga tekniska lösningar som används för att skapa mobil uppkoppling ombord på tåg, är att teknikerna är helt beroende av den täckning som tillhandahålls utanför tåget. Detta innebär att täckning och tillräcklig kapacitet utanför tåget är den grund som alla tekniska lösningar vilar på.

Som beskrivits i avsnitt 6.2 är fortfarande täckningen och/eller kapaciteten vid delar av Sveriges järnvägsnät bristfällig. Totalt saknas täckning som uppnår minst 10 Mbit/s vid 16 dB marginal för dämpning längs 63 mil av järnvägsspåren i riket. Ytterligare 535 mil har under 30 Mbit/s vid 16 dB marginal för dämpning.

PTS har i detta uppdrag undersökt och identifierat olika möjligheter att förbättra täckningen där detta behövs.

8.3.1 Ett tydligare uppdrag till Trafikverket

PTS förslag:

PTS föreslår att Trafikverkets regleringsbrev uppdateras för att tydligare spegla myndighetens roll som möjliggörare av god mobil uppkoppling på tåg.

Ett långsiktigt samverkansforum bör etableras mellan Trafikverket och PTS för att öka samverkan mellan myndigheterna, särskilt kring föreslagna uppdrag.

Trafikverket är som ägare av infrastruktur en viktig aktör och samarbetspartner för att åstadkomma rätt förutsättningar för uppkoppling på tåg. Trafikverket saknar dock

idag ett tydligt mandat i sitt regleringsbrev som ger myndigheten möjlighet att agera i täckningsfrågor.

Vid de marknadskontakter som PTS har genomfört inom ramen för detta uppdrag har framkommit att det närmast råder konsensus bland berörda aktörer att Trafikverket behöver få en tydligare roll i frågan om god mobil uppkoppling på tåg.

Utöver detta generella och övergripande förslag till förändring föreslår PTS också att Trafikverket får i uppdrag att undersöka olika möjligheter att främja mobil uppkoppling på tåg enligt nedan. Uppdragen behöver förenas med särskild finansiering.

Samtliga uppdrag bör genomföras i nära samverkan mellan Trafikverket och PTS, genom att ett långsiktigt samverkansforum etableras mellan myndigheterna.

Inom ramen för uppdraget har PTS stämt av föreslagna åtgärder med Trafikverket och myndigheten har bifallit PTS förslag.[61]

8.3.1.1 Uppdrag att utreda möjligheter att ge tillgång till infrastruktur, nu och i framtiden

PTS förslag:

PTS föreslår att Trafikverket får i uppdrag att utreda möjligheten att ge tillträde till befintlig infrastruktur och möjligheten att dimensionera framtida infrastruktur för att kunna ge ett sådant tillträde. I uppdraget bör ingå att redovisa eventuella hinder som idag finns för tillträde, t.ex. legala eller säkerhetsmässiga, samt vad som skulle krävas för att dessa ska kunna undanröjas.

Trafikverket är utöver förvaltare av järnväg också en stor förvaltare av annan infrastruktur, som finns i anslutning till spåret. Detta rör t.ex. master, kanalisation, fiber och elkraft. Infrastrukturen används främst för interna behov hos Trafikverket men upplåts också i viss mån till externa aktörer.

I PTS marknadskontakter har ett flertal aktörer påtalat nyttan i om Trafikverket i större utsträckning skulle kunna ge tillträde till befintlig infrastruktur, och också dimensionera framtida infrastruktur för att kunna ge ett sådant tillträde. Detta skulle t.ex. kunna omfatta att inte enbart etablera fiber för myndighetens interna behov, utan att också bygga extra kapacitet när intern infrastruktur ändå etableras.

[61] Aktbilaga 52 – Skrivelse från Trafikverket.

Enligt mobiloperatörerna skulle detta leda till kostnadsminskningar och samhällsekonomiska effektiviseringar, eftersom infrastruktur inte skulle behöva anläggas dubbelt längs med spåren, och inte heller vid flera separata tillfällen. Genom att utbyggnaden av infrastruktur underlättas kan marknaden åstadkomma en utbyggnad av mobiltäckning som når längre än vad som annars hade varit möjligt.

PTS kan konstatera att Trafikverket redan idag upplåter viss infrastruktur och har upparbetade rutiner för detta, t.ex. genom standardiserade blanketter för inplacering i master.[62] Kring annan infrastruktur är situationen mer oklar, t.ex. rörande fiber, där infrastruktur upplåts i vissa situationer.

Mobiloperatörerna efterfrågar också att Trafikverket ska upplåta elkraft. Ett hinder för detta är ellagen (1997:857), som enligt Trafikverket förhindrar myndigheten från att upplåta elkraft annat än som en del i tunneletableringar.[63]

Trafikverket har också informerat PTS om att myndigheten kan komma att etablera ny infrastruktur i samband med utbyggnaden av framtidens kommunikationssystem för järnvägen, FRMCS, som ska ersätta det nuvarande GSM-R.[64] Omfattningen av detta är dock i nuläget okänd för PTS.

8.3.1.2 Uppdrag att utreda möjligheterna till förbättrad täckning i tunnlar

PTS förslag:

PTS föreslår att Trafikverket ska ges i uppdrag att utreda vilka tunnlar som idag saknar lämplig infrastruktur, vilka tunnlar som ur ett samhällsekonomiskt perspektiv är lämpligast att etablera sådan infrastruktur i, samt att ta fram en tidplan och en kostnadsbild för installationen av sådan infrastruktur för att möjliggöra god täckning och kapacitet.

I avsnitt 6.2.1 beskriver PTS förutsättningar och utmaningar kring att skapa täckning i tågtunnlar. Idag saknar omkring 45 av Trafikverkets tunnlar med en längd på över 300 meter täckning, utan att planerade åtgärder finns för att skapa sådan täckning. Sammanlagt omfattar dessa tunnlar en spårlängd på ca sex mil.

[62] Aktbilaga 25 – Tjänsteanteckning från möte med Trafikverket.
[63] Trafikverkets riktlinjer, Hantering av externa anslutningar till järnvägens kraftförsörjningssystem.
[64] Aktbilaga 48 – Tjänsteanteckning från möte med Trafikverket.

Mobiloperatörerna anger att svårigheter och kostnader för etablering av täckning i Trafikverkets tunnlar är något som minskar incitamenten för att skapa täckning, både i tunnlarna som sådana och som helhet för sträckorna där tunnlarna ingår.

Trafikverket bygger redan idag infrastruktur i tunnlar på uppdrag av mobiloperatörerna och samfinansierar då infrastrukturen. Trafikverket kontaktar också mobiloperatörer inför kommande projekt, så att infrastruktur ska kunna inkluderas i projektet.[65] Trots detta saknar en stor mängd tunnlar fortfarande täckning, även på vältrafikerade sträckor.[66]

Mobiloperatörerna anger att det ur ett kundupplevelseperspektiv saknas incitament att göra stora investeringar i en tunnel om motsvarande investering sannolikt inte kan göras i nästa tunnel. Om Trafikverket kan tillgängliggöra infrastruktur för att skapa täckning i tunnlar kan det dock vara ett incitament för mobiloperatören att förbättra täckningen på hela sträckan, eftersom resenärerna då slipper uppleva avbrott i tunnlarna.[67]

PTS kan konstatera att tunnlar idag ofta är de punkter där täckning saknas, även på sträckor där det överlag finns god täckning. Detta innebär att upplevelsen för resenärerna på tåget blir bristfällig och att t.ex. sammanhängande samtal och arbetsmöten förhindras vid alla de punkter då tåget passerar genom en tunnel utan täckning.

I och med att Trafikverket har rådighet över tunnlarna, och infrastrukturen i dessa, är det enligt PTS bedömning rimligt att staten tillgodoser behoven av infrastruktur som möjliggör skapandet av god täckning.

Som beskrivits i avsnitt 7.1.1 kan täckningen och kapaciteten vid järnvägen komma att förbättras genom täcknings- och utbyggnadskrav i kommande spektrumauktioner. Tunnlar är emellertid undantagna i det konsulterade täckningskravet eftersom mobiloperatörerna inte råder över förutsättningarna för att etablera täckning i tunnlarna. Det finns alltså en stark synergi utifrån ett resenärsperspektiv mellan det konsulterade täckningskravet och åtgärder som skulle innebära att fler tunnlar på berörda sträckor får täckning, där täckningen då blir sammanhängande över långa sträckor.

[65] Aktbilaga 25 – Tjänsteanteckning från möte med Trafikverket.
[66] Aktbilaga 24 – Tjänsteanteckning från möte med TechSverige och Tågföretagen.
[67] Aktbilaga 24 – Tjänsteanteckning från möte med TechSverige och Tågföretagen.

8.3.1.3 Framtida tekniska lösningar – Trackside

PTS förslag:

PTS föreslår att Trafikverket får i uppdrag att utreda hur en Tracksidelösning skulle kunna utformas, inklusive kostnadsbild och tidplan samt en samhällsekonomisk bedömning av för vilka järnvägssträckor som Trackside är ett rimligt alternativ på sikt. Tracksidenätet ska kunna användas för att tillhandahålla god mobil uppkoppling till resenärerna ombord på tåg.

I uppdraget bör särskilt ingå att utreda eventuella synergier med framtida utbyggnad av infrastruktur för FRMCS.

Det är PTS bedömning att det inte endast krävs att täckning byggs ut där den idag saknas för att främja en god mobil uppkoppling på tåg. Tillgänglig kapacitet måste också ökas, särskilt längs sträckor där många resenärer färdas.

En framtidslösning som innebär goda förutsättningar för höga hastigheter även i tågmiljön är Trackside, ett dedikerat nät som byggs utefter järnvägen. Att täcka hela järnvägsnätet med en Tracksidelösning är, vad PTS kan bedöma, troligen inte rimligt. Detta gäller särskilt för de mer glest trafikerade sträckorna, då Trackside är en kostsam åtgärd i förhållande till de nyttor som då skulle skapas. PTS bedömer dock att tekniken eventuellt kan vara lämplig för de allra mest vältrafikerade stråken.

8.3.2 Satellit – en lösning för glesbygden?

PTS Förslag:

Satellitteknikens lämplighet som lösning för att skapa mobil uppkoppling för resenärer ombord på tåg behöver undersökas ytterligare. PTS föreslår därför att myndigheten får i uppdrag att följa utvecklingen på marknaden avseende satellitlösningar i tågmiljön.

Det finns idag områden i Sverige där det skulle bli mycket dyrt att bygga ut god mobiltäckning och kapacitet vid järnvägen. Detta hänför sig främst till svåra geografiska förutsättningar och till ett bristande kundunderlag, vilket gör det svårt för mobiloperatörerna att klara en sådan utbyggnad på marknadsmässig grund.

Bredband via satellit saknar de begränsningar i geografisk räckvidd som markbunden infrastruktur har. I de marknadskontakter som PTS har genomfört inom ramen för detta uppdrag finns indikationer på att satellit på sikt kan vara en teknik som kan möjliggöra god mobil uppkoppling på tåg även i områden där annan täckning saknas. Idag saknar 63 mil järnvägsspår i Sverige täckning som uppgår till 10 Mbit/s vid 16 dB marginal för dämpning, vilket ger en indikation på områden där satellit skulle kunna ha ett användningsområde.

Vidare kan tänkas att satellit även skulle kunna ses som ett komplement till andra tekniker. Satellituppkoppling skulle då vara ett sätt att nå ökad kapacitet även i områden där det idag finns mobiltäckning som överskrider 10 Mbit/s vid 16 dB marginal för dämpning men som inte överskrider 30 Mbit/s, vilket omfattar totalt 535 mil järnväg, varav 216 mil är att kategorisera som högtrafikerad och 319 mil som lågtrafikerad.

Detta förutsätter dock att både tekniska lösningar och affärsmodeller i framtiden tillåter en sådan användning. Det är idag oklart hur mycket ett abonnemang för en anslutning av ett tåg via satellit skulle kosta.

8.4 Konsekvenser av föreslagna åtgärder

I det uppdrag som PTS fått ingår att beskriva konsekvenser av föreslagna åtgärder, särskilt med fokus på statsstödsfrågor och konsekvenser för företag som direkt berörs av åtgärderna.

I denna rapport föreslår PTS inga åtgärder som kan genomföras utan att vidare utredning först genomförs. Förslagen har alltså i nuläget enbart potentiell påverkan på myndigheterna PTS och Trafikverket, som föreslås genomföra utredningsåtgärderna.

Detta innebär att PTS förslag i dagsläget inte innebär några konsekvenser varken i statsstödshänseende eller utifrån ett företagsperspektiv.