



Villkor för Rakeltäckning i publika tunnlar

Revision 2.0

Innehållsförteckning

1. Inledning	3
2. Allmänt	3
2.1 Definitioner.....	3
2.2 Bakgrund	4
2.3 Kategorisering.....	4
2.4 Ansvarsfördelning.....	4
2.4.1 Uppdelning MSB – Objektsägare.....	4
2.4.2 Drift och Övervakning.....	5
2.4.3 Service och underhåll.....	5
2.4.4 Konfiguration	6
3. Tekniska krav	6
3.1 Utrustning och installation	6
3.2 Frekvensband och konfiguration	6
3.3 Repeaterplacering.....	6
3.4 Strömförsörjning	7
3.5 Anslutning mot basstation	7
3.6 Funktionella krav	7
3.7 Effektbegränsning i upplänk.....	8
3.8 Samtidig sändning från flera terminaler.....	8
3.9 Övergång till/från yttre radionät.....	9
3.10 Radiodesign	9
3.11 Redundans	10
4. Tillgänglighet.....	10
4.1 Prioritet.....	11
4.2 Åtgärdstid	11
5. Testning av repeatersystem.....	11
6. Drift, service och underhåll.....	13
7. Miljö.....	14

1. Inledning

Rakel är ett gemensamt digitalt radiokommunikationssystem för organisationer i samhället som arbetar med allmän ordning, säkerhet eller hälsa. Exempel på användare av Rakel är kommuner, statliga myndigheter, blåljusorganisationer och privata aktörer, exempelvis elleverantörer och elnätsföretag.

I olika publika väg och tåg-tunnlar där täckningen från ytnätet inte är tillräcklig, kan behov finnas av att komplettera med särskilda tekniska lösningar. Sådana lösningar innehåller oftast en eller flera repeaterar, antenner och/eller läckande kablar.

2. Allmänt

2.1 Definitioner

AGC	Automatic Gain Control, reglering av förstärkningen
Bandsektiv repeater	Sänder och tar emot på alla tillgängliga carriers i Rakelbandet (390-395/380-385 MHz)
Carrier	Frekvenskanal, varje sådan innehåller fyra tidluckor (~talkanaler)
Diversitet	Samtidig mottagning på två separata antenner. Signalerna adderas med förbättrad kvalitet/täckning som resultat
Donatorantenn	Antenn som sänder och tar emot signaler från en basstation (donatorstation)
Donatorstation	Basstation i Rakelnätet vars signal återutsänds av en repeater
Fädning	Variationer i styrkan hos en radiosignal beroende på att det medium signalen utbreder sig i ändrar egenskaper
Gateway	Rakelterminal med "repeater" funktionalitet
Hindertid	Den totala tiden, från att tillgång till tjänster begränsas, till dess att tjänsten återigen är fullt tillgänglig. I hindertid ingår avbrottstid samt åtgärdstid
Kanalsektiv repeater	Sänder och tar emot på enskilda carrier, filter för enskild carrier max 100 kHz

Objektägare	Organisation som äger (eller disponerar) ett utrymme där Rakeltäckning krävs
Repeater	Utrustning som återutsänder radiosignal från en donatorbasstation
SDS	Short Data Service, meddelandetjänst
Tx/Rx	Sändare/mottagare
Upplänk/Nedlänk	Signal till/från basstation

2.2 Bakgrund

Syftet med detta dokument är att underlätta vid implementering av Rakeltäckning i trafiklösningar under mark ägda av andra än MSB, och säkerställa att installationerna fungerar tillsammans med det yttre nätet. Dokumentet innehåller ett antal **skak**krav som måste uppfyllas, främst för att förhindra störningar på Rakels ytnät. Dessutom finns ett antal börkrav samt rekommendationer.

2.3 Kategorisering

MSB delar in objekten i olika kategorier.

Klass A

Till denna kategori räknas samtliga tunnlar som ägs av Trafikverket. I övrigt gäller det större objekt där allmänheten vistas, t.ex. vägtunnlar med stor trafik och spårbunden trafik under jord. Dessa objekt ska ha en redundant lösning och reservkraft, dvs. systemet skall vara designat så att det fungerar även vid t.ex. en brand då den läckande kabeln förstörs, vid ett (1) isolerat fel i utrustningen eller vid bortfall av extern kraft.

Klass B

Mindre objekt där allmänheten vistas eller där risken och behovet för större räddningsinsatser bedöms som mindre. På dessa objekt finns inget uttalat redundanskrav, men största möjliga hänsyn skall tas till funktionssäkerhet vid installationen. Exempel är säker placering av utrustning och val av kabelvägar med avseende på brand eller annan yttre påverkan. Även reservkraft för kortare tid bör finnas.

2.4 Ansvarsfördelning

2.4.1 Uppdelning MSB – Objektsägare

I de anläggningar där annan etablerar Rakeltäckning, är uppdelningen mellan MSB och objektägare enligt nedan:

1. MSB är ansvarig för att leverera ett landstäckande utomhusnät för Rakelsystemet.

2. Ansökan om att få återutsända Rakelfrekvenser ställs till MSB, och **ska** ske på därför avsedd blankett. ("Ansökan om medgivande att installera repeatersystem i Rakelnätet"). Först när ansökan är godkänd får systemet tas i drift. Krav 1
3. MSB står som tillståndshavare för frekvenstillståndet för Rakelfrekvenserna hos PTS. Respektive objektägare får, efter ingånget avtal med MSB, använda radiofrekvenserna dvs. ta emot, förstärka och återutsända frekvenserna.
4. MSB **ska** beredas möjlighet att delta i tekniska diskussioner för repeterlösningen, samt slutligen granska handlingarna för att säkerställa att de valda tekniska lösningarna uppfyller ställda krav. Målet med detta är att säkerställa att installationerna fungerar tillsammans med det yttre nätet. Krav 2
5. Överlämningspunkten mellan utomhusdelen av Rakelsystemet/basstationen och tunnelloösningen/repeatersiten är normalt luftgränssnittet. MSB ansvarar för att ge instruktioner för att rikta in donatorantennen mot den mest lämpliga basstationen.
6. För klass A repeatrar/installationer gäller direktanslutning eller anslutning via optofiber mellan basstations- och repeatersiten. I dessa fall är överlämningspunkten anslutningen vid basstationen.
7. Normalt är hjälp från MSB enligt ovanstående punkter kostnadsfritt. Vid behov av mer omfattande expert hjälp kan, efter överenskommelse mellan parterna, en avgift komma att tas ut.

2.4.2 Drift och Övervakning

8. Repeaterägaren ansvarar för drift och övervakning av repeatersystemet.

2.4.3 Service och underhåll

9. Repeaterägaren ansvarar för service och underhåll av repeatersystemet.

2.4.4 Konfiguration

10. Vid frekvensändring, parameterförändringar eller andra förändringar i det yttre nätet som bedöms ha betydelse för repeatersystemet, ansvarar MSB för att meddela repeaterägaren.
11. Vid förändringar i det yttre nätet, som görs efter drifttagning och som påverkar repeatersystemets funktion (antal carriers, byte av donatorstation eller liknande), **ska** repeaterägaren på egen bekostnad snarast anpassa inställningar/konfiguration. Krav 3

3. Tekniska krav

3.1 Utrustning och installation

12. Radioutrustning som används för tunneltäckningen **ska** vara CE märkt och uppfylla i R&TTE direktivet (1999/5/EG). I tillägg till detta finns i detta dokument ett antal krav och riktlinjer som gäller utrustningen och dess integration i nätet. Krav 4
13. Installation i allmänna utrymmen **ska** minst följa gällande föreskrifter angående brandklassning som gäller för utrymmet repeatern är placerad etc. Krav 5

3.2 Frekvensband och konfiguration

14. Repeatern **ska** klara Rakels frekvensband, 380-385 MHz (UL) respektive 390-395 MHz (DL), duplexavstånd 10 MHz. Krav 6
15. En kanalsektiv repeater **ska** vara förberedd för fyra carriers. Krav 7
16. En kanalsektiv repeater **ska** ha ett kanalfilter på max 100 kHz. Krav 8
17. Parametersättning etc. **ska** vara skyddad så att denna endast kan utföras av behörig personal. Krav 9

3.3 Repeaterplacering

18. Repeatern bör placeras i ett låst teknikutrymme. Om detta inte är möjligt skall den placeras så att den sitter i ett avgränsat utrymme. Repeaterstativet **ska** vara låsbart. Krav 10
19. Repeatern får samgrupperas i stativ med annan radioutrustning.

3.4 Strömförsörjning

20. Repeater **ska** vara utrustad med avbrottsfri kraft (batterier) för minst 12 timmar vid 40% trafikbelastning. Om repeatern är kopplad till ett automatstartande reservverk (dieselaggregat), räcker det med batteribackup för 1 timme. Krav 11

3.5 Anslutning mot basstation

21. Anslutning mot en basstation sker via luftgränssnitt, dvs. med en yttre antenn som har god förbindelse mot basen. För att få optimal signalstyrka från donatorstationen **ska** riktantenn med smal antennlob i både horisontal och vertikalplan användas. Krav 12
22. Fri sikt **ska** alltid eftersträvas. Krav 13
23. Där fri sikt inte är möjligt **ska** antennplaceringen optimeras för att minimera fädning orsakad av rörliga objekt. Signalnivån från utvald donatorstation bör ligga minst 12-15 dBm högre än omkringliggande frekvenser. Krav 14
24. För klass A repeatar/installationer gäller direktanslutning eller anslutning med fiberförbindelse mot en eller flera basstation(er), som är dedikerad till objektet.
25. Basstationen har Tx/Rx på båda antennportarna (varannan sändare kopplade till var port och mottagardiversitet mellan portarna). Basstationen har 7/16 kontakt (hona) för antennanslutning och riktkopplarna (tillsammans med ansluten utrustning) skall vara konstruerade för att tåla upp till +47 dBm effekt utan att generera störningar (IM/PIM) i mottagarbandet.
26. Anslutning till dedikerad basstation sker direkt på basstationens portar. Anslutningen **ska** vara så utförd att basstationens antennlarm inte utlöses. Krav 15
27. Uteffekten per kanal och andra parametrar **ska** bestämmas i samråd med MSB vid projektering/driftsättning. Krav 16

3.6 Funktionella krav

28. Kravet är att repeateranläggningarna inte skall påverka de yttre basstationernas prestanda. En viktig faktor är brus/störningar i upplänk från dessa (även adderat brus från flera anläggningar). Bruset i upplänk från en repeateranläggning **ska** vara minst 6 dB under basstationens brusgolv. Brusgolvet beräknas till -126 dBm (i 20 kHz bandbredd). Krav 17

29. Maximalt tillåten brusnivå i upplänk (mätt på repeaters anslutning för donatorantenn) **ska** beräknas (se nedan) och därefter mätas med anläggningen i full drift med tunnelloösningens antenner anslutna. Krav 18
30. Mätning sker med spektrumanalysator eller motsvarande. Mätning bör ske med RMS detektor och 20 kHz filterbandbredd om möjligt. Om inte RMS detektor finns kan peak detektor användas och 6 dB dras bort från resultatet, alternativt kan 10 kHz filterbandbredd användas och 3 dB adderas till resultatet. Beräkning och uppmätt resultat **ska** dokumenteras i samband med installationsplatstest. Krav 19
31. Beräkning av maximalt tillåten brusnivå kan utföras genom att mäta nedlänksnivån och därefter räkna ut sträckdämpningen. Starkaste signal **ska** starkaste signal användas vid beräkningen. Basstationens uteffekt beräknas till 42,5 dBm. Krav 20
32. Vid misstanke om flervägsutbredning (eller fädning) eller olika sträckdämpning på upp- och nedlänksfrekvenser **ska** marginal för detta tas med i beräkningen. Detta gäller i första hand då det inte föreligger fri sikt till basstationen. Krav 21
33. Vid direktanslutning mot basstation som samtidigt betjänar det yttre nätet gäller samma beräkningsgrunder, men istället för sträckdämpning används kopplarens dämpning i kalkylen.
34. Vid dedikerad basstation är kravet att nivåerna inte utlöser larm om störning i basstationen.

3.7 Effektbegränsning i upplänk

35. Där MSB bedömer det som nödvändigt kan krav ställas på maximal uteffekt (ERP) från en repeater i upplänk alternativt antennplacering, beroende på antennhöjd och antennriktning. Ett sådant krav grundar sig på en riskbedömning avseende störning på andra närliggande basstationer.

3.8 Samtidig sändning från flera terminaler

36. Installationer för tunneltäckning **ska** vara konstruerade för att förhindra att blockering sker vid samtidig sändning från flera terminaler. En terminal med hög nivå i upplänk får inte orsaka nedreglering av upplänksförstärkningen (AGC) så att en terminal med låg nivå blockeras. Kravet gäller alla frekvensfall, dvs. både vid sändning i samma tidslucka på olika frekvenser och efterföljande tidsluckor på samma frekvens. Krav 22

37. DMO trafik och mobila gateways sänder med full effekt mot andra terminaler och med ”reglerad” effekt mot infrastrukturen. Frekvenser för dessa ändamål finns avsatta både i upp- och nedlänksbandet. Detta **ska** tas med i beräkningen. Krav 23
38. Verifiering av funktion vid samtidig sändning **ska** ske i samband med systemtest. Krav 24
39. Om snabb förstärkningsreglering (AGC) används, **skall** denna vara konstruerad så att adderad vektordistorsion inte påverkar systemets prestanda märkbart (hörbara bitfel). Krav 25

3.9 Övergång till/från yttre radionät

40. Det är av vikt att övergången mellan det yttre radionätet och tunneltäckningen i möjligaste mån fungerar utan längre avbrott i kommunikationen eller har försämrad kvalitet (bitfel).
41. I de fall där det yttre radionätet och tunneltäckningen betjänas av samma basstation **ska** nödvändiga signalnivåer finnas i övergångszonerna samtidigt som skillnad i löptid inte får överstiga 15 µs i områden där nivåskillnaden mellan direktsignal och signal via repeater/förstärkare är <19 dB. Krav 26
42. I de fall där det yttre radionätet och tunneltäckningen inte betjänas av samma basstation bör en överlämnings (handover) zon finnas. Kriteriet för handover är att ny basstation skall ha > 6 dB¹ högre nivå än den som lämnas under minst 5 sekunder. Dessutom tillkommer c:a 5 sekunder mättid för terminalen. För att få avbrottsfri handover rekommenderas därför en zon där kriteriet uppfylls under minst 10 sekunder innan den kanal som lämnas understiger känslighetströskeln.
43. I de fall där det kan förekomma ”passerande” trafik i överlämningszonen **ska** tunnelnätet **inte** ha högre nivå (inom det nivåområde där handover utförs) än det yttre nätet i området för passagen, detta för att förhindra oavsiktlig handover till tunnelnätet. Krav 27

3.10 Radiodesign

44. När det finns andra radiokommunikationsutrustningar i samma frekvensband som Rakel och som skall distribueras i samma system, **ska** en telekonfliktanalys utföras, för att kontrollera att systemen kan samexistera. Krav 28

45. Huvudkravet är 95 % funktionalitet i hela (eller angivna delar av) anläggningen med handburen terminal. Funktionalitetskravet i en tunnel **ska** klaras även då den är trafikerad, och signalen kan vara blockerad av t.ex. tåg eller lastbilar. Krav 29
46. Behovet av signalnivå i anläggningen kan variera beroende på vilka användargrupper som opererar där. I de anläggningar där man har t ex behov för spaningsverksamhet för Polis och Tull krävs en något höjd signalnivå för att kompensera för kroppsdämpning på en dolt buren terminal. Riktvärden för kroppsdämpning är 5 – 10 dB och upp till 15 dB för en dolt buren terminal. (Det är endast i trafikutrymmen som krav på höjd signalnivå är relevant.)
47. För att uppnå funktionalitet krävs en signalnivå i anläggningen på c:a -90 dBm¹ med hänsyn tagen till ”normal” kroppsdämpning, dvs. – 100 dBm in på de handburna terminalerna. I tillägg krävs balans på förstärkningen och signal/brusförhållandet i upplänk. Terminalerna och basstationen klarar kortare fädningsdippar ner mot -115 dBm utan störande bitfel.

3.11 Redundans

48. Ett objekt som bedöms vara av Klass A **ska** ha en redundant lösning, som säkrar funktionen vid:
- Ett fel i installerad utrustning
 - Brand i eller i närheten av kabel tillhörande systemet
 - Ett fel eller sabotage mot kabel förlagd i ”allmänt” utrymme
 - Fel på en yttre eller dedikerad basstation
 - Avbrott i den externa kraftförsörjningen
- Funktionskravet vid redundant drift är reducerat till kommunikation från handterminaler och rökdykarterminaler med reducerad kapacitet. Behov av högre signalstyrka för t ex användande av dolda kroppsburna terminaler bortfaller. Krav på redundans gäller endast objekt klass A, då detta är kraftigt kostnadsdrivande, men kan värderas även på klass B. Krav 30

4. Tillgänglighet

49. Hög tillgänglighet är av största vikt för ett repeatersystem. Användare som kommer in i ett objekt ska kunna lita på att kommunikationen fungerar som de är vana vid.
50. Fel **ska** åtgärdas enligt vilken funktionspåverkan felet ger på systemet. Krav 31

51. Hindertiden är den totala tiden, från att tillgång till tjänster upphör, till dess att tjänsten återigen är tillgänglig. I hindertid ingår avbrottsid samt åtgärdstid.

4.1 Prioritet

52. Prioritet 1
Fel som medför väsentlig försämring av funktionalitet, t.ex. bortfall av radiotäckning i hela eller delar av anläggningen.
53. Prioritet 2
Fel som medför viss försämring av funktionalitet, t.ex. sämre signalnivå i (delar av) anläggningen eller bortfall av redundans.
54. Prioritet 3
Fel som inte ger någon direkt påverkan på funktionalitet, t.ex. fel på ett redundant kraftaggregat, larm om låg batterispänning.

4.2 Åtgärdstid

55. Prioritet 1 och 2 fel **ska** vara åtgärdat inom 24 timmar. Krav 32
56. Prio 3 fel **ska** vara åtgärdat inom 10 arbetsdagar. Krav 33

5. Testning av repeatersystem

57. I samband med driftsättning, utförs nedanstående tester i syfte att verifiera installation och utrustning.
58. Mätningarna **ska** dokumenteras i ett mätprotokoll som skickas till MSB. I protokollet skall även noteras vilken mättagare/terminal som använts samt namn på den person som har utfört mätningarna. Krav 34
59. Till protokollet **ska** bifogas en anläggningsbeskrivning, som klarlägger hur anläggningen är uppbyggd och vilka delar som ska ha täckning. Krav 35

60. Installationsplatstest **ska** omfatta minst nedanstående punkter. Krav 36
- Okulär besiktning gällande installationskrav, placering, brandskydd åtkomstskydd etc.
 - Uppmätning av koaxialkablar och kontakter
 - Mätning och dokumentation av nedlänksnivå från yttre basstation
 - Mätning och dokumentation av brusnivå mot yttre basstation (med repeatersystemet inkopplat och aktivt)
 - Funktionstest av reservkraft i förekommande fall
 - Test av teknisk redundans i förekommande fall
 - Övervakning, larmöverföring för lösningar där detta krävs
 - I förekommande fall kontroll av kommunikation mellan repeatern och driftcentralen
 - Verifiering och dokumentation av signalstyrkenivån syftande till att upptäcka uppenbara felaktigheter eller degradering av prestanda vad gäller radioutrustningen eller installationen
 - Verifiering av utrustningen så att, vid uppkoppling till det yttre Rakelnätet, inga störningar av detta uppkommer.
61. Systemtest av repeateranläggning **ska** minst omfatta nedanstående punkter Krav 37
- Testsamtal
 - Verifiering av radiotäckning utifrån radioplanering och anläggningsbeskrivning
 - Upprätta en täckningskarta med inmätningpunkter markerade
 - Verifiering av övergång mellan utomhustäckning och repeatertäckning
 1. Handburen terminal
 2. I förekommande fall fordonsmonterad terminal
 - Verifiering av funktion vid samtidig sändning från flera terminaler
 - ”Inmätningssprotokoll repetersystem” skall vara ifyllt, och skickas tillsammans med ”Täckningskarta” till MSB. (Dokumentet utgör dessutom en bra referens för framtida underhåll)
62. Funktionsverifiering av radiotäckningen sker företrädesvis genom praktiskt prov med handterminal med loggningsfunktion, buren med kroppsämpning enligt behov ovan. Terminalen kopplas upp i duplexsamtal och kvalitén i upplänk (bitfel, avbrott, nedkopplingar) loggas manuellt.

63. En täckningskarta upprättas i samband med täckningsmätningen. Ett lämpligt antal, lätt identifierbara, mätpunkter ritas in på anläggningskartan. En tabell upprättas över uppmätta värden i punkterna eller skrivs direkt in på täckningskartan. Dessa punkter kan sedan besökas vid nästa täckningskontroll, och de nya uppmätta värdena jämföras med tidigare värden. Ligger de på samma nivå, kan man utgå från att anläggningen inte har försämrats. Finner man avvikelser, kan man göra en grundligare mätning och åtgärda problemet.
64. Verifiering av funktion vid samtidig sändning **ska** utföras med en terminal med låg sträckdämpning mot repeatern och en terminal med hög sträckdämpning på efterföljande tidslucka. Krav 38
65. Om bandselektiv repeater med AGC används **ska** dessutom tester som visar att en stark signal inte blockerar en svag signal på annan kanal utföras. Krav 39
66. Slutbesiktningen **ska** vara en kontroll av systemdokumentationen och verifiering av radiotäckningen, samt att repeatersystemet kan fungera tillsammans med yttre Rakelsystemet. Krav 40
67. Systemdokumentationen **ska** minst bestå av: Krav 41
- Systembeskrivning
 - Systemritningar
 - Leverantörens inmättningsprotokoll
 - Täckningskarta
 - ”Inmättningsprotokoll repetersystem”

6. Drift, service och underhåll

68. Repeater som betjänar allmänna utrymmen, klass A och B, **ska** ha övervakning på minst följande: Krav 42
- Repeaterutrustningen
 - Skalskyddslarm
 - Reservkraftslarm
69. Driftövervakningen **ska** vara bemannad 365 dagar om året och 24 timmar per dygn. Krav 43
70. Övervakningssystemet **ska** minst visa status på repeatern. Krav 44
71. Information om driftstörningar i repeatersystemet ska snarast delges MSB NOC. Krav 45
72. Frekvensändring av kanalselektiv repeater kan, pga. yttre störningar, behöva ske med kort varsel och rutiner **ska** finnas för att hantera detta. Krav 46
73. En repeater **ska** på anmodan av MSB med kort varsel (inom 4 timmar) kunna tas ur drift vid misstänkt störning. Detta gäller även under icke kontorstid. Krav 47

- | | | |
|-----|--|---------|
| 74. | Förebyggande underhåll ska utföras för att säkerställa att systemets driftsäkerhet hålls hög och att behov av felavhjälpan åtgärder minimeras. | Krav 48 |
| 75. | MSB ställer krav på att det utförs egenkontroll av repeatersystemet. Detta ska ske minst en gång per år. Kontrollen avser funktion samt att säkerställa att anläggningen inte påverkar det yttre nätet negativt. Kontrollen kan utföras med hjälp av tidigare upprättad "Täckningskarta". | Krav 49 |
| 76. | Protokollet från egenkontrollen av systemet ska sparas av repeaterägaren och på begäran kunna delges MSB. | Krav 50 |

7. Miljö

- | | | |
|-----|---|---------|
| 77. | Resultatet av arbetet ska leda till goda tekniska och ekonomiska konstruktioner förenligt med en för miljön hållbar utveckling samt uppfylla tillämplig miljölagstiftning, exempelvis miljöbalken. | Krav 51 |
|-----|---|---------|