

Robusta Radionät

Vägledning för Fasta Radionät

Vägledning – Fasta Radionät

2021-03-16

Ver 1.1

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	3
1. INLEDNING	3
1.1 Bakgrund	3
1.2 Robust Fast Radio	4
1.3 Syfte	4
1.4 Målgrupp	4
1.5 Om vägledningen	4
1.6 Tillämpning	5
2. DEFINITIONER, FÖRTYDLIGANDEN OCH FÖRKORTNINGAR	6
2.1 Översikt Radiolänk	6
2.2 Definitioner och förtydliganden	6
2.3 Förkortningar	11
3. TYPER AV RADIOSYSTEM	12
3.1 Systemöversikt	12
4. RADIOLÄNKPROCESSEN	15
4.1 Processöversikt	15
4.2 Planering	16
4.3 Site Aquisition	20
4.4 Projektering	21
4.5 Beställning	22
4.6 Bygg	22
4.7 Driftsättning	22
5. NÄTSTRUKTUR	23
5.1 Allmänt	23
5.2 Referensmodell 5.2 Punkt-till-Punkt länk, Länkförbindelse för ortsammanbindande nät, Redundans- och etableringslänk	23
5.3 Referensmodell 5.3 Punkt-till-Punkt länk, Länkförbindelse för ortsammanbindande nät, Redundans- och etableringslänk. Aggregering av trafik i samma frekvensband.	27
5.4 Referensmodell 5.4 Punkt-till-Punkt länk, Länkförbindelse för ortsammanbindande nät, Redundans- och etableringslänk. Aggregering av trafik i olika frekvensband.	29
5.5 Referensmodell 5.5 Punkt-till-Punkt länk, Länkförbindelse för ortsammanbindande nät, Redundans- och etableringslänk	31
5.6 Referensmodell 5.6 Punkt-till-Punkt länk, Länkförbindelse för uppkoppling av enskild accessförbindelse	32
5.7 Referensmodell 5.7 Punkt-till-Multipunkt länk, Länkförbindelse för uppkoppling av ett fåtal accesser	33

5.8 Referensmodell 5.8 Punkt-till-Multipunkt länk, Länkförbindelse för uppkoppling av ett fåtal accesser	35
5.9 Referensmodell 5.9 Punkt-till-Multipunkt länk, Länkförbindelse för uppkoppling av ett fåtal accesser	37
5.10 Referensmodell 5.10 Punkt-till-Multipunkt länk, Länkförbindelse för uppkoppling av ett fåtal accesser	39
5.11 Referensmodell 5.11 Punkt-till-Multipunkt länk, Länkförbindelse för uppkoppling av många accesser	41
6. GENERELLA KRAV	42
6.1 Personalens kvalifikationer	42
6.2 Leverantörens kvalifikationer	42
7. ANLÄGGNINGSKRAV	43
7.1 Site	43
7.2 Kundsite	43
7.3 Antennbärare och antennplacering	45
7.4 Elförsörjning	47
7.5 Jordning och potentialutjämning	48
7.6 Åskskydd	48
7.7 Säkerhet	48
7.8 Teknikutrymmet	51
7.9 Radioutrustning	53
7.10 Nätadministration och övervakning	55
7.11 Fastnätanslutning	56
8. TRANSMISSION, PROVNING SAMT DRIFTSÄTTNING AV RADIOSYSTEM	57
8.1 Radiotransmission	57
8.2 Provning och driftsättning av Radiosystem	60
9. DOKUMENTATION	62
10. RISK OCH SÅRBARHETSANALYS (RSA)	63
11. LAGAR, FÖRORDNINGAR OCH FÖRESKRIFTER	64
11.1 Radio	64
11.2 Bygglov och annan prövning	64
11.3 Byggnation Fundament/Antennbärare	65
12. INTERNATIONELLT ARBETE OCH STANDARDISERING	66
BILAGOR	66
Bilaga 1 Checklista besiktning	66
Bilaga 2 Referenslista föreskrifter och standarder	66

FÖRORD

Denna vägledning för Fasta Radionät har tagits fram av Svenska Stadsnätetsföreningen i samverkan med branschens aktörer samt Post- och telestyrelsen (PTS). Vägledningen beskriver de åtgärder som rekommenderas vid anläggandet av radiobaserade lösningar för transport-, stam-, redundans- och accessnät, för att dessa radioanläggningar ska uppfylla god robusthet och funktionalitet. En god robusthet kan inte skapas enbart genom enskilda åtgärder, utan beror på det totala resultatet av flera olika parametrar. Det är denna väglednings ambition att reda ut dessa parametrar så att även personer i målgruppen för vägledningen, utan tidigare kunskaper om radio, skall kunna förstå dessa på ett övergripande sätt och på så sätt bättre förstå sin roll och sitt ansvar i samband med etablering av radiobaserade lösningar.

I begreppet robust Fast radio omfattas:

- Ett robust och funktionellt byggsätt
- En kvalificerad radioplanering
- Komponentval med låg felintensitet
- Förmåga att kunna felavhjälpa inom utlovad tid

Det är vår ambition att anläggandet av robusta radiobaserade lösningar uppfyller ovanstående behov genom att branschens aktörer följer de krav som finns i denna vägledning.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

För att hela samhället ska ha möjlighet att använda digitaliserade tjänster är det viktigt att, där etablering av optisk fiberinfrastruktur inte är genomförbart av praktiska eller ekonomiska skäl, kunna använda radiobaserade lösningar. Dessa lösningar utgör en del av leveranskedjan från tjänsteleverantör till slutkund och måste därför uppfylla ett antal minimikrav avseende tillgänglighet, pålitlighet, säkerhet och fördröjning för att säkerställa slutkundernas tillgång till digitaliserade tjänster.

Vägledningen för Fasta Radionät definierar ett antal minimikrav på åtgärder baserat på gällande standarder och empiri från branschens aktörer gällande tolkning och praktiskt handhavande av dessa standarder.

Dokumentet har utarbetats i samarbete med bland andra:

- Bluecom AB
- Ceragon
- Corporate Fiber AB
- Eltel Networks AB
- IT Norrbotten
- NEC
- NoWire Nordic AB
- Post- och telestyrelsen (PTS)
- RAD Data Communications
- Relacom
- Scanmast
- ServaNet AB
- Sveriges Kommuner och Landsting (SKL)
- STF Ingenjörsutbildning AB

- Svenska Stadsnätetsföreningen
- Teracom
- Umeå Energi AB
- Utsikt Bredband AB
- Vixor & Co AB
- Vinnergi AB (f.d. We Consulting AB)
- Wantech AB

1.2 Robust Fast Radio

Robust Fast Radio innebär att Radiosystemet ska vara designat för att motstå väder och elstörningar. Transmissionen ska kunna hantera variation i trafikflöden utan att det påverkar systemkrav, prestanda och tjänsteleveransen märkbart.

Robust Fast Radio ska i tillämpliga delar hanteras i enlighet med Post-och telestyrelsens gällande föreskrift avseende driftsäkerhet, PTSFS 2015:2, vilken omfattar:

- Dokumentation av tillgångar och förbindelser.
- Riskanalys och konsekvensanalys.
- Åtgärder efter riskbedömning.
- Åtgärder avseende övervakning och beredskap.
- Klassificering av tillgångar (aktiva anslutningar).
- Åtgärder efter klassificering av tillgångar.
- Åtgärder avseende åtkomst och behörighet.
- Åtgärder avseende övervakning och beredskap.
- Klassificering av tillgångar.
- Åtgärder efter klassificering av tillgångar.

1.3 Syfte

Syftet med vägledningen är att:

- Öka kunskapen om tekniska lösningar och utmaningar knutna till radiobaserade lösningar för punkt-till-punkt (P-P) och punkt-till-multipunkt (P-MP) förbindelser.
- Beskriva och krävställa minimikrav på en godtagbar lägstanivå vid projektering och införandet av radiobaserade lösningar för punkt-till-punkt och punkt-till-multipunkt förbindelser.
- Definiera branschgemensamma begrepp, förtydliganden och uttryck.
- Stödja Sveriges bredbandsmål.

1.4 Målgrupp

Vägledningen riktar sig till branschens intressenter, till exempel företag som erbjuder lösningar för Fast radio, nätägare, leverantörer av materiel, utförare av infrastrukturprojekt, aktörer för hantering av utbildning samt upphandlare och kravställare av tjänster och produkter. Även handläggare vid myndigheter, kommuner och regioner är målgrupp.

1.5 Om vägledningen

Vägledningen utgår från standarder och regelverk inom de olika delområden som berörs i vägledningen.

1.6 Tillämpning

Vägledningen innehåller minimikrav avseende robusthetsåtgärder för robusta radiobaserade lösningar för punkt-till-punkt och punkt-till-multipunkt förbindelser. Enskilda nätägare tillämpar vägledningen efter egna instruktioner, processer och byggbeskrivningar och kan ha krav som är högre eller krav som inte framgår här.

Vägledningen ska bland annat användas som:

- Underlag för utbildning.
- Tekniskt stöd vid upphandling.
- Informationsmaterial för tillståndsgivare.
- Beskrivning över tillvägagångssätt för besiktning.
- Beskrivning av momenten i ett radiolänkprojekt.
- Underlag för planering och projektering.

2. DEFINITIONER, FÖRTYDLIGANDEN OCH FÖRKORTNINGAR

2.1 Översikt Radiolänk

Bild 1 nedan utgör en översikt av väsentliga begrepp på radiolänkområdet.

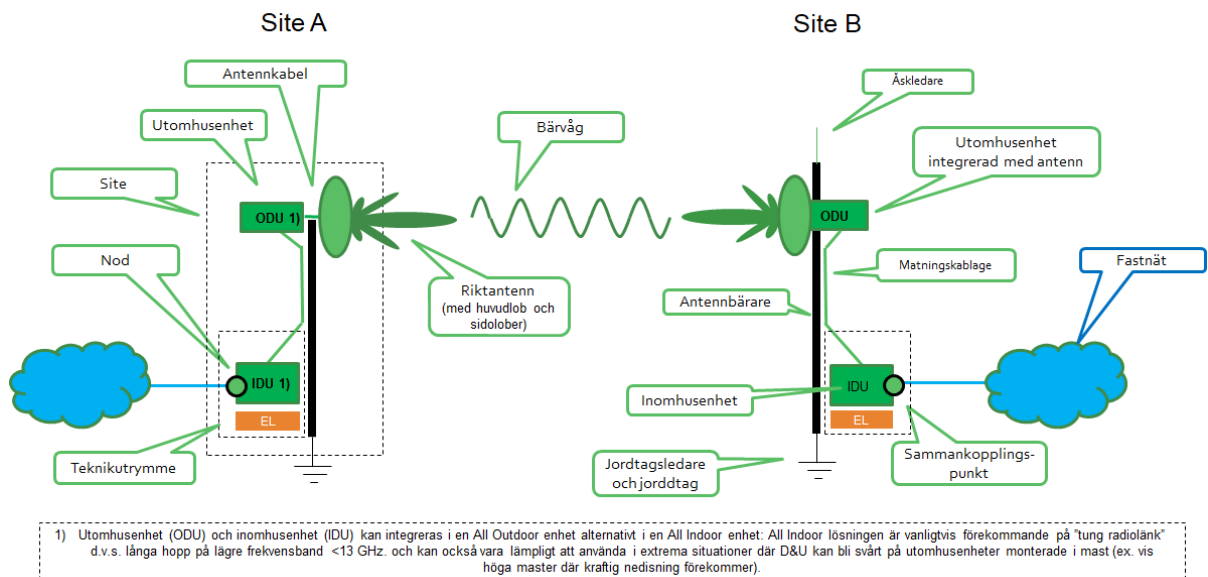


Bild 1. Väsentliga begrepp på radiolänkområdet.

2.2 Definitioner och förtydliganden

Site

Med site menas plats och utrymme som krävs för radioanläggningens aktiva och passiva utrustning.

Nod

Nod är en spridningspunkt där trafikflöden vidarekopplas koncentreras och/eller fördelas.

Kundsite

Med Kundsite menas den plats där kundutrustningen är placerad. Kundensiten är ofta en kombination av Site och Nod innehållande antenn, Antennbärare, radioenhet och Överlämningspunkt i nära anslutning till varandra.

Fast nät

Med Fast nät avses i detta dokument ett bredbandsnät som använder optisk fiberkabel.

Fast Radio

Med Fast Radio avses trådlös överföring av information mellan fast monterade sändare och mottagare.

För att hantera de frekvenser som används är radiospektrum indelat i olika **frekvensområden** eller **frekvensband**. Information om kanalplaner för radiolänk i olika frekvensband finns i PTS skrivelsen "Frekvensband för radiolänk".

Radiosystem

Radiosystem omfattar radioutrustning och antenner för P-P och P-MP lösningar. I detta dokument inkluderas antennkablar och kablage i begreppet.

Utomhusenhet ODU (Outdoor Unit)

Radioenhet i fasta radiolänksystem, placerad i anslutning till, alternativt integrerad i, antennen. Utomhusenheten innehåller radiosändaren.

Inomhusenhet IDU (Indoor Unit)

Enhet i fasta radiolänksystem som utgör gränssnitt mellan det fasta nätet, alternativt kundutrustningen, och utomhusenheten.

All Outdoor Unit

Enhet med integrerad utomhusenhet och inomhusenhet.

All Indoor Unit

Enhet med all aktiv utrustning i inomhusenheten.

Antenn

Del av sändar-eller mottagningssystem som är konstruerat för sändning och/eller mottagning av elektromagnetiska vågor. Antenner definieras med olika riktverkan i horisontal- och vertikalled, samt har olika mycket vinst (Gain) i sin huvudriktning.

Not: Antennvinst anges vanligtvis i dBi.

Antennkabel

Kabel eller vågledare mellan antenn och utomhusenhet.

Kablage

Mellan utrustning i Teknikutrymme och radiosändare i Utomhusenheten krävs både kablage för Elsystem till strömförsörjning av utomhusenheten och kablage för nyttsignal.

Basband

Basband är en lågfrekvent informationssignal (t. ex Ethernet LAN). I ett Radiosystem moduleras normalt Basbandssignalen för att sedan konverteras till Bär vågsfrekvens innan utsändning. En mottagen radiosignal konverteras från Bär vågsfrekvens innan demodulation och återskapande av Basbandssignal.

Bär våg och modulation

Bär vågen utgörs av en radiovåg med fast frekvens, till exempel 3.5 GHz, 5 GHz, 7 GHz, 18 GHz etc. Informationen som ska överföras läggs på bär vågen genom modulering.

Bär vågen är således bärare av informationen.

Duplexmetod

Time division duplex (TDD): här används en och samma Bär våg för både sändning och mottagning genom att använda olika tidsluckor för respektive sändning och mottagning. Den tillgängliga kapaciteten i Radiokanalen delas i detta fall mellan sändning och mottagning.

Frequency-division duplexing (FDD): här arbetar sändaren och mottagaren med två olika Bärstågfrekvenser. Kapaciteten finns tillgänglig samtidigt för både sändning och mottagning och är dubbelriktad över en sträcka, så kallad full duplex.

Modulation

Bärstågen kan moduleras med olika metoder till exempel:

- Amplitud: Amplitudskiftmodulering (ASK).
- Kvadraturamplitudmodulering (QAM, Quadrature Amplitude Modulation) är en variant av amplitudmodulering som tillåter överföring av två oberoende meddelandesignaler med samma Bärståg.
- Frekvens: Frekvensskiftmodulering (FSK)
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) är en teknik där Basbandsignalen, istället för att överföras i en enda bredbandig Bärståg, delas upp i flera smalare av varandra oberoende Bärstågor i vilket den uppdelad Basbandsignalen överförs parallellt. Ett OFDM-system får goda förutsättningar att hantera till exempel reflektioner vilket används i t. ex DTTV (Direct Digital TV), Wifi och 4G
- Fas: Fasskiftmodulering (PSK).

Adaptiv Kodning och Modulation (ACM eller Adaptive Coding and Modulation) är en teknik som används för att automatiskt justera en länks kodning och modulation om den överförda signalen påverkas av miljöstörningar, till exempel regn.

Kapaciteten påverkas så att till exempel en modulation med låg modulationsgrad, till exempel 4QAM, ger en lägre kapacitet men en hög tillgänglighet och robusthet i förbindelsen, medan en modulation med högre modulationsgrad, till exempel 512QAM, ger en högre kapacitet, men en känsligare förbindelse för yttre påverkan. I Radiosystem med adaptiva egenskaper är det svårt att samtidigt möta krav på absoluta värden för tillgänglighet och prestanda, eftersom tekniken i sig skapar en kombination av hög tillgänglighet (robusthet) och hög kapacitet vid rätt förutsättningar.

Beamformning

Genom att använda så kallad Beamformningsteknik med så kallade matrisantennor kan ett sektorbaserat Radiosystem kommunicera med riktade radiostrålar från en multipunkt basstation till flera kundsiter. Tekniken kan kombineras med s k TDD-teknik för att medge motsvarande prestanda som ett Punkt-till-punkt baserat radiolänksystem. Genom exakt synkronisering av radiostrålar och tidsdelning kan flera sektorer byggas med samma frekvens vilket ger ett optimalt frekvensutnyttjande. Systemtypen omnämns ofta som "basstationsskedulerad" och detta tillsammans med aktiv Beamformning återfinns även inom mobilnätkommunikation 5G.

Genom kombination med MIMO-teknik kan flera datasignaler skickas parallellt mellan basstationen och kundsiten.

Polarisation

I fasta radiosystem används normalt linjär polarisation vilket innebär att det elektriska fältet är vinkelrät mot utbredningsriktningen. I det fall det elektriska fältet svänger i det vertikala planet relativt utbredningsriktningen kallas polarisationen vertikal. Med horisontal polarisation menas att det elektriska fältet svänger i ett horisontalt plan relativt utbredningsriktningen. En bra enkelpolariserad sändarantenn sänder endast på en polarisation, på samma sätt som en bra enkelpolariserad mottagarantenn endast tar emot på den polarisation som den önskade sändaren använder.

Genom att använda XPIC (Cross-polarization Interference Cancelling), en teknik som ger möjlighet att i ett radiosystem överföra två olika radiosignaler samtidigt över en och samma Radiokanal, men i olika Polarisationer (horisontal och vertikal), kan samma frekvens och kanalbandbredd ge den dubbla kapaciteten. Tekniken kan användas både i punkt-till-punkt och punkt-till-multipunktbaserade system.

Cirkulär polarisation förekommer också, dock sällan använt inom fasta landbaserade radiosystem. Däremot vanligt inom satellitkommunikation t.ex. i GPS-systemet, eller för korthållskommunikation t.ex. RFID.

Antenndiversitet

Vid Antenndiversitet används två eller flera antenner (normalt i mottagning) för att öka kvalitet och tillgänglighet över en radiolänkförbindelse. Normalt sett har radioutrustningen en sammanvägningsenhet som vid varje tillfälle väljer ut den för stunden bästa mottagna radiosignalen från respektive antenn. Signalen som tas emot i mottagaren är samma signal som färdats olika väg i luften och påverkats olika. Antenndiversitet kallas även rymdsdiversitet (Space Diversity, SD) eller Spatial Diversitet.

MIMO

MIMO (Multiple Input Multiple Output) är en teknik där en radioenhet använder flera antenner för att möjliggöra ökad överföringskapacitet över en Radiokanal. Radiosignalerna som sänds och mottags i antennerna är olika och sätts samman i mottagaren.

Radiokanal

En radiofrekvens avsedd för en specifik informationsöverföring.

Störning

En Störning är en oönskad radiosignal som stör (interfererar) med den överförda nyttsignalen. Störningen kan vara annan nyttsignal från annat, eget eller annan operatörs, Radiosystem som avsiktligt eller oavsiktligt stör den aktuella Radiokanalen. Summan av alla Störningar kallar brus (Noise) och mäts i förhållandet mellan nyttsignal och brus (Signal to Noise Ratio, SNR).

Redundans

Med Redundans hos en radiolänkförbindelse (främst använt i punkt-till-punkt) kan det menas flera olika saker till exempel:

- (1+1) Hot Standby -Redundans där en nyttotrafik överförs i en Radiokanal via en dubblerad radioutrustning. Vid fel kopplas den extra utrustningen, som annars inte används, in.
- (1+1) working standby där nyttotrafik överförs samtidigt över 2 Radiokanaler (antingen via 2 frekvenser eller via rymdsdiversitet). Vid mottagning sammanvägs de två mottagna signalerna för ökad överföringskvalitet. Vid fel i ena utrustningen kan kvaliteten och/eller kapaciteten reduceras något.
- (2+0) där nyttotrafik vid överföring delas upp i två olika Radiokanaler. Ett enstaka fel ger därför endast upphov till reducerad kapacitet under den tid som åtgår innan felet åtgärdats. Vid normal drift är kapaciteten för en (2+0) konfiguration dubblerad jämfört med en (1+1) konfiguration.

Antennbärare

Utgörs av master (stagad Antennbärare), torn (fristående Antennbärare) eller stolpar och utgör bärare av teknik som antenner och annan utrustning där kravet är att denna utrustning behöver sitta på tillräcklig höjd över mark för att få tillräcklig radioprestanda.

Teknikutrymme och terminering

Lokalt utrymme för terminering av externt nät samt inplacering av radioutrustning och Elsystem.

Elsystem

Utrustningen för elförsörjning av Radiosystemet, mätutrustning och sitens behov av el. Elsystemet kan innehålla avbrottsfri kraft efter behov.

Jordtagsledare/Jordtag

Utrustningar och åtgärder för skydd av tekniska system och personal mot elskador.

Åskledare

Utrustningar och åtgärder för skydd av tekniska system och personal mot blixtnedslag.

Sammankopplingspunkt

Fysisk punkt där sammankoppling sker mellan det fasta nätet och Radiosystemet till exempel i en optisk korskoppling (ODF).

Klientterminal

Enhet där slutkundens tjänster terminerar och i flesta fall kopplad till en Kundsitet.

Nätadministration

Nätadministration innebär att installerade radioutrustningar för P-P och P-MP-länkar kan administreras, övervakas och underhållas genom fjärruppkoppling av ett Network Management System (NMS).

Överlämningspunkt/Avlämningspunkt

Avser en fysisk kontakt/port där tjänsteleverantören överlämnar slutkundtjänst till slutkund.

Med avlämningspunkt menas den gränsyta där användaren får tillgång till internettjänsten och kan ansluta den utrustning som ska ha Internetaccess.

2.3 Förkortningar

ACM	Adaptive Coding and Modulation
ASK	Amplitudskiftmodulering
CPE	Customer Premises Equipment, (kundplacerad utrustning)
FDD	Frequency-division duplexing
FSK	Frekvensskiftmodulering
HC	Hybrid Coupler, (hybridkopplare)
IDU	Indoor Unit, (Inomhusenhet)
LoS	Line of Sight, fri sikt mellan sändar-och mottagarantennerna.
MIMO	Multiple Input Multiple Output
NMS	Network Management System (Nätadministration)
ODF	Optical distribution frame (fiberoptisk korskoppling)
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
ODU	Outdoor Unit, (Utomhusenhet)
P-P	Punkt-till-punkt radiolänk
P-MP	Punkt till Multipunkt Radiosystem
PSK	Fasskiftmodulering
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
SD	Space Diversity
TDD	Time division duplex
XPIC	Cross-polarization Interference Cancelling. En teknik som ger möjlighet att överföra två olika radiosignaler samtidigt över en och samma Radiokanal men i olika Polarisationer (horisontal och vertikal).

3. TYPER AV RADIOSYSTEM

3.1 Systemöversikt

I följande avsnitt görs en generell jämförelse mellan olika trådlösa accesstekniker:

- Punkt-till-punkt radiolänk.
- Punkt-till-multipunkt Radiosystem.
- Fast mobilt bredband.
- RadioLAN.
- Smalbandig radio.
- Övriga radiotekniker.

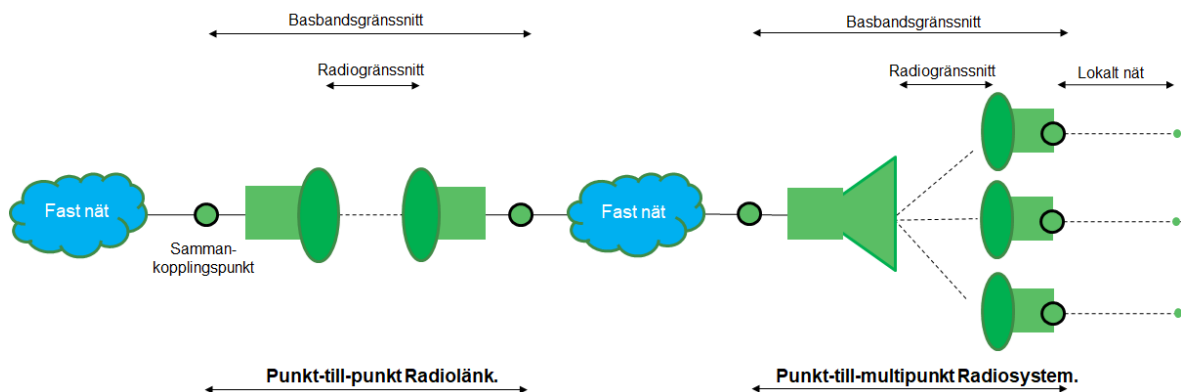


Bild 2. Punkt- till Punkt Radiolänk (P-P) och Punkt-till Multipunkt Radiosystem (P-MP) inklusive RadioLAN

Val av Radiosystem görs utifrån det behov som identifierats i samband med behovsanalysen.

3.1.1 Punkt-till-punkt radiolänk (P-P) (Mikrovågsradiolänk)

Med Punkt-till-punkt radiolänk (P-P) avses här mikrovågsradiolänk i tillståndspliktigt frekvensband (mellan 6 och 80 GHz) där det används parabolantennor med god riktverkan.

PTS utfärdar så kallat enskilt tillstånd efter ansökan för att säkerställa att olika tillståndshavare inte stör varandra.

Punkt-till-punkt radiolänk karaktäriseras i detta sammanhang/denna jämförelse av hög kapacitet, garanterad kvalitet, lång räckvidd och skydd från Störning.

3.1.2 Punkt till Multipunkt Radiosystem

Med Punkt-till-Multipunkt radiolänk (P-MP) menas här ett Radiosystem som utgörs av en central punkt och flera olika Kundsiter. På den centrala punkten används normalt en spridningsantenn medan Kundsiterna typiskt har riktantennor. De Klientterminaler som är kopplade till samma spridningsantenn och Radiokanal delar på den gemensamma radiokapaciteten.

De frekvensområden som kan användas är tilldelade som så kallade blocktillstånd (se avsnitt 11.1) där tillståndshavaren ansvarar för frekvensplanering givet att de tekniska villkoren uppfylls. Samma typ av radioutrustning finns även tillgänglig för frekvensband undantagna från tillståndsplikt, vanligen 5 GHz. Se vidare under 3.1.3 RadioLAN.

Punkt-till-multipunkt Radiosystem karakteriseras i detta sammanhang av god kapacitet, garanterad kvalitet, god räckvidd och skydd från Störning.

3.1.3 RadioLAN

RadioLAN kan i vissa fall vara ett kostnadseffektivt alternativ för att täcka avgränsade geografiska områden. Räckvidden är begränsad eftersom radioutrustningens uteffekt är begränsad.

RadioLAN FWA

Med RadioLAN FWA (Fixed Wireless Access) menas här Radiosystem för fasta tillämpningar, både punkt-till-punkt och punkt-till-multipunkt, i frekvensband undantagna från tillståndsplikt (se avsnitt 11.1). För Radio-LAN FWA är utrustningen leverantörsspecifik.

De siter och terminaler som är kopplade till samma RadioLAN delar på den gemensamma radiokapaciteten mellan användarna. Frekvensutrymmet i ett frekvensband undantaget från tillståndsplikt delas mellan olika RadioLAN i samma geografiska område. I och med att frekvensområdet kan komma att delas med annan användning på samma geografiska plats och vid samma tidpunkt finns en förhöjd risk för Störningar, även om risken för Störning i många fall är låg.

RadioLAN FWA karakteriseras i detta sammanhang av god kapacitet, delat frekvensutrymme och att kvalitén är beroende av annan användning inom det geografiska området. Kvalitén beror även på utrustningens tekniska förmåga gällande bland annat trafikhantering.

RadioLAN Wi-Fi

RadioLAN Wi-Fi kan användas för att täcka mindre geografiska områden som stadskärnor, mindre publika ytor eller inomhus i bostäder, kontor eller köpcenter. Wi-Fi är i första hand tänkt som kommunikationslösning för mobila och handhållna enheter, där alla enheter är inom radiotäckning från varandra då överföringsprotokollet förutsätter det. Wi-Fi använder något av de standardiserade IEEE 802.11-protokollen.

RadioLAN Wi-Fi karakteriseras av korta avstånd, delad kapacitet beroende av antal användare, delat frekvensutrymme och att kvalitén är beroende av annan användning inom det geografiska området. Kvalitén beror även på utrustningens tekniska förmåga gällande bland annat trafikhantering.

3.1.4 Fast mobilt bredband

Med fast mobilt bredband menas här att Kundsiten ansluts till internet via en mobiloperatörs (3G, 4G eller 5G) mobilnät. Den centrala Noden är en del av mobiloperatörens nät där Klientterminalen delar på kapaciteten i centrala Noden med alla andra Klientterminaler, mobiler och andra enheter knutna till samma operatör.

Fast mobilt bredband karakteriseras i detta sammanhang av god kvalitet, en kapacitet som varierar med antal användare, god räckvidd och skydd mot Störning.

3.1.5 Smalbandig radiolänk

Smalbandig radiolänk används i punkt-till-multipunkt-konfigurationer för kontroll och styrändamål i till exempel elnät och Va-nät i tillståndspliktiga frekvensband runt 400 MHz.

Smalbandig radiolänk karakteriseras i detta sammanhang av lägre kapacitet, garanterad kvalitet, god räckvidd och skydd från Störning.

3.1.6 Övriga radiotekniker

Utöver det som beskrivs inom denna vägledning så finns flera olika radiotekniker anpassade för IoT. IoT, Internet of Things, är ett samlingsbegrepp för den utveckling som innebär att maskiner, fordon, gods, hushållsapparater, kläder, alla möjliga saker samt människor och djur förses med

små inbyggda sensorer och processorer. Uppkopplingen av sensorerna är trådlös och energi- och spektrumeffektiv genom att ett mycket smalt spektrum i luften används samt att det skickas väldigt lite data förhållandevis sällan. Sändningen till basstationerna från enheterna i nätet sker okoordinerat och utan kollisiondetektering.

4. RADIOLÄNKPROCESSEN

4.1 Processöversikt

Aktiviteter för etableringen av en Fast Radioanläggning följer en process "Radiolänkprocessen" som redovisas i detta kapitel. Processbeskrivningen är principiell och ska ses som en vägledning.

PROCESSKARTA, BYGGA RADIONÄT/RADIOLÄNK

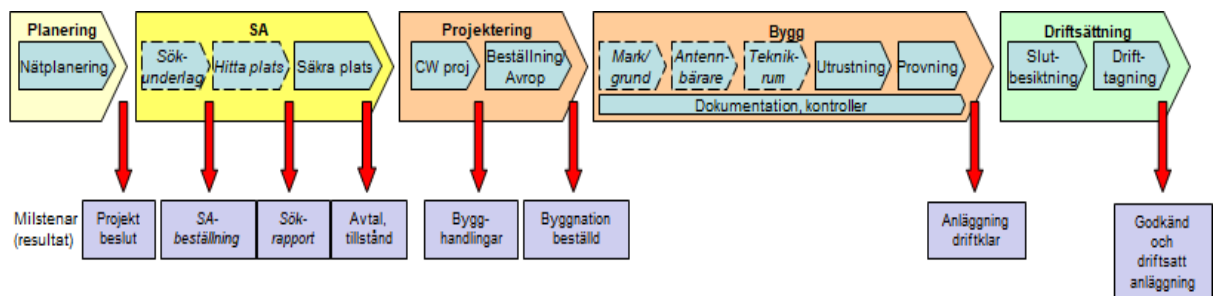


Bild 3. Radiolänkprocessen, bygga radionät/radiolänk

Kommentar:

Heldragna rutor ingår alltid i processen i någon form. Streckade rutor ingår vid behov.

I detta exempel hanteras delar av Leveransprocessen gällande bland annat kundhantering, tjänster/tjänsteleverantörer separat.

I varje fas ingår olika moment för att ordna förbindelse till överordnat nät samt elanslutning.

PROCESSKARTA, BYGGA ENSKILD KUNDFÖRBINDELSE P-MP

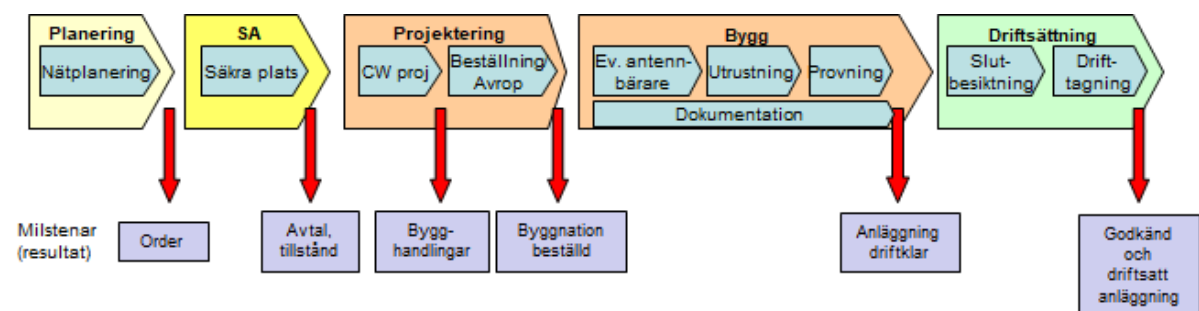


Bild 4. Radiolänkprocessen, bygga enskild kundförbindelse P-MP

Kommentar:

- Tecknad Kundorder/avtal förutsätts finnas.

- I Nätplanering ingår i första hand att kontrollera radioförutsättningar för kundmontage samt att tillgänglig kapacitet finns (vid behov initieras utökning).

- Om särskild Antennbärare ej behöver byggas kan SA utgå, förutsättningarna för bygg kan istället inkluderas i CW projektering.

- Slutbesiktning av enskild kundförbindelse består vanligen av godkännande av entreprenörens egenkontroll och kundens acceptans.

Anm: I de fall där arbetet med att anlägga radioanläggning läggs ut på entreprenad kan denna antingen utföras som en totalentreprenad eller en utförentreprenad

Vid en totalentreprenad har entreprenören ansvar från och med SA (Site Acquisition) tills anläggningen är färdigbyggd.

Vid en utförarentreprenad har entreprenören ansvar för att bygga radioanläggningen.

Oavsett upphandlingsform är SA (Site Aquisition) ett uppdrag som oftast utförs av specialister på området.

Steg och aktiviteter för upphandling av entreprenör hanteras inte vidare i denna vägledning.

4.2 Planering

Syftet med anläggningen

Syftet med anläggningen, kompletterande P-P-länk, redundant P-P-länk eller ett P-MP-accessnät beskrivs och skall klargöra om anläggningen är tillfällig, permanent eller redundant. Anläggningen ska sättas i sitt sammanhang och planeras in i den befintliga nätstrukturen.

Behovsanalys

Förutsättningarna för anläggningen analyseras utifrån syftet:

- Kunder.
- Tjänster.
- Geografiska förutsättningar:
 - Siteplacering.
 - Teknikutrymme, ny eller inplacering
 - Antennbärare ny eller inplacering.
- Risker för mobila och rörliga hinder som exempelvis båt-, flyg eller fordonstrafik som kan uppkomma vid vissa tider. Vid projektering bör även hänsyn tas till eventuella detaljplaner, så att kommande byggnaders och byggkranars maximala höjd inte påverkar radioförbindelsen negativt.
- Tekniska förutsättningar och prestanda:
 - Kapacitet/bandbredd, fördröjning, tillgänglighet.
- Fastnätsanslutning.
- Kundanslutning.
- Identifiera eventuella Störningskällor och analysera radiomiljön i det tänkta området.

Grov systemlösning/nätstruktur

En första grov systemlösning/nätstruktur tas fram:

- Site.
- Fastnätsanslutning.
- Kundanslutning.
- Radiosystem.
- Elsystem.
- Teknikutrymme.
- Antennbärare.

Rekommendation

Redan i inledningsskedet bör man utreda om en ny Antennbärare ska dimensioneras för en högre last eller höjd än man själv initialt har behov av, dels för att framtidssäkra eget behov dels för att möjliggöra andras inplaceringar. Det vill säga, ska man ta en initialt högre investeringskostnad för att säkerställa detta. I vilket fall som helst bör man aldrig bygga för 100% nyttjandegrad dag ett utan snarare bör max vara kanske 85% för att till exempel inte riskera att man inte kan öka antennstorlekar vid problem.

En risk-och sårbarhetsanalys (RSA) genomförs för planerad anläggning i enlighet med Post-och telestyrelsens gällande föreskrift avseende driftsäkerhet.

Länk/Radioplanering

Allmänt

Beroende på förutsättningar kan länk/radioplanering alternativt utföras under projekteringsfasen.

Planering och dimensionering av radiolänkförbindelse

Normalt används radioplaneringsverktyg för dimensionering av ett Radiosystem och dess predikterade prestanda. Ett radioplaneringsverktyg har typiskt tillgång till olika digitala kartor, information om höjddata och terrängtyp samt databas innehållande systemparametrar för radioutrustning och antenner. Utgående från terrängprofiler som skapas i radioplaneringsverktyget är det möjligt att till exempel bestämma lägsta antennhöjd för fri sikt mellan sändare och mottagare, studera inverkan av olika hinder och terrängtyper och beräkna radioförbindelsen överföringskvalitet enligt olika vågutbredningsmodeller.

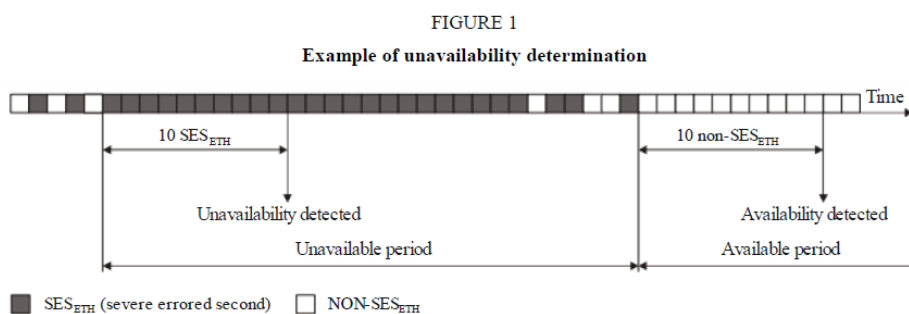
I rekommendation ITU-R Rec.P.530, "Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems" ges en standardiserad prediktionsmodell som beskriver olika vågutbredningseffekter som bör hanteras vid planering av radiolänkförbindelser.

Tillgänglighets- och kvalitetsmål

Tillgänglighets- och kvalitets-mål för en radiolänkförbindelse som bär paketdatatrafik (som till exempel Ethernet) kan ges enligt rekommendation ITU-R F.2113-0, "Error performance and availability objectives and requirements for real point-to-point packet-based radio links"

Rekommendation F.2113 definierar ett antal felparametrar, till exempel SES_{ETH} , vilket avser en tidsperiod om 1 sekund med Frame Loss > 0,5, och beskriver en metod för hur olika felprestanda och tillgänglighetskrav kan fördelas i ett nät bestående av flera olika ingående transmissionsdelar.

ITU:s definition av otillgänglighet ges i nedanstående figur. Otillgänglig tid startar efter 10 konsekutiva (på varandra efterföljande) SES_{ETH} och slutar efter att man erhållit 10 konsekutiva (på varandra efterföljande) non- SES_{ETH} . SES_{ETH} är en mätbar parameter i utrustning för fasta radionät.



ET 2006-01

Bild 5. Otillgänglighet

För en radiolänk med en sträcklängd på 30 km som används i accessdelen (Access portion) i ett nationellt nät (National portion) ger ITU-rekommendationen ett tillgänglighetskrav (PEA, Percent Ethernet service availability) enligt;

$$PEA = \left(1 - \left(B_5 \frac{L_{link}}{L_R} + C_5\right)\right) = 1 - \left(0 \frac{50}{250} + 5 \times 10^{-4}\right) * 100 = 99.95$$

Tillgänglighetskravet på 99,95% ger en tillåten otillgänglighet på 263 minuter per år, eller motsvarande 21,9 minuter per månad.

Tillåten otillgänglighet (i minuter) för olika tillgänglighetskrav visas i tabell nedan.

Tillgänglighetskrav	Tillåten otillgänglighet per år (min)	Tillåten otillgänglighet per månad (min)
99,950%	262,8	21,9
99,990%	52,6	4,4
99,995%	26,3	2,2
99,999%	5,3	0,4

Tabell 1, Tillåten otillgänglighet

Modern radioutrustning har i många fall möjlighet att använda Adaptiv Modulation vilket innebär att under tidperioder med normala radiovågutbredningsförhållanden används en mer komplex modulationsmetod och därmed hög överföringskapacitet.

Under tidsperiod med onormala radiovågutbredningsförhållanden används automatiskt en enklare modulationsmetod vilket ger en lägre kapacitet men med bibehållen kvalitet och tillgänglighet.

Även om det med ett radioplaneringssystem kan predikteras ett Radiosystems prestanda med avseende på vågutbredning är det i fall med adaptiv utrustning inte helt enkelt att avgöra trafikens medelbandbredd och tillgänglighet, särskilt inte om Radiosystemet arbetar i två olika frekvensband med helt olika dominerande vågutbredningsmekanismer. Ett alternativ kan vara att ange värden för en viss referensmodulation (till exempel 128QAM) och samtidigt ange beräknad kapacitet och tillgänglighet för respektive MIN (till exempel 32QAM) och MAX modulation (till exempel 512QAM).

Ett specifikt krav på tillgänglighet bör därför bara ställas om det är motiverat med hänsyn till de krav som framkommer efter genomförd behovsanalys. I en entreprenadupphandling av exempelvis en radiolänkförbindelse där entreprenören ansvarar för projektering blir dock ett tillgänglighetskrav närmast nödvändigt att ställa för att kunna erhålla jämförbara offerter samt mätbara garantivillkor.

Kravet bör då balanseras till exempel mot de SLA-krav man har på hela förbindelsen gentemot kund, liksom hur många kunder samt vilken typ av kunder som är anslutna via länken.

Tillgänglighet och otillgänglighet hos en radiolänkförbindelse

Den totala otillgängligheten hos en radioförbindelse är summan av sannolikheten för driftstörande hårdvarufel och otillgänglighet orsakad av radiovågutbredning. Normalt bör det även reserveras en del av den tillåtna otillgängligheten för att ha utrymme för oförutsedda händelser (mänskliga faktorn, handhavande fel, mjukvarufel etcetera).

Normalt kan en elektronisk utrustnings felintensitet vara högre när utrustningen är ny (burn in period) eller när utrustningen är i slutet av sin tekniska livslängd. Om det antas att radioutrustningens felintensitet är konstant över tid ges medeltid mellan fel, MTBF (Mean Time Between Failure), enligt ekvationen nedan:

$MTBF = 1/\lambda$, där λ är felintensiteten (fel/tidsenhet).

Exempel på MTBF värden ges i tabellen nedan;

Enhet	MTBF per enhet (timmar)	λ , Felintensitet per enhet	Antal enheter per hopp	Total Felintensitet	
Antenn	876 000	1,14155E-06	2	2,28311E-06	
ODU	438 000	2,28311E-06	2	4,56621E-06	
Koaxilkabel	876 000	1,14155E-06	2	2,28311E-06	
Inomhusenhet	438 000	2,28311E-06	2	4,56621E-06	
Switchenhet	876 000	1,14155E-06	0	0	
			Felintensitet:	1,36986E-05	fel/timme
			MTBF:	73 000	timmar
			MTBF:	8,33	år

Tabell 2, MTBF värden

Utrustningens hårdvaruotillgänglighet ges av ekvationen:

$N = MTTR / (MTBF + MTTR)$ där MTTR (Mean Time To Repair) är förväntad tidsåtgång innan felet är åtgärdat.

Hårdvaruotillgänglighet hos utrustningen ges genom ekvationen:

$$A = 1 - N$$

Exempel på ett radiolänkhoppss sammanlagda tillgänglighet med hänsyn till utrustningens MTBF och radiovågutbredning ges i nedanstående figur. MTBF för radiolänkhoppets utrustning antas i detta exempel vara 10 år (till exempel motsvarande en icke-redundant radiolänkkonfiguration) respektive 25 år (till exempel motsvarande en redundant radiolänkkonfiguration).

Tillgänglighet med avseende på radiovågutbredning antas i detta fall vara 99,99% oavsett radiolänkkonfiguration.

Den totala tillgängligheten ges som 1- (otillgänglighet pga. hårdvarufel + otillgänglighet pga. radiovågutbredning).

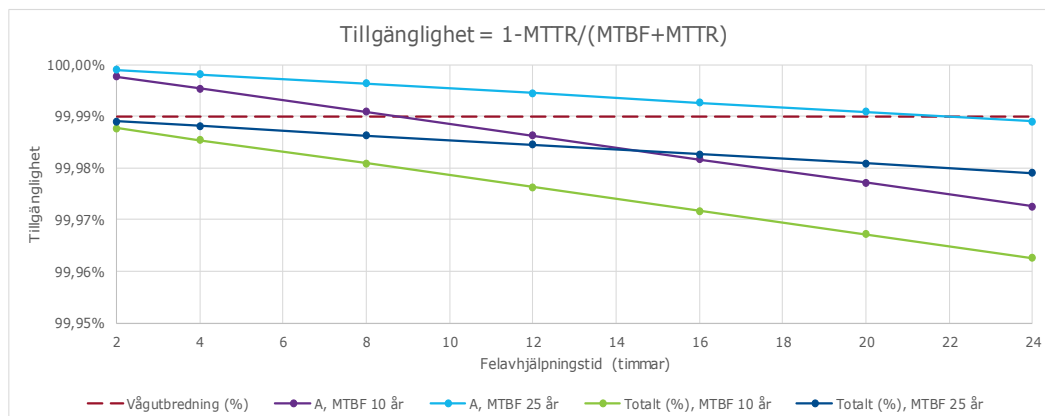


Bild 6. Tillgänglighet och reparationstid

Radiosystemets tillgänglighet är starkt beroende av förmåga att felavhjälpas inom en kort tid från det att driftstörande fel inträffar. I de fall det är lång inställelsetid för till exempel driftpersonal bör Radiosystemet etableras med Redundans, antingen som ren hårdvaruredundans (1+1) eller som (2+0).

Frekvenstillstånd

Ansökan om tillstånd att använda radiosändare för radiolänk vid projekterad plats upprättas och skickas in till PTS när alla förutsättningar utredda.

4.3 Site Aquisition

4.3.1 Sökunderlag

Sökunderlaget ska innehålla den information som behövs från radioplaneringen (se kapitel 2.2 ang. begrepp) för att kunna identifiera en lämplig plats för det ändamål som avses med radiolänken/Radiosystemet.

Befintliga möjliga Antennbärare (master, torn eller höga byggnader) bör vara ingångsvärde redan i planering/arkitektfasen, så att nätet som helhet nyttjar dessa. Beroende på typ av projekt och förutsättningar kan sökunderlag specificeras för en enskild Site, för en förbindelse bestående av två Siter, eller för ett helt system bestående av många Siter, förbindelser och Kundsiter.

Rekommenderat minimiinnehåll:

- Syftet med anläggningen.
- En eller flera Nominella sökpunkter alternativt ett geografiskt begränsat sökområde för respektive Site eller Antennbärare, inom vilka syftet bedöms kunna uppfyllas.
- Önskade antennhöjder samt antennens riktning (inplacering alt. ny Antennbärare).
- Antennstorlekar, vid delat montage även storlek på ODU.
- Antennkablar, antal och dimension.
- Utrymmesbehov i Teknikutrymme (till exempel antal stativplatser eller höjdenheter).
- Behov av kraftförsörjning (anslutning, förbrukning, reservkraft).
- Behov av förbindelse till platsen.
- Övrig information av betydelse.

4.3.2 Hitta plats

Hitta plats. Här utreder och väljer man ut en plats eller byggnad som fungerar radio-/bygg-/transmissionstekniskt och där man tror sig kunna få nödvändiga tillstånd och markavtal (inga uppenbara hinder). Ofta utgår man från ett område eller några olika specifika alternativ där man rankar kandidater. När platsen är godkänd av inblandade parter till exempel radioplanerare eller projektör, byggleddare m.m. går man vidare. I det flesta fall försöker man av både praktiska och ekonomiska skäl att använda befintliga infrastruktur som Antennbärare.

4.3.3 Säkra plats

Säkra plats. Här införskaffas alla avtal och tillstånd. När dessa är klara lämnas projektet över till Byggtreprenör för utförande. Om något tillstånd/avtal visar sig omöjligt att skaffa får man återgå till Hitta plats och hitta en alternativ placering.

Anläggningstillstånd och avtal omfattar till exempel:

- Bygglov eller annan prövning enligt
 - Plan och bygglagen (2010:900).
 - Plan- och byggförordning (2011:338).
- Tillgång till privat/kommunal/statlig mark genom avtal.
- Samråd/tillstånd gällande natur- och kulturmiljöer hos länsstyrelsen.
- Avtal om elanslutning.
- Flyghinderanmälan görs till Försvarsmakten.
- Inplaceringsavtal om antennplacering vid nyttjande av befintlig Antennbärare.

4.4 Projektering

Projekteringen kan antingen utföras separat, som en del i byggentreprenaden eller i en totalentreprenad, beroende på hur man väljer att upphandla genomförandet.

Vid projektering tas erforderligt underlag för byggprocessen fram. Omfattningen av underlaget varierar beroende på kundkrav och typ av anläggning. Nedan används begreppet Bygghandling som ett generellt begrepp oavsett erforderlig omfattning.

Site

Bygghandlingar för att anlägga Siten tas fram.

Fastnätsanslutning

Bygghandlingar för framkoppling och anslutning av det fasta nätet tas fram.

Kundanslutning

Bygghandlingar för anslutning av kunder tas fram.

Radiolänkutrustning

Omfattar val av radioenheter samt framtagning av bygghandlingar för systemet.

Nätadministration och övervakning

Omfattar val av system för administration och övervakning av Radiolänkutrustningen samt framtagning av bygghandlingar för systemet.

Antennbärare och antenner

Omfattar:

- Val av Antennbärare samt framtagning av bygghandlingar i enlighet med gällande standarder för betong- och stålkonstruktioner.
- Val av antenner samt framtagning av installationshandlingar.
- För att klargöra en nybyggnation görs en dimensionering enligt gällande standarder. Detta för att säkerställa bärigheten i nybyggnationer samt utesluta risken för överlast i befintliga anläggningar.

Rekommendation

Vid dimensionering är det väsentligt att definiera max vinkelförändring för Antennbärare och antenn. En långhoppsradiolänk har högre krav på stabilitet än ett P-MP system. Normalt minimikrav är max 1 grad i vertikal- och horisontalplan men kan behöva skärpas för radiolänk. Även för radiolänk som använder höga frekvenser, t. ex. 70/80 GHz, krävs god stabilitet på grund av små antennöppningsvinklar.

Teknikutrymme

Omfattar val av Teknikutrymme samt framtagning av bygghandlingar för utrymmet.

Elsystem

Omfattar val av Elsystem 230VAC/48 VDC/UPS (Uninterruptible Power Supply) samt bygghandlingar för Elsystemet och framkoppling och anslutning till elnätet.

Jordning och potentialutjämning

Omfattar val av system för jordning och potentialutjämning av Antennbärare, Teleutrymme och Radiosystem samt framtagning av bygghandlingar.

Åskskydd

Omfattar val av system för åskskydd samt framtagning av bygghandlingar.

Säkerhet

Omfattar val av säkerhetsåtgärder och system samt framtagning av bygghandlingar.

4.5 Beställning

Omfattar dels beställning av entreprenör dels av anskaffning av materiel vid upphandling av Utförarentreprenad.

4.6 Bygg

Omfattar anläggning och installation enligt bygghandlingar, kontroll av Antennbärare, Antenninstallation och Teknikutrymme samt provning av utrustning och inmätning enligt *kapitel 8, TRANSMISSION, PROVNING SAMT DRIFTSÄTTNING AV RADIOSYSTEM.*

Projektsteget omfattar också dokumentation av anläggningen enligt *kapitel 9, DOKUMENTATION.*

4.7 Driftsättning

Driftsättningen omfattar besiktning och drifttagning.

Besiktning

Besiktning av en anläggning görs för att verifiera att anläggningen är utförd i enlighet med entreprenadhandlingarna och beställarens anvisningar.

Alla arbeten och all dokumentation ska vara klara när slutbesiktning görs. Projektet klarrapporteras till beställaren efter godkänd slutbesiktning.

Drifttagning

Omfattar överlämning till kund och aktivering av tjänst.

Rutiner och processer för drift och förvaltning upprättas i enlighet med Post-och telestyrelsens gällande föreskrift avseende driftsäkerhet, PTSFS 2015:2.

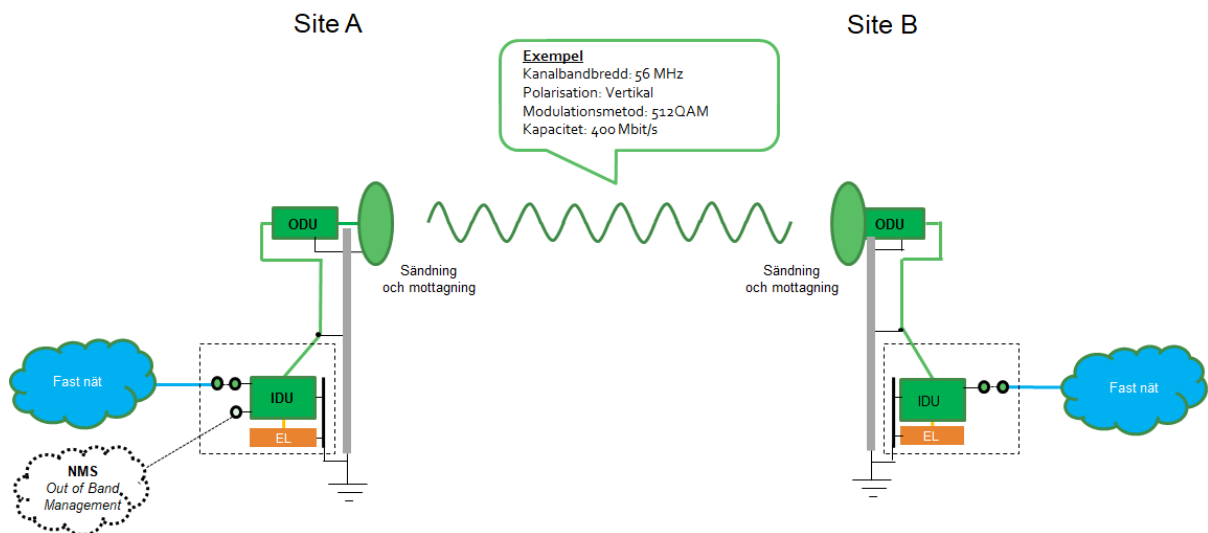
5. NÄTSTRUKTUR

5.1 Allmänt

Kapitlet redovisar referensmodeller avseende design och utförande av P-MP och P-P-anläggningar. Syftet med länkhoppen i referensmodellerna är att komplettera den fasta infrastrukturen där det inte är tekniskt/ekonomiskt motiverat att förlägga kablar. Det är därför viktigt att bibehålla fastnätsförbindelsen karakteristik i så stor grad som möjligt med avseende på teknisk transparens, fördröjning, tillgänglighet och säkerhet.

Referensmodellerna utgörs av separatmonterade Radiosystem där Inomhusenheten normalt är monterad i ett Teknikutrymme och där utomhusenheten är placerad i anslutning till antennen, eller integrerad med den.

5.2 Referensmodell 5.2 Punkt-till-Punkt länk, Länkförbindelse för ortsammanbindande nät, Redundans- och etableringslänk



Denna referensmodell visar grundkonfigurationen för en (1+0) radiolänk som kan sägas uppfylla grundläggande krav på konnektivitet.

Användningsområde

Ett typiskt användningsområde för denna typ av lösning kan exempelvis vara i stamnätet för ett större nät av optisk fiberkabel och/eller radiolänkar, där kraven på tillgänglighet och bandbredd är höga och utan krav på Redundans i förbindelsen eller hårdvaran.

Beskrivning

Modellen beskriver ett länkhopp med en Radiokanal från fastnät till radio med fri sikt och därefter fastnät igen.

Antennbäraren i respektive Site är ansluten till ett jordtag genom en Jordtagsledare.

Sitens alla ledande byggnads- och installationsdelar är anslutna till jord. I Teknikutrymmet sker det genom att samtliga ledande enheter förbinds med varandra i en gemensam potentialutjämningskena.

ODU:erna och antennen är jordade i respektive Antennbärare.

Antennerna utgörs av riktantennar.

I Site A är Radiosystemets ODU och antenn separat monterade i Antennbäraren. ODU:n ansluts till antennen genom en koaxialkabel (alt. vågledare).

Radiosystemets IDU är monterad i ett Teknikutrymme, som är placerad intill Antennbäraren, och ansluten till Teknikutrymmets Elsystem. IDU:n ansluter och strömförsörjer ODU:n genom en koaxialkabel som jordas i Antennbäraren innan intaget i Teknikutrymmet.

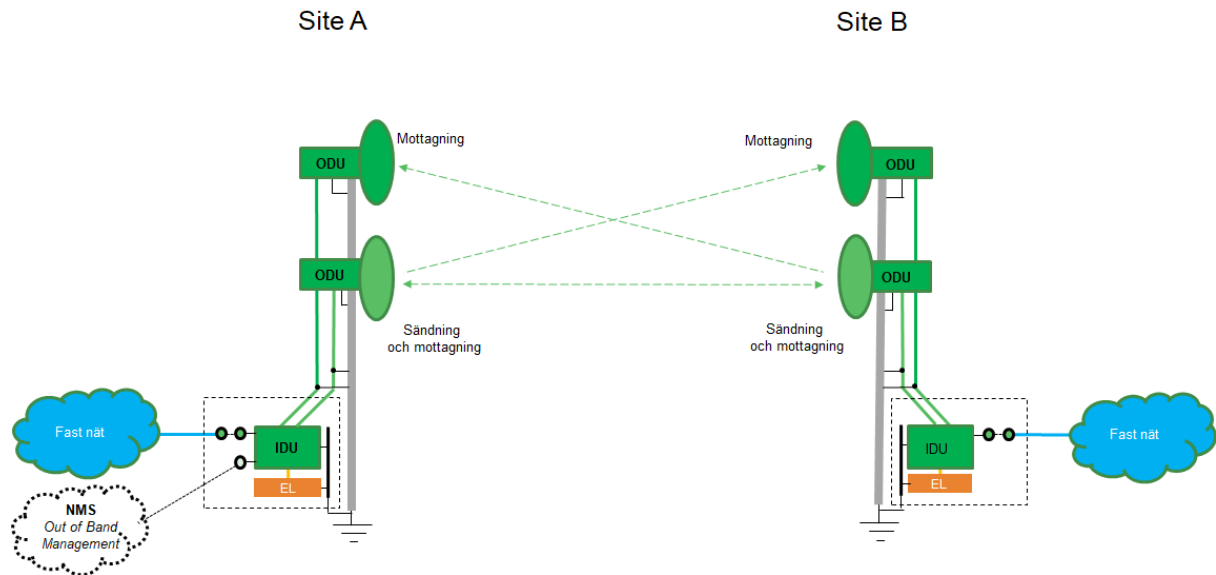
I Teknikutrymmet termineras anslutningsnätet och IDU:n i en korskopplingsenhet till exempel i en ODF.

Site B är installerad i enlighet med Site A.

För administration, drift och underhåll av Radiosystemen är IDU:n i Site A ansluten till ett NMS system. Kommunikationen sker antingen som *In Band Network Management* (via anslutningsnätet) eller som *Out of Band Management* (via separat nät).

Referensmodell 5.2.1 Punkt-till-Punkt länk, Länkförbindelse för ortsammanbindande nät, Redundans- och etableringslänk med diversitet.

Ovanstående typiska konfiguration kan även kompletteras med rymddiversitet för längre sträckor.

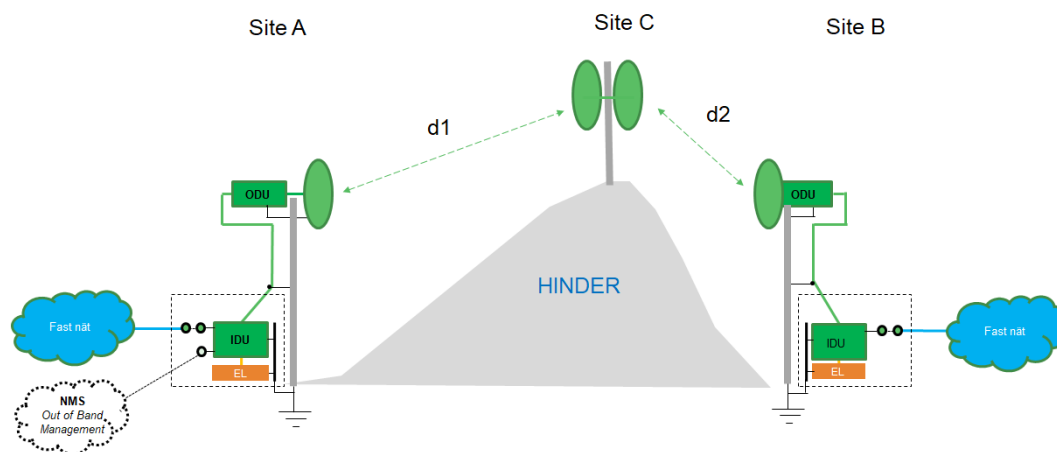


Här används två eller flera antenner för öka kvalitet och tillgänglighet över en radiolänkförbindelse. Normalt sett har radioutrustningen en sammanvägningsenhet som vid varje tillfälle väljer ut den för tillfället bästa mottagna radiosignalen från respektive antenn.

Användningsområde

Ett typiskt användningsområde för denna typ av lösning kan exempelvis vara i stamnätet för ett större nät av optisk fiberkabel och/eller radiolänkar, där kraven på tillgänglighet och bandbredd är höga och det ställs krav på Redundans i förbindelsen och hårdvara. Denna lösning väljer den bästa av de två tillgängliga signalerna.

Referensmodell 5.2.2 Punkt-till-Punkt länk, Länkförbindelse för ortsammanbindande nät, Redundans- och etableringslänk med passiv repeater.



Normalt om det finns ett hinder mellan två Noder etableras två olika radiolänksträckor via en tredje antennplats. Om förutsättningarna är de rätta kan en särskild radiolänkkonfiguration, så kallad passiv repeater (back-to-back antenna), eventuellt användas

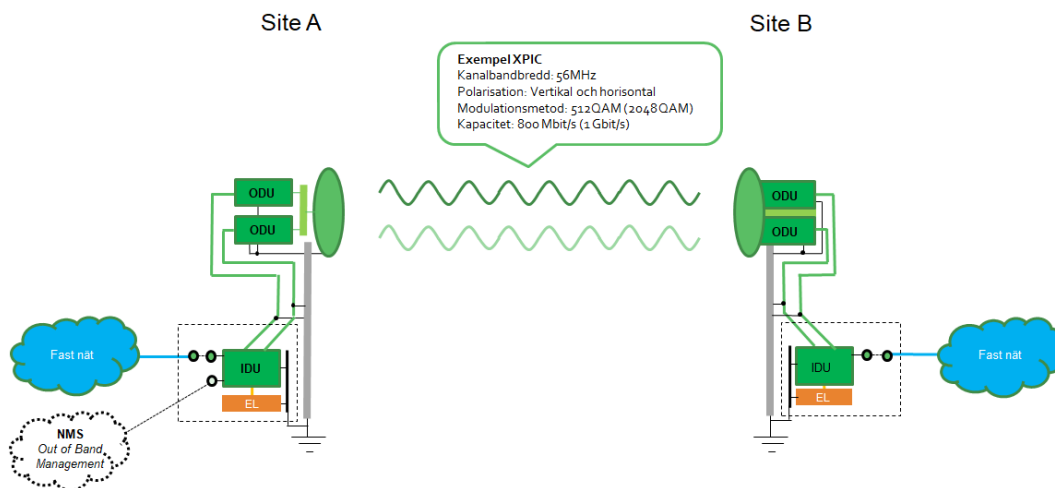
Förutom att delsträckan d2 bör vara betydligt kortare än sträckan d1, samt behov av högre total antennvinst än annars för samma sträcklängd, behöver även delsträckornas geometri, Site A-till Site C och Site C-till-Site B, vara sådan att överhörning mellan Site A och Site B undviks.

Fördelen med konfigurationen är dock en lägre investering på Site C då det saknas aktiv radioutrustning på platsen, bara passiva antenner som sammankopplas via en koaxialkabel eller vågledare.

Användningsområde

Ett typiskt användningsområde för denna typ av lösning med passiv repeater (eller reflektor) kan exempelvis vara i speciella fall där hinder medför att fri sikt (Line of Sight) mellan A-B inte kan uppnås med punkt-till-punkt förbindelse och ström inte finns tillgänglig på Site C. En passiv repeater kan inte utan omplanering etableras i efterhand för att öka kvalitet eller förstärka signalen. Den måste projekteras från början i samspel med Site A och B.

5.3 Referensmodell 5.3 Punkt-till-Punkt länk, Länkförbindelse för ortsammanbindande nät, Redundans- och etableringslänk. Aggregering av trafik i samma frekvensband.



Användningsområde

Ett typiskt användningsområde för denna typ av lösning kan exempelvis vara i stamnätet för ett större nät av optisk fiberkabel och/eller radiolänkar, där kraven på tillgänglighet och bandbredd är höga och det ställs krav på Redundans i förbindelsen och hårdvara. Denna lösning kombinerar de två tillgängliga signalerna och erbjuder jämfört med grundkonfigurationen en högre kapacitet men även en högre tillgänglighet för prioriterad trafik.

Beskrivning

Modellen beskriver ett länkhopp, med aggregerad trafik i samma frekvensband, från fastnät till radio med fri sikt och därefter fastnät igen.

Antennbäraren i respektive Site är ansluten till ett jordtag genom en Jordtagsledare.

Siternas alla ledande byggnads- och installationsdelar är anslutna till jord. I Teknikutrymmet sker det genom att samtliga ledande enheter förbinds med varandra i en gemensam potentialutjämningskena.

ODU:erna och antennen är jordade i respektive Antennbärare.

Radiosystemet kan arbeta med *cross-polarization interference cancelling* teknik (XPIC) vilket är en teknik för att överföra två Radiokanaler över en Bärkvä via dubbel-polariserade antenner.

I och med att radioutrustningen består av dubblerade ODU:er samt dubblerade modem i IDU, resulterar ett enkelt hårdvarufel i reducerad kapacitet och inte i avbrott.

I Site A är Radiosystemets ODU:er och antenn separat monterade i Antennbäraren. ODU:erna ansluts till antennen genom en Hybrid Coupler.

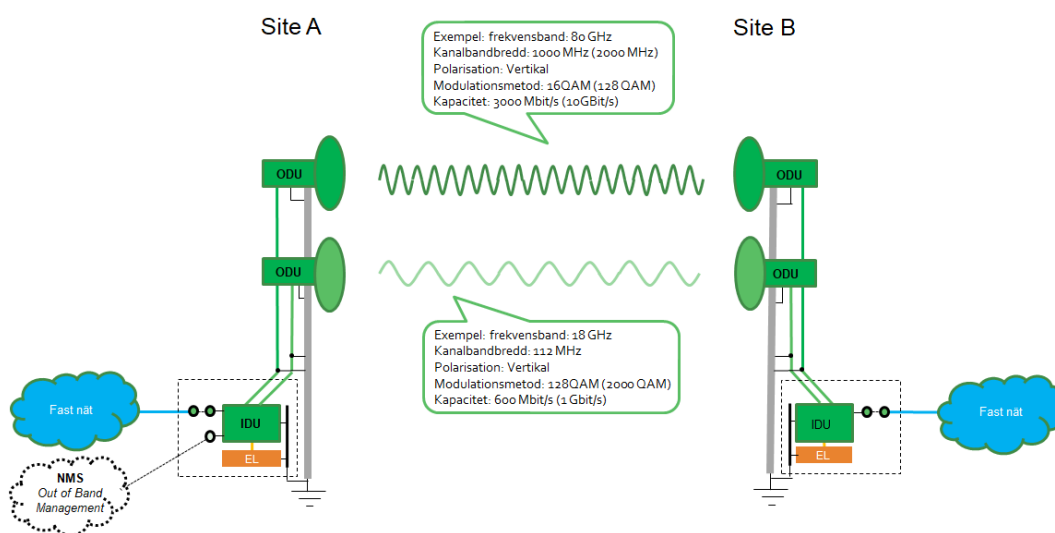
Radiosystemets IDU är monterad i ett Teknikutrymme, som är placerad intill Antennbäraren, och ansluten till Teknikutrymmets Elsystem. IDU:n ansluter och strömförsörjer ODU:erna genom separata koaxialkablar som jordas i Antennbäraren innan intaget i Teknikutrymmet.

I Teknikutrymmet termineras anslutningsnätet och IDU:n i en korskopplingsenhet till exempel i en ODF.

I Site B är Radiosystemets ODU:er och Hybrid Coupler (HC) integrerade i antennen i övrigt är installationen utförd i enlighet med Site A.

För administration, drift och underhåll av Radiosystemen är IDU:n i Site A ansluten till ett NMS system. Kommunikationen sker antingen som *In Band Network Management* (via anslutningsnätet) eller som *Out of Band Management* (via separat nät).

5.4 Referensmodell 5.4 Punkt-till-Punkt länk, Länkförbindelse för ortsammanbindande nät, Redundans- och etableringslänk. Aggregering av trafik i olika frekvensband.



Användningsområde

Ett typiskt användningsområde för denna typ av lösning kan exempelvis vara i stamnätet för ett större nät av optisk fiberkabel och/eller radiolänkar, där kraven på tillgänglighet och bandbredd är höga och där man vill ha Redundans i både förbindelse och i hårdvara. Denna konfiguration ger möjlighet till hög kapacitet via radiolänken i det höga frekvensbandet, Krav på hög kvalitet och tillgänglighet för prioriterad trafik tillgodoses med radiolänken i det lägre frekvensbandet.

Beskrivning

Modellen beskriver ett länkhopp, med aggregerad trafik i olika frekvensband, från fastnät till radio med fri sikt och därefter fastnät igen.

Antennbäraren i respektive Site är ansluten till ett jordtag genom en Jordtagsledare.

Siternas alla ledande byggnads- och installationsdelar är anslutna till jord. I Teknikutrymmet sker det genom att samtliga ledande enheter förbinds med varandra i en gemensam potentialutjämningskena.

ODU:erna är jordade i respektive Antennbärare.

Antennerna utgörs av riktantenner.

Installationen i respektive Site är i enlighet med referensmodell 5.2

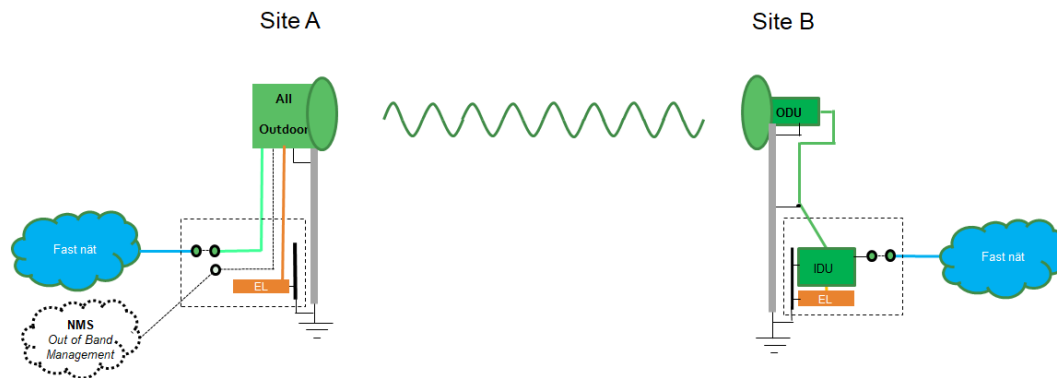
I tillämpningen nedan överförs trafik över en sträcka i en radiolänk som använder 18 GHz frekvensbandet. Denna 18 GHz radiolänk samarbetar med ytterligare en radiolänk i 80 GHz frekvensbandet.

Radiolänken i 80 GHz frekvensbandet kan ha en högre kapacitet än radiolänken i 18 GHz frekvensbandet, men där den beräknade tillgängligheten för trafiken i 80 GHz radiolänken är lägre än i 18 GHz radiolänken då radiovågornas utbredning i 80 GHz frekvensbandet påverkas mer av nederbörd än i 18 GHz frekvensbandet.

De två Radiosystemen kan även anses utgöra hårdvaruredundans till varandra, om till exempel någon enhet i 80 GHz radiolänken går sönder är sannolikt 18 GHz radiolänken fortfarande utan hårdvarufel och därmed upprätthålls trafiken, dock med reducerad kapacitet.

För administration, drift och underhåll av Radiosystemen är IDU:n i Site A ansluten till ett NMS system. Kommunikationen sker antingen som *In Band Network Management* (via anslutningsnätet) eller som *Out of Band Management* (via separat nät).

5.5 Referensmodell 5.5 Punkt-till-Punkt länk, Länkförbindelse för ortsammanbindande nät, Redundans- och etableringslänk



Användningsområde

Ett typiskt användningsområde för denna typ av lösning kan exempelvis vara i stamnätet för ett större nät av fiber eller länkar, eller en redundant förbindelse i ett sådant nät, där kraven på tillgänglighet och bandbredd är höga utan krav på Redundans i radioförbindelse eller hårdvara.

Beskrivning

Modellen beskriver ett länkhopp från fastnät till radio med fri sikt och därefter fastnät igen.

Antennbäraren i respektive Site är ansluten till ett jordtag genom en Jordtagsledare.

Siternas alla ledande byggnads- och installationsdelar är anslutna till jord. I Teknikutrymmet sker det genom att samtliga ledande enheter förbinds med varandra i en gemensam potentialutjämningskena.

ODU:n och All Outdoor-enheten är jordade i respektive Antennbärare.

Antennerna i respektive Site utgörs av riktantenner.

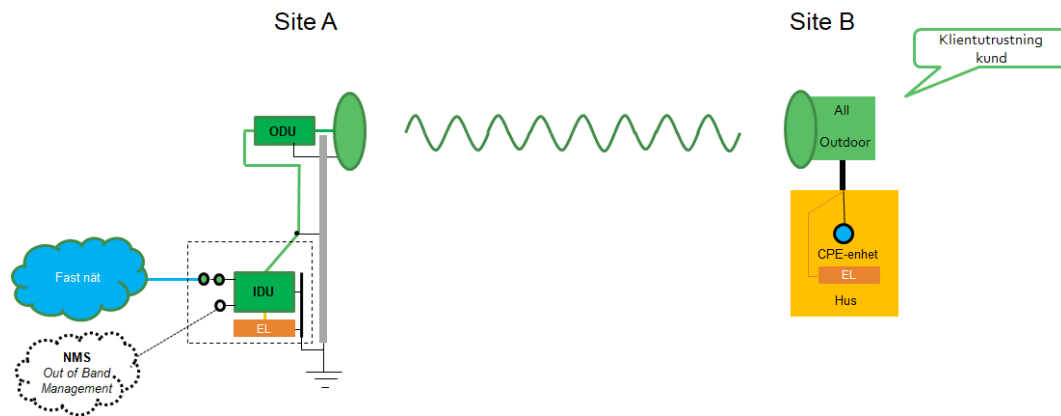
I Site A utgörs Radiosystemet av en All Outdoor- enhet, med integrerad ODU och IDU funktionalitet, integrerad med antennen och monterat i Antennbäraren.

I Teknikutrymmet, som är placerad intill Antennbäraren, är en korskopplingsenhet, till exempel en ODF, och Sitens Elsystem monterad. I korskopplingsenheten termineras anslutningsnätet och den fiberoptiska fiberkabel som ansluter All Outdoor-enheten. All Outdoor-enheten strömförsörjs från Teknikutrymmets Elsystem med en separat kabel.

Site B är installerad i enlighet med referensmodell 5.2 Site B.

För administration, drift och underhåll av Radiosystemen är IDU:n i Site A ansluten till ett NMS system. Kommunikationen sker antingen som *In Band Network Management* (via anslutningsnätet) eller som *Out of Band Management* (via separat nät).

5.6 Referensmodell 5.6 Punkt-till-Punkt länk, Länkförbindelse för uppkoppling av enskild accessförbindelse



Användningsområde

Ett typiskt användningsområde för denna typ av lösning kan exempelvis vara i en kundspecifik leverans, där kraven på tillgänglighet och bandbredd kan vara höga utan krav på Redundans i radioförbindelse eller hårdvara. Kundsiter B kan typiskt betjäna ett enfamiljshus, flerfamiljshus och kommersiella fastigheter.

Beskrivning

Modellen beskriver radiolänkanslutning av ett hus för en eller flera slutkunder.

Antennbäraren i Site A är ansluten till ett jordtag genom en Jordtagsledare.

Antennbäraren i Kundsiter B är ansluten till fastighetens jord eller till ett separat jordtag om sådant finns tillgängligt.

Siternas alla ledande byggnads- och installationsdelar är anslutna till jord. I Teknikutrymmet sker det genom att samtliga ledande enheter förbinds med varandra i en gemensam potentialutjämningskena.

Antennerna utgörs av riktantenner.

Site A är installerad i enlighet med referensmodell 5.2.

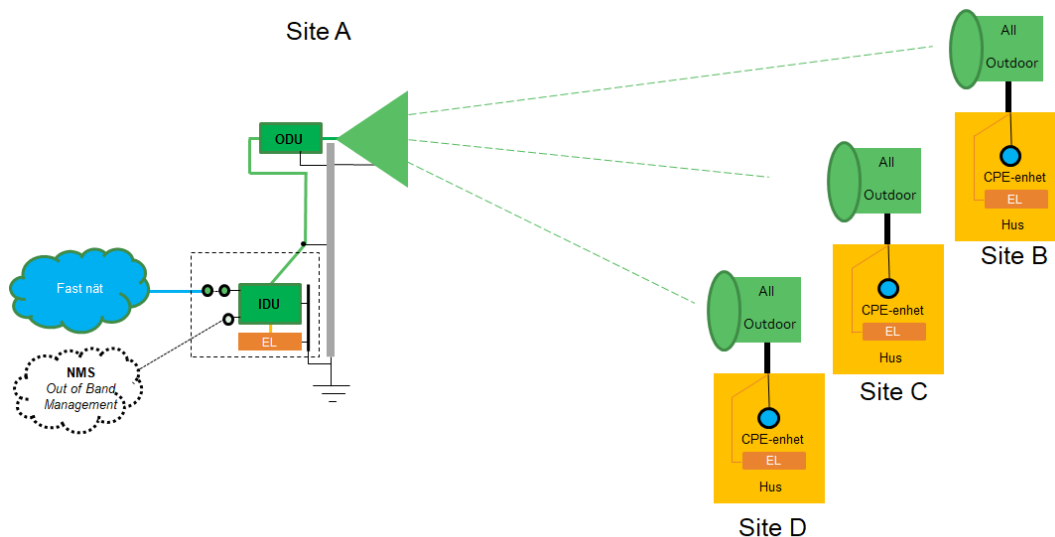
Kundsiter B utgörs av en All Outdoor-enhet monterad på hustaket och ansluten till en kundutrustning (CPE) i huset.

All Outdoor- enheten är jordad i Antennbäraren under förutsättning att:

1. jordtag finns på utrustningen samt att
2. Antennbäraren är ansluten till jord, annars krävs separat jordledare.

För administration, drift och underhåll av Radiosystemen är IDU:n i Site A ansluten till ett NMS system. Kommunikationen sker antingen som *In Band Network Management* (via anslutningsnätet) eller som *Out of Band Management* (via separat nät).

5.7 Referensmodell 5.7 Punkt-till-Multipunkt länk, Länkförbindelse för uppkoppling av ett fåtal accesser



Användningsområde

Ett typiskt användningsområde för denna typ av lösning kan exempelvis vara i flera kundspecifika leveranser, där kraven på tillgänglighet och bandbredd är måttliga utan krav på Redundans i radioförbindelse eller hårdvara. Klientterminalerna delar på tillgänglig kapacitet i Site A, både vad gäller transmission och radiokapacitet. Kundsiterna betjänar ett fåtal enfamiljshus.

Beskrivning

Modellen beskriver radiolänkanslutning av ett fåtal hus via ett Radiosystem som kan utgöras av P-MP eller RadiolAN.

Antennbäraren i Site A är ansluten till ett jordtag genom en Jordtagsledare.

ODU:n och All Outdoor- enheten är jordade i Antennbäraren.

Antennbärarna i Kundsiterna B-D är anslutna till respektive fastighetsjord eller till separata jordtag om sådana finns tillgängliga.

Siternas alla ledande byggnads- och installationsdelar är anslutna till jord. I Teknikutrymme sker det genom att samtliga ledande enheter förbinds med varandra i en gemensam potentialutjämningskena.

Basstationen för P-MP har spridningsantenn och Kundsiterna riktantenner. Klientterminalerna delar Site A:s radiokapacitet.

Site A är installerad i enlighet med referensmodell 5.2.

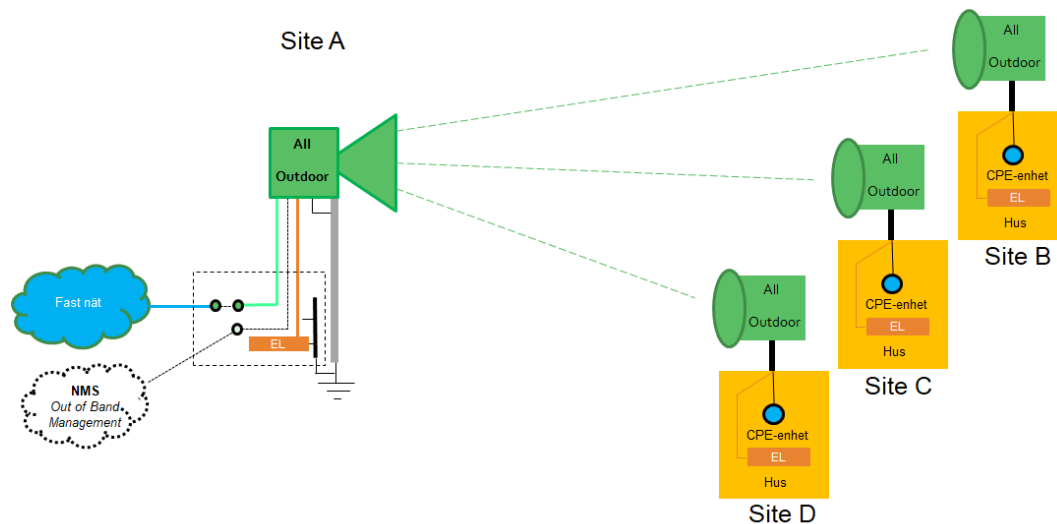
Kundsiterna B-C utgörs av All Outdoor-enheter monterade på hustaken och anslutna till kundutrustningen (CPE) i respektive hus.

All Outdoor- enheterna är jordade i respektive Antennbärare under förutsättning att

1. jordintag finns på utrustningen samt att
2. Antennbäraren är ansluten till jord, annars krävs separat jordledare.

För administration, drift och underhåll av Radiosystemen är IDU:n i Site A ansluten till ett NMS system. Kommunikationen sker antingen som *In Band Network Management* (via anslutningsnätet) eller som *Out of Band Management* (via separat nät).

5.8 Referensmodell 5.8 Punkt-till-Multipunkt länk, Länkförbindelse för uppkoppling av ett fåtal accesser



Användningsområde

Ett typiskt användningsområde för denna typ av lösning kan exempelvis vara i flera kundspecifika leveranser, där kraven på tillgänglighet och bandbredd är måttliga utan krav på Redundans i radioförbindelse eller hårdvara. Klientterminalerna delar på tillgänglig kapacitet i Site A, både vad gäller transmission och radiokapacitet.

Beskrivning

Modellen beskriver radiolänkanslutning av ett fåtal hus via ett Radiosystem som kan utgöras av P-MP eller RadioLAN.

Antennbäraren i Site A är ansluten till ett jordtag genom en Jordtagsledare.

Antennbärarna i Kundensiterna B-D är anslutna till respektive fastighetsjord eller till separata jordtag om sådana finns tillgängliga.

Siternas alla ledande byggnads- och installationsdelar är anslutna till jord. I Teknikutrymme sker det genom att samtliga ledande enheter förbinds med varandra i en gemensam potentialutjämningskena.

All Outdoor- enheterna är jordade i respektive Antennbärare.

Basstationen för P-MP har spridningsantenn och Kundensiterna riktantenner. Klientterminalerna delar Site A:s radiokapacitet.

Site A är installerad i enlighet med referensmodell 5.5.

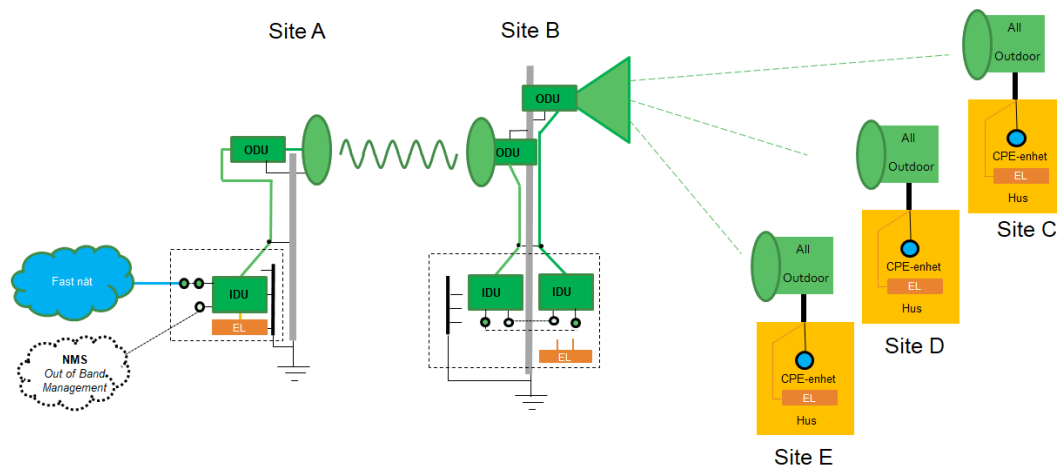
Kundsiterna B-C utgörs av All Outdoor-enheter monterade på hustaken och anslutna till kundutrustningen (CPE) i respektive hus.

All Outdoor- enheterna är jordade i respektive Antennbärare under förutsättning att

1. jordintag finns på utrustningen samt att
2. Antennbäraren är ansluten till jord, annars krävs separat jordledare.

För administration, drift och underhåll av Radiosystemen är IDU:n i Site A ansluten till ett NMS system. Kommunikationen sker antingen som *In Band Network Management* (via anslutningsnätet) eller som *Out of Band Management* (via separat nät).

5.9 Referensmodell 5.9 Punkt-till-Multipunkt länk, Länkförbindelse för uppkoppling av ett fåtal accesser



Användningsområde

Ett typiskt användningsområde för denna typ av lösning kan exempelvis vara i flera kundspecifika leveranser, där kraven på tillgänglighet och bandbredd är måttliga utan krav på Redundans i radioförbindelse eller hårdvara. Klientterminalerna delar på tillgänglig kapacitet i Site A, både vad gäller transmission och radiokapacitet. Prestandan i förbindelsen mellan Site A och B fungerar som en del transmissionen för leveransen till Klientterminalerna.

Beskrivning

Modellen beskriver ett P-P länkhopp från fastnät till en transitnod (Site B) där ett fåtal hus ansluts via ett radiolänksystem som kan utgöras av P-MP eller RadiolAN.

Antennbärarna i Site A och B är anslutna till jordtag genom Jordtagsledare.

ODU:erna och All Outdoor- enheterna är jordade i respektive Antennbärare.

Antennbärarna i Kundsiterna C-E är anslutna till respektive fastighetsjord eller till separata jordtag om sådana finns tillgängliga.

All Outdoor- enheterna är jordade i respektive Antennbärare under förutsättning att:

1. jordintag finns på utrustningen samt att
2. Antennbäraren är ansluten till jord, annars krävs separat jordledare.

Siternas alla ledande byggnads- och installationsdelar är anslutna till jord. I Teknikutrymme sker det genom att samtliga ledande enheter förbinds med varandra i en gemensam potentialutjämningskena.

Radiosystemen för P-P har riktantenner.

Basstationen för P-MP har spridningsantenner och Kundsiterna riktantenner. Klientterminalerna delar Site B:s radiokapacitet.

Site A är installerad i enlighet med referensmodell 5.2.

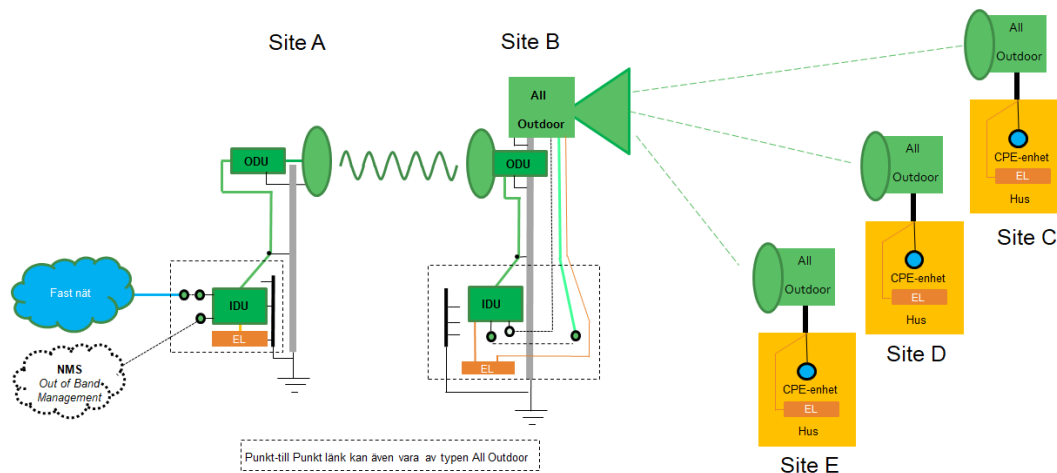
I Site B är installationen utförd i enlighet med referensmodell 5.2 (Site A-Site B) respektive referensmodell 5.7 (Site B- Kundsiterna C-E).

Gränssnitten hos IDU:erna för respektive länkstråk korskopplas i Teknikutrymmets korskopplingsenhet.

För administration, drift och underhåll av Radiosystemen är IDU:n i Site A ansluten till ett NMS-system. Kommunikationen sker antingen som *In Band Network Management* (via anslutningsnätet) eller som *Out of Band Management* (via separat nät).

Gränssnitten för NMS-systemet kopplas ihop i de båda IDU:erna.

5.10 Referensmodell 5.10 Punkt-till-Multipunkt länk, Länkförbindelse för uppkoppling av ett fåtal accesser



Användningsområde

Ett typiskt användningsområde för denna typ av lösning kan exempelvis vara i flera kundspecifika leveranser, där kraven på tillgänglighet och bandbredd är måttliga utan krav på Redundans i radioförbindelse eller hårdvara. Klientterminalerna delar på tillgänglig kapacitet i Site A, både vad gäller transmission och radiokapacitet. Prestandan i förbindelsen mellan Site A och B fungerar som en del av transmissionen för leveransen till Klientterminalerna.

Beskrivning

Modellen beskriver ett P-P länkhopp från fastnät till en transitnod (Site B) där ett fåtal hus ansluts via ett Radiosystem som kan utgöras av P-MP eller RadioLAN.

Antennbärarna i Site A och B är anslutna till jordtag genom Jordtagsledare.

ODU:erna och All Outdoor- enheterna är jordade i respektive Antennbärare.

Antennbärarna i Kundsiterna C-E är anslutna till respektive fastighetsjord eller till separata jordtag om sådana finns tillgängliga.

All Outdoor- enheterna är jordade i respektive Antennbärare under förutsättning att:

1. jordtag finns på utrustningen samt att
2. Antennbäraren är ansluten till jord, annars krävs separat jordledare.

Siternas alla ledande byggnads- och installationsdelar är anslutna till jord. I Teknikutrymme sker det genom att samtliga ledande enheter förbinds med varandra i en gemensam potentialutjämningskena.

Radiosystemen för P-P har riktantenner.

Basstationen för P-MP har spridningsantenner och Kundsiterna riktantenner. Klientterminalerna delar Site B:s radiokapacitet.

Site A är installerad i enlighet med referensmodell 5.2.

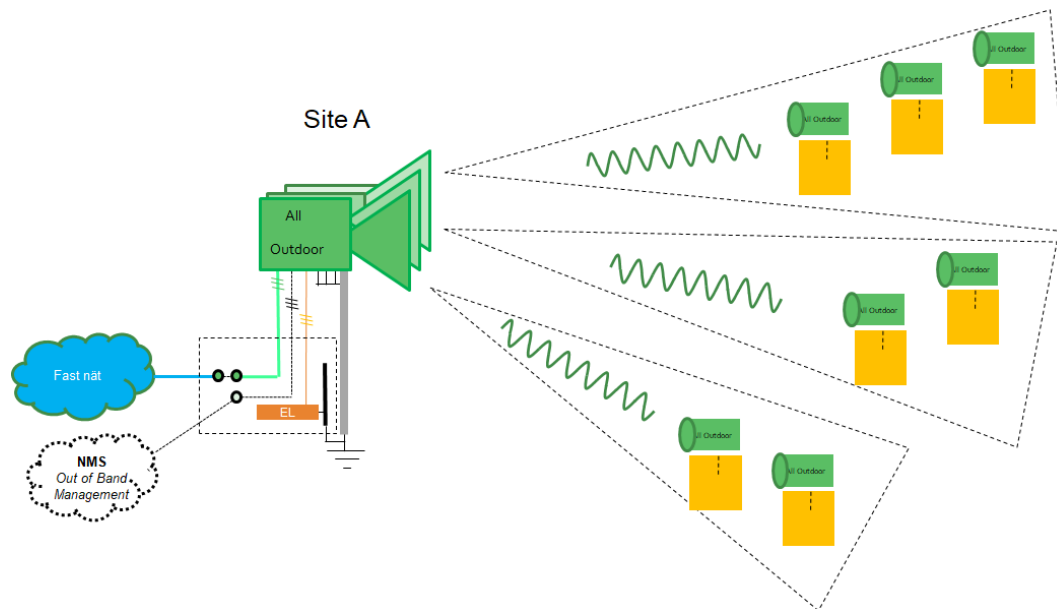
I Site B är installationen utförd i enlighet med referensmodell 5.2 (Site A- Site B) respektive referensmodell 5.7 (Site B-Kundsiterna C-E).

Gränssnittet hos IDU:n korskopplas i till All Outdoor-enheten i Teknikutrymmets korskopplingsenhet.

För administration, drift och underhåll av Radiosystemen är IDU:n i Site A ansluten till ett NMS system. Kommunikationen sker antingen som *In Band Network Management* (via anslutningsnätet) eller som *Out of Band Management* (via separat nät).

Gränssnittet för NMS-systemet i IDU-enheten i Site B ansluts via separat kabel till All- Outdoor-enheten.

5.11 Referensmodell 5.11 Punkt-till-Multipunkt länk, Länkförbindelse för uppkoppling av många accesser



Användningsområde

Ett typiskt användningsområde för denna typ av lösning kan exempelvis vara i flera kundspecifika leveranser, där kraven på tillgänglighet och bandbredd är måttliga utan krav på Redundans i radioförbindelse eller hårdvara. Site A sänder ut sin signal i flera sektorer, där varje Kundsite inom samma sektor delar på tillgänglig radiokapacitet, och alla sektorer delar på tillgänglig transmissionskapacitet.

Beskrivning

Modellen beskriver radiolänkanslutning av många hus via separata Radiosystem för varje huskluster. Radiosystemen som kan utgöras av P-MP eller RadioLAN.

Antennbäraren i Site A är ansluten till ett jordtag genom Jordtagsledare.

Siternas alla ledande byggnads- och installationsdelar är anslutna till jord. I Teknikutrymme sker det genom att samtliga ledande enheter förbinds med varandra i en gemensam potentialutjämningskena.

All Outdoor- enheterna är jordade i respektive Antennbärare.

Signalerna till de olika klusterna separeras genom sektorantennor med olika riktningar eller genom kodning av signalen.

Respektive Radiosystem i Site A är installerad i enlighet med referensmodell 5.5.

För administration, drift och underhåll av Radiosystemen är IDU:n i Site A ansluten till ett NMS system. Kommunikationen sker antingen som *In Band Network Management* (via anslutningsnätet) eller som *Out of Band Management* (via separat nät).

6. GENERELLA KRAV

6.1 Personalens kvalifikationer

Personal med goda kunskaper om hantering av lokala förutsättningar är en viktig förutsättning vid planering och projektering av bredbandsutbyggnad med radiolösningar. Uppdragsgivaren (t.ex. nätägare, upphandlare, beställare) ska säkerställa att egen personal, ombud eller inhyrd personal, samt utvalda leverantörer, har tillräckliga kvalifikationer och kunskap om Radiosystem eller olika teknologiers funktion, samt kompetens att genomföra behovsanalysen och att kravställa entreprenader.

6.2 Leverantörens kvalifikationer

Leverantör av personal, kompetens eller hårdvara inom området Radiosystem ska förutom den tekniska kompetens som krävs enligt ovan, även ha förmåga, förståelse och kunskap att ställa rimliga krav på de parametrar som beskrivs i denna vägledning. Uppdragsgivaren bör vid val av leverantören väga in flera aspekter, exempelvis förmåga att möta krav på geografisk leveransförmåga, närhet till anläggning för relevanta inställelsetider, support- och driftförmåga. Krav bör ställas på leverantörens förmåga till utbyte/reparationer enligt nätägarens beställning, eller upphandling, och i förhållande till på Radiosystemet ställda tillgänglighetskrav.

Man bör även överväga krav på långsiktighet, miljö och nyttjande av naturresurser vid val av material och metoder.

7. ANLÄGGNINGSKRAV

7.1 Site

Minimikraven för en Site omfattar följande funktioner:

- Antennbärare
- Elsystem
- Jordning och potentialutjämning
- Åskskydd
- Teknikutrymme
- Elsystem

Generella minimikrav Site

- Vid anläggande av ny Site eller Nod ska en risk- och sårbarhetsanalys (se kapitel 10, *RISK OCH SÅRBARHETSANALYS*) utföras i enlighet med Post-och telestyrelsens gällande föreskrift avseende driftsäkerhet, PTSFS 2015:2.
- Erforderliga anläggningstillstånd och avtal ska upprättas. Före installation i byggnad ska samrådas med fastighetsägare om lämpligt montagesätt och kabelväg/förläggningssätt.

7.2 Kundsiter

Kundsiten, se bild 7, betjänar ofta bara en eller ett fåtal byggnader och är i många lägen avsedd att ersätta fiber till byggnaden när detta inte kan förläggas. Detta innebär att tekniska krav och kostnadsdrivande faktorer behöver justeras för denna typ av anläggning.

Utrustningen för en Kundsiter monteras också ofta på den byggnad som Kundsiten betjänar och därför avviker kraven på Kundsiten från vad som gäller en Site.



Bild 7. Kundsiter

De minimikrav som gäller för en Kundsites listas nedan och ersätter därmed helt kraven som ställs på Site i enlighet med kapitel 7.3-7.11.

Minimikrav Kundsites

- Före installation i byggnad ska samråd tas med fastighetsägaren om lämpligt förläggningssätt och kabelvägar.
- Erforderliga anläggningstillstånd och avtal ska upprättas.
- Radioutrustning för utomhusmontage ska vara omslutet av yttre kapsling som uppfyller minst kapslingsklass IP 66. Tillräcklig kapslingsklass kan uppnås genom radioutrustningens egen klassning, eller genom extern kapsling/skåp.
- Infästningar i byggnad av utomhusenhet/antenn/antennrör ska antingen vara av genomgående typ eller direkt i bärande konstruktion med för material och belastning anpassade fästdetaljer. Särskild försiktighet måste iakttas vid tegelfasad.
- Tillverkarens anvisning för montage av kontakter mot kabel ska följas.
- Vid kabeldragning på fasad ska kabelskydd (plåt) utomhus anläggas upp till takutsprång/gavel om kabeln inte kan förläggas skyddad på annat sätt och all håltagning tätas.
- Elinstallation ska vara hanterad enligt tillämpliga lagar och regler.
- Den enligt projekteringen beräknade mottagarnivån ska verifieras vid normal vågutbredning. Verifiering kan exempelvis göras via radiosystemets eventuellt inbyggda nivåmätare, eller via extern mätning.
- Bitfelsmätning under minst en 15 minuters period med användande av Radiosystemets inbyggda funktioner, alternativt mätning på förbindelsen. Under denna tid får det inte finnas några bitfel eller felhändelser.
- Dokumentation i form av till exempel beräkningar, dimensioneringar, ritningsunderlag före, under och efter en nybyggnation ska vara upprättade.
- Leverantören genomför och dokumenterar egenkontroll av installation.
- Dokumentation för eventuella tillstånd, avtal och kontaktlista ska vara upprättade.
- Om reservkraftsystem används ska det vara dimensionerat för drifttid enligt krav från anslutna kunder.
- Om byggnaden har befintlig åskskyddsanläggning och radioutrustning eller antennbärare placeras så att funktionen i detta påverkas, ska ELSÄK-FS 1999:5 och SS 436 40 00 följas.
- Provning och tester sker enligt minimikrav för Internetaccess enligt *kapitel 8.2 PROVNING OCH DRIFTSÄTTNING AV RADIOSYSTEM*.

Rekommendationer

- I undantagsfall kan små och lätta enheter monteras direkt i träpanel men detta bör i möjligaste mån undvikas.
- Om antennrör går ovan byggnadens högsta punkt bör åskskydd övervägas.
- ODU och antenner bör fotodokumenteras efter installation.
- Protokoll från driftsättning av Radiosystemet bör vara upprättat.
- Radioutrustningen och/eller förbindelsen bör kunna fjärr- övervakas och administreras.

7.3 Antennbärare och antennplacering

7.3.1 Antennbärare

- Antennbärare utgörs av:
- 3-sidiga fackverkstorn
- 4-sidiga fackverkstorn
- 3-sidiga fackverksmaster med staglinor
- Stolpe
- Olika slags konstruktioner för montage på byggnad



Masttyp: 3-sidigt fackverkstorn
Ostagat



Masttyp: 4-sidigt fackverkstorn
Ostagat



Masttyp: 3-sidigt fackverkstorn
Ostagat



Masttyp: 3-sidigt fackverksmast
Stagad



Masttyp: stolpe



Masttyp: byggnad tak



Masttyp: byggnad vägg

Bild 8. Exempel på masttyper

Beroende på tillämpning monteras olika typer av tillbehör i Antennbäraren:

- Invändig stege inklusive fallskydd.
- Klätterhinder.
- Israsskydd.
- Infästningsdetaljer för tex antenner, kablage och apparatskåp.
- Hinderljus enligt TSFS 2010:155.

Minimikrav Antennbärare

- Arbetet med Antennbärare ska följa Arbetsmiljöverkets föreskrifter:
 - Byggnads- och anläggningsarbete (AFS 1999:3).
 - Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 2000:6, Mast och stolparbeten.
 - Boverkets gällande bestämmelser BBR, BKR samt BSK.
- Montagebeskrivning till mast alt. torn och fundament ska finnas.
- Master, torn och fundamentslösningar skall vara dimensionerade och konstruerade enligt Eurokoderna och tillverkade enligt EN 1090–2 utförandeklass EXC2.
- I de fall det är aktuellt med prefabricerade fundament till master och torn ska fundament vara utrustade med ingjutna DEHA kulankare (6000-5,0-120), detta för att säkerställa "Säkra lyft".
- Master och torn ska vara prestandadeklarerade och CE märkta enligt EN 1090–1.
- Master och torn ska vara ytbehandlade i varmförzinkningsklass Fe/Zn 115 enligt EN ISO 1461. För stål i mark ska Fe/Zn 215 uppfyllas.
- Aluminiumkonstruktioner ska vara ytbehandlade genom anodisering 20 µm i enlighet med EN-AW 6082 T6 alt EN-AW 6005 T6.
- Röjningsområde för staglinor ska ha 5 m radie från staglinor.
- För skruvförband i Antennbärare gäller varmförzinkning enligt ovan alt rostfri syrafast A4.
- För låsning av skruvförband ska momentdragning, körslagning eller dubbelmutter användas.
- En beräkningsanalys som redovisar utnyttjandegraden av antennbäraren ska finnas.

- Max pekfel ska beräknas och dokumenteras.
- Antennbäraren ska vara ansluten till jordtag genom en Jordtagsledare.
- Antennbärare placerad på fastighet ska vara ansluten till respektive fastighetsjord eller till separata jordtag om sådana finns tillgängliga.

Kommentar: För ytterligare information om konstruktionsstandarder se Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)

Rekommendation

- Vid större antenner och antennfästen (rek. >0,6 m antenn och/eller >3 m antennrör) i byggnad bör konstruktionen hållfasthetsberäknas.

7.3.2 Antennplacering

De tekniska förutsättningarna för antennplaceringen utgörs av den belastning som aktuell Antennbärare klarar. Belastning på Antennbärare är beroende av:

- På vilken höjd som antennen placeras.
- Den inplacerade utrustningens effektiva vindyta.
- Den aktuella utrustningens krav på maximal vinkelförändring.
- Vind- och isbelägningsförhållanden på den aktuella platsen.

Minimikrav antennplacering

- Vid ny inplacering ska det göras en bedömning av belastningen och i tveksamma fall ska en hållfasthetsberäkning utföras för att säkerställa placeringen.
- För låsning av skruvförband ska momentdragning, körnslagning, dubbelmutter alternativt varmförzinkad låsbricka användas.
- Vid inplacering hos annan ägare av Antennbäraren ska dennes föreskrifter följas.

Rekommendation

Tagglåsbricka eller låsmutter bör undvikas vid antennmontage.

7.4 Elförsörjning

Beskrivning

Elförsörjningens avseende Siten är beroende av tillämpningen. Beroende på Sitsens funktion och klassning kan redundanta anslutningar mot elnätet krävas.

Minimikrav på Elsystem

- Einstallationen ska vara hanterad enligt tillämpliga lagar och regler.
- Elcentraler ska anpassas för 230/400V som ett TN-S system.
- Elcentraler ska vara grupperade och avsakrade på respektive grupp.
- Serviceuttag ska förses med personskyddsautomat.

Minimikrav på reservkraftsystem

- Reservkraftsystem ska vara dimensionerat för drifttid i enlighet med Post-och telestyrelsens gällande föreskrift avseende driftsäkerhet eller från anslutna kunder.
- Reservkraftsystem ska strömförsörja hinderljus utan tidsstyrd fränkoppling.

Rekommendation

- Vid anslutning av reservverk bör inkommande matning till siten vara ett TN-C system. Efter reservverket görs det interna Elsystemet i Siten sedan om till ett TN-C system.

7.5 Jordning och potentialutjämning

Beskrivning

Jordning används som skydds- och funktionsändamål.

Genom potentialutjämning förbinds samtliga ledande enheter med varandra i en gemensam punkt och får därmed samma potential. Detta minimerar problematik avseende jordströmmar, galvanisk isolation, statisk elektricitet och förbättrar åskskydd inom Siten.

Minimikrav jordning och potentialutjämning

- Siten ska ha ett jordsystem.
- Seriejordning får inte förekomma.
- Samtliga ledande byggnads- och installationsdelar ska sammankopplas till anläggningens potentialutjämningssystem.
- Centralt i systemet ska finnas en huvudjordskena PUS ansluten till jord.
- En jordskena/potentialutjämningskena ska vara monterad i Teknikutrymmet och vara ansluten till Siten jordsystem via Jordtagsledare.
- Alla inkommande ledningar till Teknikutrymmet ska avjordas.
- Vid anslutning av reservverk, oavsett om detta är permanent eller via intag, ska siten vara försedd med eget jordtag, max 50 ohm jordtagsresistans. Reservverkets jordanslutning ska vara kopplad till sitens huvudjordningsskena.

7.6 Åskskydd

Beskrivning

Störningar orsakade av åska är vanligt förekommande. Därför är det viktigt att skydda Siten och utrustning placerad i den mot Störningar orsakade av åska.

Undvik att använda kanalisationsrör som innehåller metall anslutna in i Teknikutrymmet eftersom de leder ström.

Minimikrav för åskskydd

- Siten ska vara ordentligt jordad.
- Teknikutrymmet ska vara utrustad med överspänningsskydd och jordfelsbrytare.

7.7 Säkerhet

De säkerhetsåtgärder man vidtar blir i praktiken en avvägning mellan aktuell hotbild, Siten betydelse och kostnad för att vidta säkerhetsåtgärderna.

Säkerhetsfrågorna har också betydelse vid försäkring av anläggningen.

Inbrottsskydd

Med mekaniskt inbrottsskydd avses fysiska/mekaniska åtgärder som vidtas för att förhindra inbrott i Siten.

Minimikrav för inbrottskydd

- Endast av Siteägaren auktoriserad personal ska ha tillträde till Siten.
- Dörrar till Teknikutrymme med direkt åtkomst utifrån ska vara av stål.
- Dörrar till Teknikutrymme i befintlig byggnad ska säkras med till exempel regel, karmstift eller likvärdigt skydd.
- Nycklar till Siten ska inte förvaras i Teknikutrymmet.

Sabotageskydd

Med sabotageskydd avses de åtgärder som vidtas för att försvåra eller förhindra sabotage på anläggningen. Där risk föreligger för att el-tele-och optiska fiberkablar kan utsättas för sabotage eller annan åverkan ska kablarna förses med skyddsanordning som försvårar eller förhindrar detta.

Minimikrav för sabotageskydd

- Åtkomliga kablar ska skyddas mot sabotage.
- För Teknikutrymme som saknar gjuten grund ska skyddet mellan mark och undersida golv vara utformat så att det täcker minst tre sidor runt om inkommande kablar. Skyddet ska vara nergrävt minst 25 cm djupt och vara förankrat i golvet. Det kan vara utfört med ett kraftigt skyddsrör, en stålplåt (minst 1,5 mm) som täcker kanalisationsrören eller annat likvärdigt skydd.
- Om möjligt ska drag- och lyftöglor ska vara borttagna från teknikbod eller klimatskåp.
- Bod eller container ska vara väl förankrad i mark till exempel genom väl nergrävda plintar eller betongbalkar/betongplattor.

Inbrottslarm

Syftet med ett inbrottslarm är att öka säkerheten på övervakade byggnader.

Minimikrav om inbrottslarm finns

- Larm ska överföras till driftcentral och/eller bevakningsföretag.

Rekommendation

- Vid utlöst inbrottslarm i större anläggningar bör en summersignal ljuda som förvarning innan larmsiren tillkopplas (ca 30 sekunder).

Driftlarm

Med driftlarm menas funktion för att kunna ta emot larm från utrustning i Siten.

Exempel på funktioner som kan övervakas via driftlarm:

- Inkommande kraftmatning (spänningsbortfall).
- Reservkraftsystem (nätavbrott, batteristatus, låg bränslenivå vid dieselaggregat).
- Tillträdeslarm.
- Vatten Teknikutrymme (fukt och översvämning).
- Klimatsystem Teknikutrymme (temperatur, luftfuktighet).
- Hinderljus funktion (låg strömförbrukning)

Minimikrav för driftlarm

- Funktion för mottagning av driftlarm ska finnas.
- Övervakning av hinderljus vid krav på detta enligt TSFS 2010:155.

Rekommendation

- Övervakning av hinderljus funktion oaktat krav enligt TSFS 2010:155

Passagekontroll

Passagesystem är ett bra sätt för Siten ägare att se vilken individ som varit i Siten. För personsäkerheten är det även bra att veta att en person är eller har varit på platsen. Det ger även möjlighet att kunna följa upp fel eller bristfälliga installationer.

Exempel på passagesystem är:

- Utkvitterad nyckel.
- System med kort eller tag.
- System med uppringd kod.

Biologiska skador

Med biologiska skador avses skador som kan uppkomma på grund av skadedjur (till exempel gnagare, myror eller insekter).

Ett bra skydd mot insektsangrepp är att montera filteranordningar vid Teknikutrymmets ventilationsöppningar.

Minimikrav för skydd mot biologiska skador

- Där kablar eller kanalisationsrör är exponerade för skadedjur, som exempelvis gnagarangrepp, ska de skyddas med gnagarskydd t. ex genom extra metallförstärkning eller kontaminerade rör och kablar.
- Kanalisationsrör ska vara tätade så att skadedjur inte kan ta sig fram i dessa.

Brandskydd

I Boverkets Byggregler (BBR) hanteras regler angående brandskydd. Nivån på Siten brandskydd avgörs av den riskanalys som genomförs i samband med anläggandet av Siten. Rådgör även med försäkringsbolaget vilket brandskydd som ska gälla och om krav föreligger på brandlarm.

Minimikrav på brandskydd

- Teknikutrymmets omslutningsyta (till exempel väggar, golv, tak, dörr- och fönster) ska minst uppfylla brandklass EI 30 på båda sidor.
- Cellplast ska inte användas som isolering i ett Teknikutrymme.

Rekommendation

- För att undvika att Teknikutrymmet slås ut genom att till exempel korrosiva gaser eller vattenånga tränger in i Teknikutrymmet på grund av brand i omgivningen bör Teknikutrymmet byggas tät med undantag av ventilationssystemet.

Brandsläckningsutrustning

Minimikrav på släckningsutrustning

- Personal som arbetar i Teknikutrymmet ska ha tillgång till handbrandsläckare av typ kolsyresläckare på minst 5 kg i lokalen.
- När lokal eller byggnad för reservverk finns ska utrymmet vara försett med pulversläckare.

7.8 Teknikutrymmet

7.8.1 Allmänt

Beskrivning

Ett Teknikutrymme kan utgöras av:

- Teknikskåp, alternativt upphängd direkt på antennbäraren.
- Teknikbod intill Antennbärare.
- Inomhus i byggnad.

Teknikskåp

Teknikskåpets utseende och funktion anpassas efter behov. De finns i olika storlekar från en stativplats upp till det antal som önskas. Skåpen med aktiv utrustning förses med kylfläkt och värmeelement samt med anpassat stativ för aktiv utrustning och kopplingspaneler. Skåpen förses också med utrustning för skarvning av optokabel, elförsörjning och eventuell UPS.

För minimikrav för Teknikskåp se kapitel 7.8.2 *Utformning av Teknikutrymme*.



Bild 9. Teknikskåp

Teknikbod

Teknikbodens utseende och funktion anpassas efter behov. De finns i olika storlekar från en stativplats upp till det antal som önskas. Teknikboden lämpar sig väl för alla typer av radioanläggningar och kan dimensioneras så att andra parter kan erbjudas inplacering. Den vanligaste monteringen är att de placeras på gjuten bottenplatta eller stå på plintar men det finns också vissa typer av mindre teknikbodar med möjlighet till upphängning i mast. Denna lösning kan vara aktuell i de fall man har problem med bygglov eller markägare avseende tillstånd/arrendeersättning för en teknikbod på fundament.

För minimikrav för Teknikbod se kapitel 7.8.2 *Utformning av Teknikutrymme*.



Bild 10. Teknikbod

Inomhus i byggnad

Vid nyttjande av en befintlig byggnad kan ett Teknikutrymme placeras i till exempel källarutrymme.

Teckna ett tydligt avtal med fastighetsägaren om inplaceringen och elförsörjning. Att tvingas flytta ett Teknikutrymme kräver mycket arbete och är därför en stor kostnad. Var därför noga med avtalets villkor och längd.

Minimikrav vid nyttjande av befintlig byggnad

- Säkerställ att tillträde till utrymmet är garanterat dygnet runt. Gärna med egen dörr från utsidan.

Inomhus hos annan nätägare

Vid inplacering hos annan nätägare kan utrymme hyras i Site för inplacering av egen utrustning.

Minimikrav vid inplacering

- Säkerställ tillträde dygnet runt samt se till att berörd personal har tillstånd att vara i utrymmet.
- Teckna avtal med fastighetsägaren om leverans av el, med den effekt som krävs, samt att rätt klimat hålls.

7.8.2 Utformning Teknikutrymme

Minimikrav på Teknikutrymme

- Teknikutrymme ska vara utformat och placerat på ett sådant sätt att arbete med konfiguration, felavhjälpning m.m. avseende IDU och strömförsörjning kan ske på ett säkert sätt.
- Teknikutrymmet ska vara konstruerad för nordiskt klimat (till exempel tåla snölaster, kyla och värme).
- Teknikskåp ska ha minst IP-klass 54
- Om Teknikutrymme placeras på tak ska fallrisker förebyggas med till exempel skyddsräcke om fallhöjden överstiger 2 meter. Se även Arbetsmiljöverkets föreskrifter avseende byggnads- och anläggningsarbete.
- Där UPS med batterier finns ska Teknikutrymmet ha utvändigt åtkomligt intag för inkoppling av reservkraftaggregat (reservverk).
- Installerad utrustning ska uppfylla tillämplig standard för CE-märkning enligt EU-EMC direktiv.
- Temperatur och luftfuktighet ska hållas inom de gränsvärden som gäller för utrustningen som är placerad i Teknikutrymmet.
- Om en kylanläggning är installerad ska denna placeras så att vätskeläckage eller kondens inte kan nå den installerade utrustningen och så att dränage från kylanläggningen leds ut från utrymmet.
- Filter ska monteras i samtliga ventiler och tilluftvägar. Rekommenderat är filter som är minst EU3 klassat.
- Teknikutrymme i byggnad ska förses med förhöjda trösklar där det finns risk för översvämning.

Rekommendationer

- Vid stativen monteras eluttag lätt åtkomliga och jämnt fördelade på tre faser.
- Vid större Teknikutrymme ska anläggningen förses med jordfelsövervakning.
- Välj ett klimatsystem som kan fjärrstyras och övervakas.
- Dimensionera reservkraftsystem även för klimatsystemet eller tillse på annat sätt att klimatet kan hållas på rätt nivå under en begränsad period.
- Planera för möjlighet till nödkylanläggning eller beakta behov av redundant klimatsystem.

7.9 Radioutrustning

Utomhusenhet ODU (Outdoor Unit)

Utomhusenheten konverterar mottagna data från Inomhusenheten till RF-signaler samt konverterar mottagna RF-signaler till data som skickas till Inomhusenheten.

Utomhusenheten är ofta konstruerad för full duplex med skilda frekvenser för sändning och mottagning. För frekvensband över 6 GHz ansluts ofta Utomhusenheten direkt till antennen via en vågledaranslutning alternativt via en flexibel vågledarkabel medan det vid frekvensband under 6 GHz ofta används en koaxialkabel mellan Utomhusenheten och Antennen.

Utomhusenheten kan erhålla spänningsmatning, signaler för sändning och mottagning samt för konfiguration och övervakning/styrning från Inomhusenheten.

Inomhusenhet IDU (Indoor Unit)

Inomhusenheten hanterar gränssnitt för Fast Ethernet och/eller Gigabit Ethernet/ **10GBE** med inbyggd Ethernet switch och modem (modulerar/demodulerar).

All Outdoor Unit

Enhet med integrerad Utomhusenhet och Inomhusenhet

All Indoor Unit

Enhet med all aktiv utrustning i Inomhusenheten.

Antenn

Del av sändar-eller mottagningssystem som är konstruerat för sändning och/eller mottagning av elektromagnetiska vågor.

Minimikrav radioenheter och Antenner

- Radioutrustning för utomhusmontage ska vara omslutet av yttre kapsling som uppfyller minst kapslingsklass IP 66 eller bättre och stöttålighetsklass IK7 samt korrosivitetsklass minst C3. All kapsling ska vara UV-tålig i enlighet med IEC 60068-2-5 test condition B.
- Radioutrustning för utomhusmontage ska ha en klimattålighet i enlighet med ETS 300 019-1-4 klass 4.1 (-33 grader) alternativt ETS 300 19 klass 4.1E (-45 grader).
- Radioenheter ska vara jordade i Antennbäraren.

Antennkabel

Antennkablar kan utgöras av Koaxialkablar eller vågledare.

Minimikrav antennkablar

- Tillverkarens anvisningar för förläggning av kabel ska följas.
- Tillverkarens anvisning för montage av kontakter mot kabel ska följas.
- Vid risk för skador och sabotage ska kablagen skyddas med tillämpligt kabelskydd.
- Vid inplaceringar ska alltid anläggningsägarens anvisningar följas.
- Antennkablar ska vara halogenfria och UV-tåliga enligt specifikation IEC 60754-1, ≤ 5 mg/g

Kablage

Matningskablage kan utgöras av koaxialkablar, kopparkablar, Optiska Fiberkablar eller Hybridkablar för el-tele.

Minimikrav Kablage

- Tillverkarens anvisningar för förläggning av kabel ska följas.
- Utomhuskabel och klammer/buntband ska vara UV-tålig/köldtålig.
- Kabel mellan IDU och ODU får inte skarvas, annat än i fall s.k. jumperkabel krävs.
- Kabel ska inte strappas på klätterstege utan endast på särskilda kabelstegar/bärjárn eller direkt på Antennbäraren.

- Vid risk för skador och sabotage ska kablaget skyddas med tillämpligt kabelskydd.
- Vid inplaceringar ska alltid anläggningsägarens anvisningar följas.
- Kablar som ansluter mot ODU förläggs med slack och droppnäsa så vatten ej kan rinna efter kabeln in mot ODU: n.

Not: Hybridkablar har särskilda krav som följer av dess konstruktion, till exempel DC-kablarnas överslagstålighet. De måste dessutom tåla sin egenvikt för att hissas upp till den bestämda höjden. Dessa är så speciella att det kan vara svårt att sätta minimikrav på allmänna egenskaper.

Rekommendationer

- Klamringsavstånd är beroende på kabeltyp men för diameter <12 mm bör det inte överstiga 1,2 m. Helst mindre.
- Vertikalt i en antennbärare bör fiberkabel inte klamras med buntband p.g.a. risken att knäcka densamma, dessa bör fästas i typ Pohlklammer/FIMO-klammer. Ethernetkabel samt klenkoax kan strappas fast, men buntbanden måste vara tillräckligt kraftiga, >7 mm. Grövre coax (5/8" och mer) strappas aldrig, dessa bör klamras.
- Vid användningen av PoE (Power over Ethernet) bör tillämplig standard inom IEEE 802.3 serien användas.

7.10 Nätadministration och övervakning

Systemet för Nätadministration och övervakning stödjer fjärrhantering av funktioner för larmövervakning, prestandamätning, feldiagnostik, uppdateringar och felkorrigering.

Ett exempel på standard för detta är rekommendation ITU-T Y-1731. Operation, administration and maintenance (OAM) functions and mechanism for Ethernet-based networks.

Kommunikationen mellan driftcentral och radioutrustning sker antingen som In Band Network Management (via anslutningsnätet) eller som Out of Band Management (via separat nät).

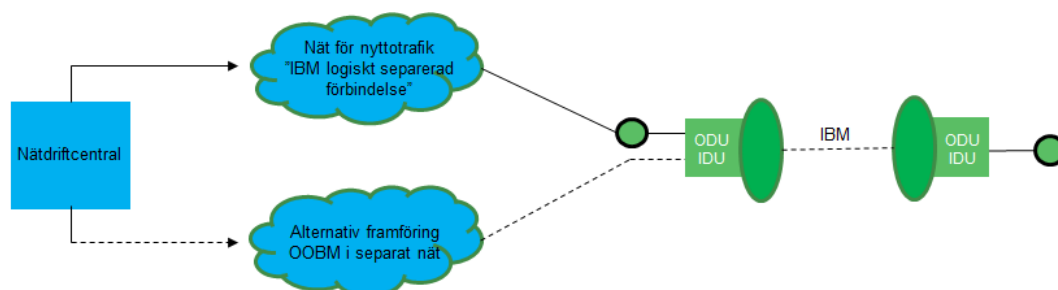


Bild 11., Nätadministration

In Band Management

Med In Band Management (IBM) överförs styr- och övervakningstrafiken i samma nät som nyttotrafiken i en logiskt separerad förbindelse. Detta innebär att tillgängligheten generellt inte kan vara högre för övervakningstrafiken än det nät som övervakas, dvs när det sker avbrott på nyttotrafiken går det inte längre att kommunicera med utrustning/enheter som är på andra sidan den plats där felet uppstått mellan övervakningsfunktion/central och den utrustning som övervakas.

Out of Band

Med Out of Band management (OOBM) överförs styr- och övervakningstrafik i en förbindelse som inte är gemensam (egna switchar, routrar, fysiska förbindelser etc.) med det nätverk som bär nyttotrafiken. Exempel på teknisk lösning kan vara att använda ett trådlöst modem (3G, 4G, någon smalbandig radio etc.). Det är nödvändigt att ställa höga tillgänglighetskrav på övervakningsförbindelsen då övervakningstrafiken generellt alltid bör ha minst lika god tillgänglighet som det nät/den förbindelse som övervakas.

Out of Band management kan etableras som ett komplement till In band management och därmed ge två framföringsvägar för övervakningstrafiken.

Införande av Out of Band Management kan vara nödvändigt i det fall det finns höga tillgänglighetskrav med behov av korta felavhjälpningstider.

Minimikrav Nätadministration

- Radioutrustningen ska kunna fjärr- övervakas och administreras.

7.11 Fastnätanslutning

Med fastnätanslutning avses framkoppling/anläggning av kanalisation och optokablar fram till termineringsutrustningen i Sitens Teknikutrymme.

Minimikrav fastnätanslutning

- Arbetet med anläggningen ska utföras i enlighet med anvisningarna för Robust Fiber.

8. TRANSMISSION, PROVNING SAMT DRIFTSÄTTNING AV RADIOSYSTEM

8.1 Radiotransmission

Radiovågors utbredning påverkas av atmosfären på olika sätt. Förutom elementär transmissionsförlust, (frirymdsförlust), vilken beror på använd frekvens och avstånd mellan sändare och mottagare, är det även skillnad mellan olika frekvensband vad det gäller påverkan från olika vågutbredningsfenomen.

Normalt bör det även vara fri sikt (Line of sight, LOS) mellan en radiolänks sändare och mottagare för att undvika tillkommande hinderdämpning.

På grund av att atmosfärens sammansättning varierar över tid, varierar även den mottagna signalen över tid. Ett Radiosystems planerade prestanda bedöms beroende av sannolikheten för att den mottagna radiosignalnivån är lägre än radiomottagarens tröskelnivå. Normalt kan radiomottagarens signalnivå vid en bitfelshalt om ett fel på en miljon ($BER = 10^{-6}$) användas som (något konservativt) tröskelnivå.

För lägre frekvenser (<15 GHz) är flervägsutbredning i atmosfär ofta den dominerande orsaken till variation hos den mottagna signalen. Normalt sker dessa variationer under korta tidsperioder varför huvuddelen av Radiosystemets predikterade otillgänglighet med avseende på vågutbredning, dvs tid under tröskelnivå $BER 10^{-6}$, ger upphov till tillfälliga/kortvariga/skuraktiga fel snarare än långa avbrott som bidrar till Radiosystemets otillgänglighet.

För högre frekvenser (> 15 GHz) är nederbördsdämpning eller absorption i atmosfärens gasmolekyler ofta den dominerande orsaken till dämpning av den mottagna signalen. I och med att även ett kraftigt regn typiskt varar under en tidsperiod som är längre än 10 sekunder per tillfälle går huvuddelen av Radiosystemets predikterade otillgänglighet med avseende på vågutbredning till Radiosystemets otillgänglighet.

Bilden nedan visar sambandet mellan möjlig kapacitetsöverföring, frekvens och täckning. Ju högre frekvens desto högre kapacitet kan överföras eftersom det normalt sett finns mer tillgängligt frekvensutrymme/kanalbandbredd i de högre frekvensbanden jämfört med de lägre frekvensbanden. Räckvidden för de högre frekvensbanden är dock begränsad jämfört med de lägre frekvensbanden. Det är därför av stor vikt att ta hänsyn till ändamålet och dessa parametrar vid etablering av en radioanläggning.

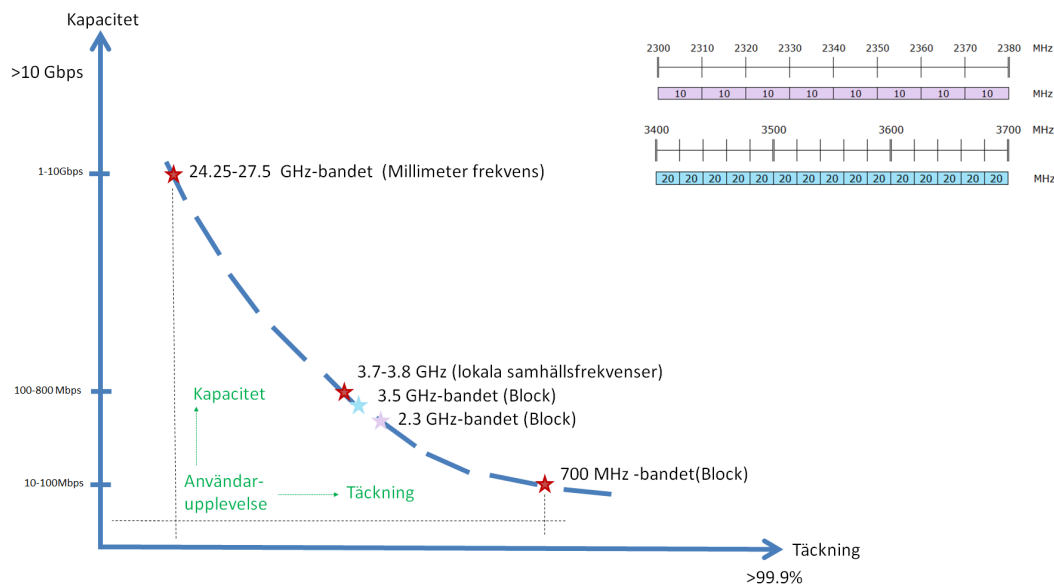


Bild 12. Frekvens, kapacitet och täckning

Radiokapacitet och sträcklängd

Exempel på spektrumeffektivitet vid olika modulationsgrad ges i ECC Report 173, figur 7. Utgående från dessa värden ges i bilden nedan resulterande kapacitet för en Radiokanal vid olika kanalbandbredder, modulationsgrader och multiplexeringsteknik.

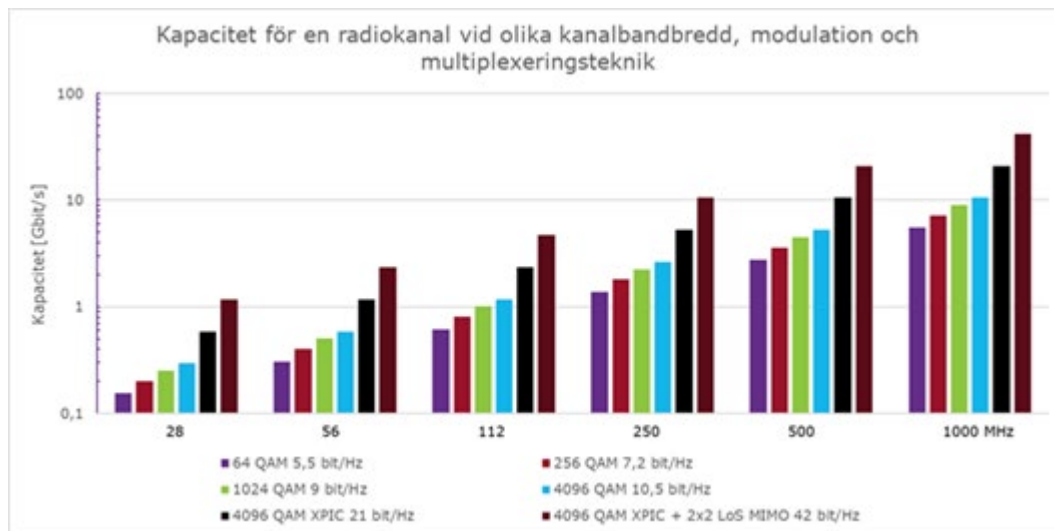


Bild 13. Kapacitet för en Radiokanal

I nedanstående bild visas exempel på sträcklängd där kravet är att radioförbindelsen med avseende på radiovågutbredning ska ha en tillgänglighet som är högre än 99,99% av tiden. Sträcklängder i figuren nedan är givna för en regnintensitet under 0,01% av tiden, $A_{0.01} = 22$ mm/h, och är beräknade enligt rekommendation ITU-R Rec. P 530 som funktion av Radiosystemets systemvärde (system gain). Med systemvärde avses summan av sändarens uteffekt och antennvinst hos sändarantenn och mottagarantenn minus mottagarens tröskelnivå.

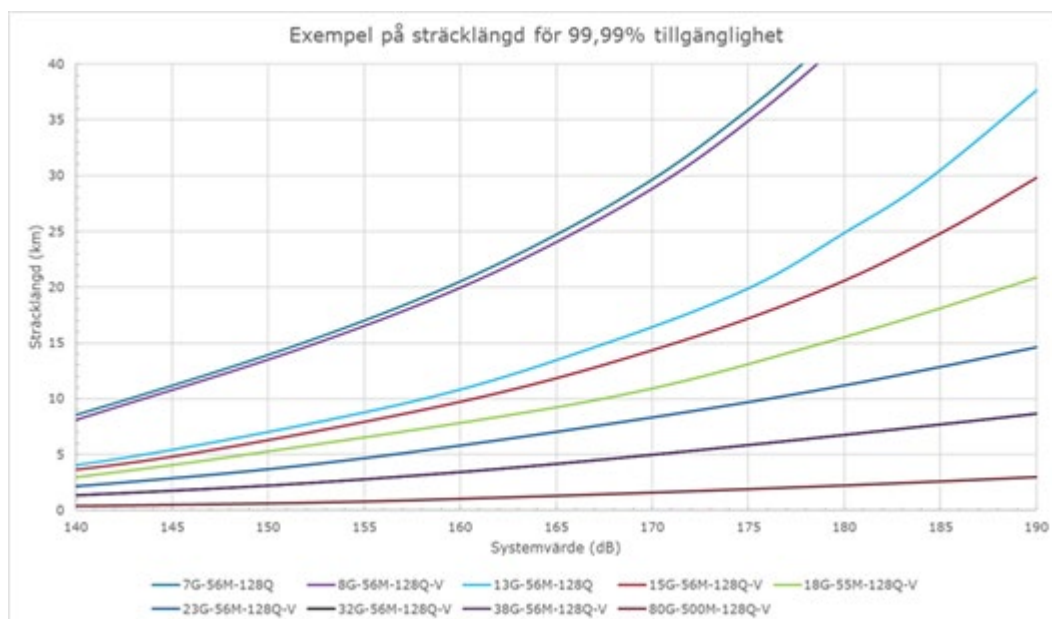


Bild 14. Exempel på sträcklängd som funktion av och systemvärde vid regnintensitet $A0.01 = 22 \text{ mm/h}$. Systemvärde för typiska radioutrustningar är i storleksordning 150–180 dB.

I tabellen nedan ges exempel på systemvärde för en radiolänkutrustning i 18 GHz frekvensbandet som använder modulationsmetod 128 QAM med 55 MHz kanalbandbredd och parabolantennar med diameter 0,6m.

Parameter	Värde	Enhet
P, Sändarens uteffekt	20	dBm
G_{Tx} , antennvinst Sändare	39	dBi
G_{Rx} , antennvinst mottagare	39	dBi
L_{te} , Mottagartröskel vid BER 10–6	- 66	dBm
Systemvärde (system gain)	164	dB

Tabell 3. Exempel systemvärde

Beräknad sträcklängd för ovanstående exempel i 18 GHz är cirka 8,5 km för vertikal Polarisation, där planeringskriteriet/målsättningen är att bitfelhalten (BER, Bit Error Rate) över radiolänken inte ska vara högre än $1 \cdot 10^{-6}$ under mer än cirka 259 sekunder/månad (0,01% av tiden)

Vill man använda en högre modulationsmetod, till exempel 1024QAM för högre kapacitet, ökar den otillgängliga tiden om sträcklängden är den samma. Om det önskas en högre tillgänglighet behöver Radiosystemet använda en lägre modulationsmetod, till exempel 32 QAM.

I frekvensband upp till 15 GHz är normalt största kanalbandbredd 56 MHz varför en typisk maximal kapacitet är omkring 1 Gbit/s (konfiguration 1024QAM and XPIC enligt figur ovan). Flera Radiokanaler kan dock användas tillsammans för att öka överföringskapaciteten på en sträcka (se till exempel referensmodell 1B och referensmodell 1C).

I frekvensband mellan 18–38 GHz, där 18 GHz frekvensbandet kan vara lämpligt för hopplängder runt 10 kilometer och 38 GHz frekvensbandet kan vara lämpligt att

använda upp till 5 kilometer, kan kanalbandbredden vara 112 MHz vilket ger en typisk maximal kapacitet på 2 Gbit/s (konfiguration 1024QAM and XPIC enligt figur ovan).

Se även PTS skrivelse om rekommenderade hopplängder i PTS riktlinjer

”Spektrumeffektiv tilldelning för Fast radio – riktlinjer vid handläggning”.

8.2 Provning och driftsättning av Radiosystem

Driftsättningen av ett Radiosystem omfattar panorering (inriktning) av antenner för att uppnå maximal signalsnivå, registrering av störnivå, inmätning av radiolänkhopp samt provmätning av förbindelsen.

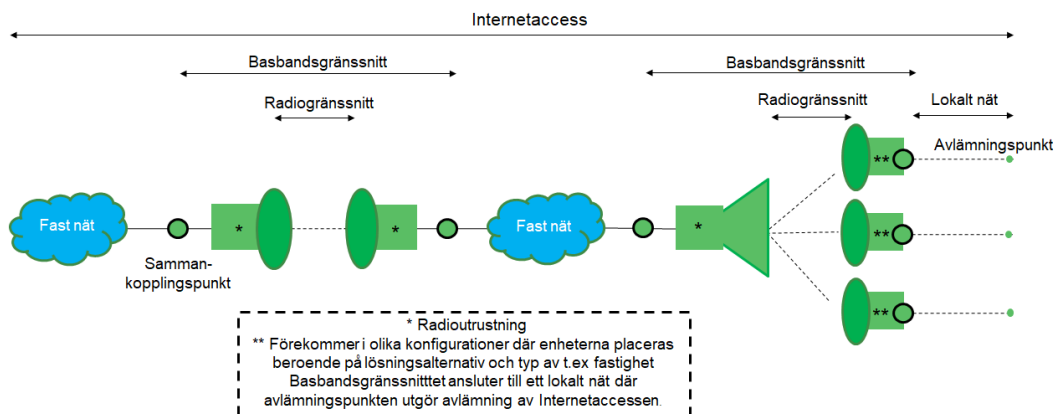


Bild 15. Referensmodell provning och driftsättning

Följande parametrar bör registreras för båda sidorna av radiolänkhoppet (efter att antennerna har riktats/panorerats för att uppnå maximal signalsnivå):

Minimikrav radiogränssnittet

- Parametervärden enligt länkbudgeten predikterad/beräknad kvalitet och tillgänglighet enligt vågutbredningsmodell ITU-R rec. P530
- Mottagarnivå vid normal vågutbredning i enlighet med projekterad länkbudget.
- Interferensnivå (störnivå från andra sändare) med önskad sändare avslagen på andra sidan av radiolänkhoppet.
- Bitfelsmätning under minst en 15 minuters period med användande av radiolänkutrustningens inbyggda funktioner. Under denna tid får det inte finnas några bitfel eller felhändelser. Om så är fallet ska mätningen göras om under en ny 15 minuters period.
- Om fel kvarstår efter den andra 15 minuters perioden ska radioutrustning anses vara felaktig och ska åtgärdas innan omstart av mätning.

Minimikrav Basbandsgränssnitt

- Beräknad tillgänglighet med avseende på hårdvarufel samt felavhjälpningstid.
- Mätning avseende prestanda och tillgänglighet för P-P ska göras under utlovad tid, minst 12 timmar, med inkopplad trafik. Uppmätt prestanda ska uppfylla överenskomna servicenivåer. Mätning kan göras via normal systemövervakning.

Till inmätningssprotokollet noteras eventuella onormala händelser (till exempel kraftavbrott, pågående arbete i mast etcetera) som kan påverka det uppmätta resultatet.

Rekommendation

- Det rekommenderas, för helt nya P-P radiolänksträckningar, att mätning avseende prestanda och tillgänglighet utförs under 7 dygn.

Minimikrav Internetaccess

- Provmätning av prestanda deklarerar i enlighet *Internetaccess - Definitioner*.

Dessa krav utgörs på rubriknivå av:

- Avlämningspunkt och kundplacerad utrustning.
- IPv4 Unicast-förmedling.
- IPv6 Unicast-förmedling.
- Adresstilldelning om detta är aktuellt.
- MTU, maximal paketstorlek på nätverkslagret.
- DNS om detta är aktuellt.
- Tillgänglighet.
- Prestanda.
- Supportfunktioner.
- Säkerhet.

Exempel på prestandaparametrar (EVC)

Viktiga parametrar att ta med avseende förbindelsens prestanda:

- Frame Loss Ratio (Packet Loss)
- Frame Delay
- Frame Delay Variation (Jitter)

Exempel på mätmetoder för provmätning av prestanda

- ITU Y.1561, Performance and availability for MPLS Network.
- MEF48, Carrier Ethernet Service Activation Testing.
Motsvarar ITU Y.1564 plus tester för CoS och VLAN, Preservation, MTU-size, Multicast/broadcast frame delivery.

9. DOKUMENTATION

Minimikrav dokumentation

- Dokumentation avseende tillgångar och förbindelser ska vara kompletterade/upprättade i enlighet med Post-och telestyrelsens gällande föreskrift avseende driftsäkerhet.
- Relationshandlingar avseende anläggningen ska vara upprättade.
- Dokumentation i form av till exempel beräkningar, dimensioneringar, ritningsunderlag före, under och efter en nybyggnation alt. inplacering i befintlig Antennbärare ska vara dokumenterat.
- Dokumentation för Anläggningstillstånd, avtal och kontaktlista ska vara upprättade.
- Kontroller enligt upprättad kontrollplan ska dokumenteras.
- Protokoll från driftsättning av Radiosystemet ska vara upprättat.

Rekommendation

- Alla ODU- och antenninstallationer bör fotodokumenteras efter installation (detta för att underlätta beställarens kontroll då dessa kan vara svåråtkomliga i efterhand).

10. RISK OCH SÅRBARHETSANALYS (RSA)

Beskrivning

För att säkerställa att Radiolänksystemet konstrueras och byggs på ett robust och säkert sätt ska det genomföras risk och konsekvensanalyser för relevanta anläggningsdelar.

Det finns olika metoder för att göra risk och konsekvensbedömningar för ett Radiolänksystem varför nätägaren svarar för val av lämpligt analysverktyg med avseende på Radiolänksystemets funktion i nätet. Nedan redovisas omfattningen för en Risk-och Sårbarhetsanalys baserad på Svenska Stadsnätsföreningens Ledningssystem för driftsäkerhet:

- Val och beskrivning av analysobjekt.
- Identifiering av samtliga relevanta hot mot objektet.
- Bedömning av sannolikheten för hur troligt det är att hotet kommer att inträffa.
- Kvalificerad bedömning av konsekvenser i händelse av att identifierat hot inträffar.
- Kvalificerad riskbedömning (konsekvensen och sannolikheten) för ett hot, till exempel genom att använda en Konsekvens- och sannolikhetsmatris (fig. nedan) där man med färger indikerar allvarlighetsgraden av att ett hot inträffar, från grönt (acceptabel risk till röd (måste åtgärdas). Matrisens resultat kan senare ligga till grund för bland annat prioriteringen av olika åtgärder.
- Åtgärdsförslag för identifierade risker.

Exempel på en matris för riskbedömning.

		Riskmatris				
Sannolikhet	Mycket hög					
	Hög					
	Medel		X			
	Låg					
	Mycket låg					
		Konsekvens				
		Mycket låg	Låg	Medel	Hög	Mycket hög

Bild 16. Konsekvens- och sannolikhetsmatris

11. LAGAR, FÖRORDNINGAR OCH FÖRESKRIFTER

11.1 Radio

Radio regleras genom EU-direktivet 2014/53/EU om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om tillhandahållande på marknaden av radioutrustning.

Tillstånd att använda radiolänkbaserade system i regleras i *Lagen om elektronisk kommunikation SFS nr: 2003:389* och i *Förordning (2003:396) om elektronisk kommunikation*.

De huvudsakliga tillståndsformerna är:

- **Undantag från tillståndsplikt**
Föreskrifterna om undantag från tillståndsplikt ges av PTS i gällande "Föreskrifter om undantag från tillståndsplikt för användning av vissa radiosändare".
För radiolänk finns undantag i 2,4 GHz, 5 GHz, 17 GHz, 24 GHz, samt 60 GHz.

Uteffekten är normalt begränsad i de undantagna frekvensbanden. Användning som är undantagen från tillståndsplikt kan komma att dela frekvensområde med annan användning på samma geografiska plats och vid samma tidpunkt. Detta innebär en förhöjd risk för Störningar, även om risken för Störning i många fall är låg.
- **Tillstånd att använda frekvensutrymme (Blocktilldelning)**
PTS tilldelar större sammanhängande frekvensband i en tilldelningsprocess via urvalsförfarande och/eller auktion. Arbete och ansvar för interferensplanering och koordineringar sköts efter tilldelning av tillståndshavaren givet att de tekniska villkoren uppfylls.
- **Enskilt tillstånd**
Här utfärdar PTS tillstånd utifrån uppgifterna i ansökan efter genomförd interferensanalys för att säkerställa att olika tillståndshavare inte stör varandra, Tillstånden innehåller villkor om bland annat radiolänksändarens position, frekvens och Polarisation, utstrålad effekt samt krav på att radioutrustningen ska uppfylla teknisk standard ETSI EN 302217.
- **Avgifter**
Avgifter för användning av radiosändare ges enligt forskriften PTSFS 2018:6.

För ansökan om tillstånd har PTS ett ansökningsförfarande *Ansökan om tillstånd att använda radiosändare för radiolänk*.

För radiolänkbaserade system som omfattas av ovanstående lagar och förordningar gäller Post- och telestyrelsens föreskrift avseende driftsäkerhet.

11.2 Bygglov och annan prövning

- Plan och bygglagen (2010:900).

- Plan- och byggförordning (2011:338).

Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd:

- BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2018:4

11.3 Byggnation Fundament/Antennbärare

Anläggningstekniska föreskrifter:

- Boverkets konstruktionsregler EKS.
- Eurokoder.
- SS-ISO 12494 gällande dimensionering för isbeläggning.

Arbetsmiljöverkets föreskrifter:

- Byggnads- och anläggningsarbete (AFS 1999:3).
- Mast- och stolparbete (AFS 2000:6).

Transportstyrelsen

- Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om markering av föremål som kan utgöra en fara för luftfarten och om flyghinderanmälan (TSFS 2010:155).

12. INTERNATIONELLT ARBETE OCH STANDARDISERING

Internationellt arbete

ITU

Den globala regleringen av radiokommunikationerna sköts av Internationella teleunionen (ITU-R). I Radioreglementet (RR) återfinns en frekvensplan, eller frekvensallokeringsplan. Planen är bindande för Sverige såvitt avser svenska sändares påverkan på andra länders radiotrafik.

ETSI

ETSI (the European Telecommunications Standards Institute) är ett oberoende standardiseringsorgan för telekommunikation i Europa. Organisationens medlemmar kommer från drygt 50 länder och utgörs bland annat av nätoperatörer, tjänsteleverantörer, administrationer, tillverkare, forskningsorgan och användare. ETSI grundades 1988 på initiativ av Europeiska kommissionen.

CEPT

CEPT (Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications) grundades 1949 och har 48 medlemsnationer. CEPT står för de mest påtagliga åtgärderna för harmonisering av frekvensanvändning inom Europa. Medlemmarna i CEPT är också medlemmar i ECC.

ECC

ECC (Electronic Communications Committee) utvecklar policy för elektronisk kommunikation i ett europeiskt sammanhang, med beaktande av europeisk och internationell lagstiftning och reglering.

BILAGOR

Bilaga 1 Checklista besiktning

Bilaga 2 Referenslista föreskrifter och standarder