



Rapport:

Trådløse mikrofoner for bruk i DVB-T båndet 470 MHz – 790 MHz.

Målingene utført av: Erik Johnsbråten, Johnny Høvik og Per Granby (Post- og teletilsynet, seksjon for frekvenskontroll)

Rapport skrevet av: Per Granby

Oppdragsgiver: Post- og teletilsynet, seksjon for kringkasting og radiolinje

Dato for målinger: November 2010.

Innledende kommentarer / Bakgrunn:

Trådløse mikrofoner benytter i dag hovedsakelig frekvensbåndet 800 MHz – 820 MHz. Det er besluttet at frekvensområdet 790 MHz – 862 MHz skal tas i bruk for mobilkommunikasjon – mest sannsynlig LTE800.

Som en konsekvens av dette er det nødvendig å finne nye frekvenser for de trådløse mikrofonene.

Ett alternativ for de trådløse mikrofonene er at det i fribruksforskriften åpnes for at disse kan benytte frekvenser i DVB-T båndet 470 MHz – 790 MHz.

Forutsetningen for en slik løsning er at det er tilstrekkelig liten risiko for at de trådløse mikrofonene interferer DVB-T mottak.

De trådløse mikrofonene vil få sekundær status ved eventuell sending i DVB-T båndet – det er allikevel utført noen undersøkelser for å kartlegge konsekvensen av DVB-T interferens for slike trådløse mikrofonssystemer.

Denne rapporten har som siktemål å belyse forhold som er av betydning i forbindelse med en vurdering av risiko for interferens mellom trådløse mikrofoner og DVB-T.

De fleste undersøkelsene er gjort ved Post- og teletilsynets regionkontor på Ski like sør for Oslo, og noen er utført på Ekeberg i Oslo.

Det er hentet inn trådløse mikrofoner fra følgende leverandører:

Sennheiser Nordic Norge AS – Sennheiser utstyr.

Lydrommet AS – AKG utstyr.

Scandec Systemer AS – Audio Technica utstyr.

Benum siv. ing. AS – Shure utstyr.

Måleoppsett / Måleresultater:

De trådløse mikrofonssystemene bestod av følgende komponenter:

Sennheiser:

SK5212-II L RF Transmitter (separat enhet) – 50 mW

EM3732-II L RF Receiver

Frekvensområde 470 MHz – 638 MHz

AKG:

DMS 700 trådløs mikrofon system

Med følgende komponenter –

DSR 700 mottaker

DHT 700 håndholdt mikrofon – 50 mW

Frekvensområde 548,1 MHz – 697,9 MHz

Audio-Technica:

ATW-R3100bC Receiver

ATW-T341bC Håndholdt mikrofon – 30 mW

ATW-T310bC Separat senderenhet – 30 mW

Frekvensområde 541,500 MHz – 566,375 MHz

Shure:

UHF-R Wireless System

Med følgende komponenter –

URD4+ mottaker

UR1 separat senderenhet – 50 mW

UR2 håndholdt mikrofon – 50 mW

Frekvensområde 518 MHz – 578 MHz

Mikrofonsystemet fra AKG modulerte bæreølgen (FM eller PM) med digital audio. De tre andre systemene modulerte med analog audio og benyttet FM modulasjon med en deviasjon i området 35 kHz – 45 kHz. Alle mikrofonmottakerne som var til prøving hadde indikator for signalnivå inn på mottakeren, og alle hadde to antenner for diversitetsmottak.

Målinger med signalgenerator som interferenskilde.

Innledningsvis ble det gjort målinger hvor signalgenerator og en egnet antenne ble brukt som interferenskilde mot DVB-T (se bildene).

Dette måleoppsettet ble valgt for å få fram en del kunnskap om hvor sårbart et DVB-T signal er med hensyn til interferens fra et relativt smalbandet signal.



DVB-T blir interferert ved hjelp av signalgenerator og en egnet antenne.

DVB-T signalet ble hentet fra Tryvann i k30 og Halden i k32. Mottakerantennen for DVB-T signalet var TRIAX Unix 32 med 12,5 dB gain i forhold til en dipol. Denne antennen var montert ca. 7m over bakken og ca. 3m over bygningens tak.

Vår mottaker for DVB-T var en separat mottakerenhet av typen Grundig DTR 8740 MHP.

Med referanse til måleresultater vist i fig. 1 og fig. 2 blir signalnivå inn på DVB-T mottaker:

Halden k32: $27\text{dB}\mu\text{V} + 18,8\text{dB} = 45,8\text{dB}\mu\text{V}$

Tryvann k30: $49\text{dB}\mu\text{V} + 18,8\text{dB} = 67,8\text{dB}\mu\text{V}$

Korreksjonen på 18,8 dB henger sammen med at vår målebåndbredde (RBW) er 100 kHz, altså vesentlig mindre enn signalbåndbredden i DVB-T signalet.

Den aktuelle TRIAX mottakerantennen har en antennefaktor på 12 dB når det er tatt hensyn til noe tap i antennekabelen.

Feltstyrken fra Halden blir da tilnærmet: $46\text{dB}\mu\text{V} + 12\text{dB} = 58\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$

Feltstyrken fra Tryvann blir da tilnærmet: $68\text{dB}\mu\text{V} + 12\text{dB} = 80\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$

Fig.1 og fig. 2 viser også de maksimale generatornivåer (umodulert) som kunne tillates for at DVB-T mottakeren fortsatt skulle kunne generere et TV-bilde ved oppstart.

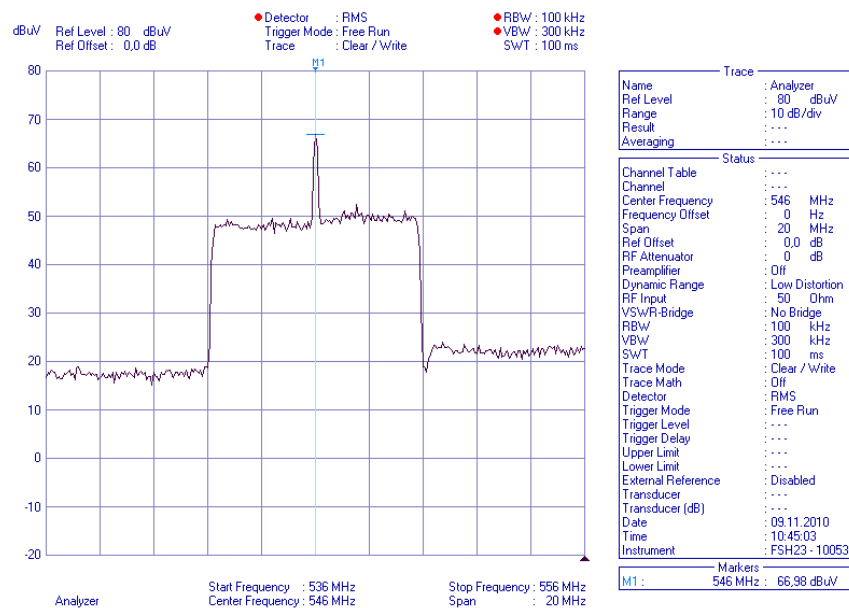


Fig 1: Tryvann k30. Øvre grense for smalbandsstøy som ikke er destruktiv for DVB-T.

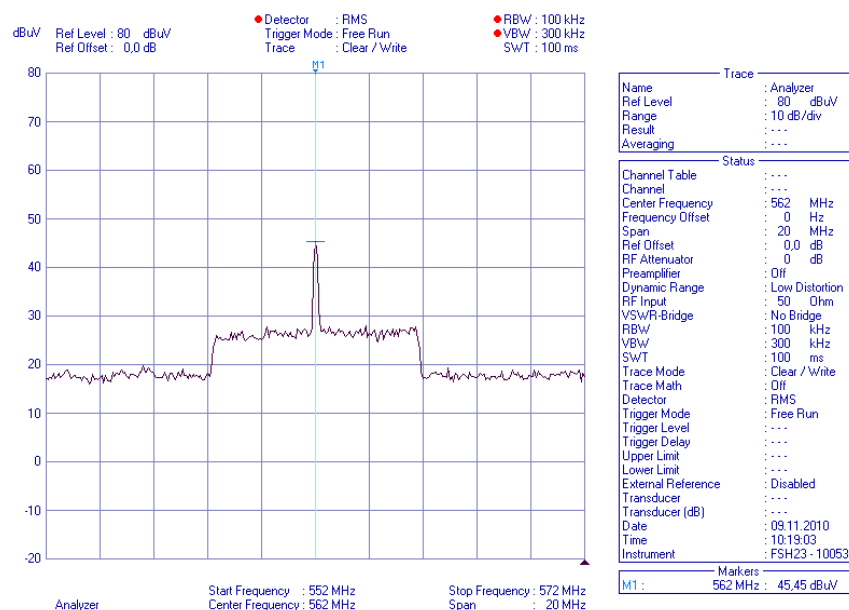


Fig 2: Halden k32. Øvre grense for smalbandsstøy som ikke er destruktiv for DVB-T.

Det ble observert at DVB-T mottakeren tålte høyere interferensnivå dersom den allerede var i drift ved påslag av interferensen – dette sammenlignet med hva mottakeren tålte dersom interferensen allerede var etablert ved påslag av DVB-T mottakeren.

I noen tilfeller tålte DVB-T mottakeren 10dB – 12 dB høyere smalbandet interferensnivå dersom den var i drift da interferensen ble lagt på.

Det var derfor nødvendig å gjøre et valg med hensyn til hvilket kriterium som skulle legges til grunn ved vurdering av når DVB-T mottakeren ble interferert.

Valget som ble gjort var at interferensnivået ikke fikk være høyere enn at DVB-T mottakeren var i stand til å produsere et videobilde (bilde uten ”frys”) ved påslag av mottakeren. Interferensnivåer høyere enn dette blir da klassifisert som destruktiv interferens.

Dette valget synes rimelig da det bør være mulig å få fram et TV-bilde ved påslag av TV-mottaker selv om DVB-T kanalen i utgangspunktet har interferens.

Grensenivået for destruktiv smalbandet interferens inn på DVB-T mottaker ble målt til (ref. fig. 1 og fig 2):

For Halden k32: 45,5dB μ V

For Tryvann k30: 67 dB μ V

Sammenligning av dette interferensnivået med målt nivå for DVB-T viser at destruktiv interferens for DVB-T oppstår når effekten i et smalbandet interferenssignal er på samme nivå som totaleffekten i DVB-T signalet. Og dette har gyldighet enten DVB-T signalet er kraftig eller mer marginalt.

Dette kan også uttrykkes slik at $C/N = 0$ dB eller større for at DVB-T mottak skal fungere tilfredsstillende. Det ligger også i dette at DVB-T representerer en relativt robust overføringsstandard fordi TV-bildet kan gjenskapes for C/N helt ned til 0 dB – i alle fall med hensyn til smalbandet interferens.

Videre undersøkelser med bruk av signalgenerator som interferenskilde viser at det spiller ingen rolle om det interfererende signalet ligger lavt, midt i eller høyt i DVB-T kanalen – DVB-T signalets sårbarhet er den samme uansett.

Ved hjelp av signalgenerator ble det også testet med litt forskjellige varianter av FM modulasjon. Det ble testet med deviasjon på 50 kHz og 75 kHz, samt med modulasjonsfrekvenser på 1 kHz, 3 kHz og 10 kHz.

Denne undersøkelsen viser at modulasjon av det interfererende signalet i noen grad øker sårbarheten til DVB-T signalet, men ikke mye.

Det interfererende signalet måtte reduseres i intervallet 2dB – 4 dB med modulasjon for samme grad av DVB-T interferens som en umodulert bærebølge.

Ut fra det som kunne observeres ser det ut til at modulasjon med 1 kHz og 50 kHz deviasjon ga noe mer interferens enn de andre modulasjonsvariantene – men forskjellene var ikke store.

Praktiske erfaringer med DVB-T interferens fra trådløse mikrofoner.

3 stk. av mikrofonene hadde sendere som kunne levere inntil 50 mW utgangseffekt og 1 stk. hadde sender som kunne levere inntil 30 mW.

Ved disse praktiske prøvene ble alle mikrofonsenderne justert til å sende med sin maksimale effekt midt i henholdsvis k30 og k32. Mikrofonsenderne ble også holdt med en orientering (polarisasjon) som ga størst mulig nivå inn på DVB-T mottaker. De praktiske prøvene gikk ut på å finne ut hvor langt unna DVB-T mottakerantennen det var nødvendig å være med mikrofonsenderen i drift for at DVB-T ikke skulle interfereres. Antennen for TV-mottak – og plasseringen av denne – var ved disse testene den samme som ved testing med signalgenerator. TV-antennen ble også ved disse undersøkelsene justert inn til å gi høyest mulig signalnivå fra enten senderen ved Halden eller senderen på Tryvann.

Prøvene foregikk i mottakerantennens hovedretning – og representerer derfor en situasjon med maksimal risiko for forstyrrelse av DVB-T. Forsøkene med interferens av Halden k32 innebar at signalet fra de trådløse mikrofonene gikk delvis gjennom skog.

Utstyr fra Shure – 50mW:

Halden k32: Nødvendig avstand ca. **150m** for normalt TV-bilde uten ”frys”.

Tryvann k30: Nødvendig avstand ca. **35m** for normalt TV-bilde uten ”frys”.

Utstyr fra Audio-Technica – 30mW:

Halden k32: Nødvendig avstand ca. **80m** for at TV-bildet skal etableres ved oppstart av DVB-T mottaker.

Tryvann k30: Nødvendig avstand ca. **20m** for at TV-bildet skal etableres ved oppstart av DVB-T mottaker.

Utstyr fra Sennheiser – 50mW:

Halden k32: Nødvendig avstand ca. **100m** for at TV-bildet skal etableres ved oppstart av DVB-T mottaker.

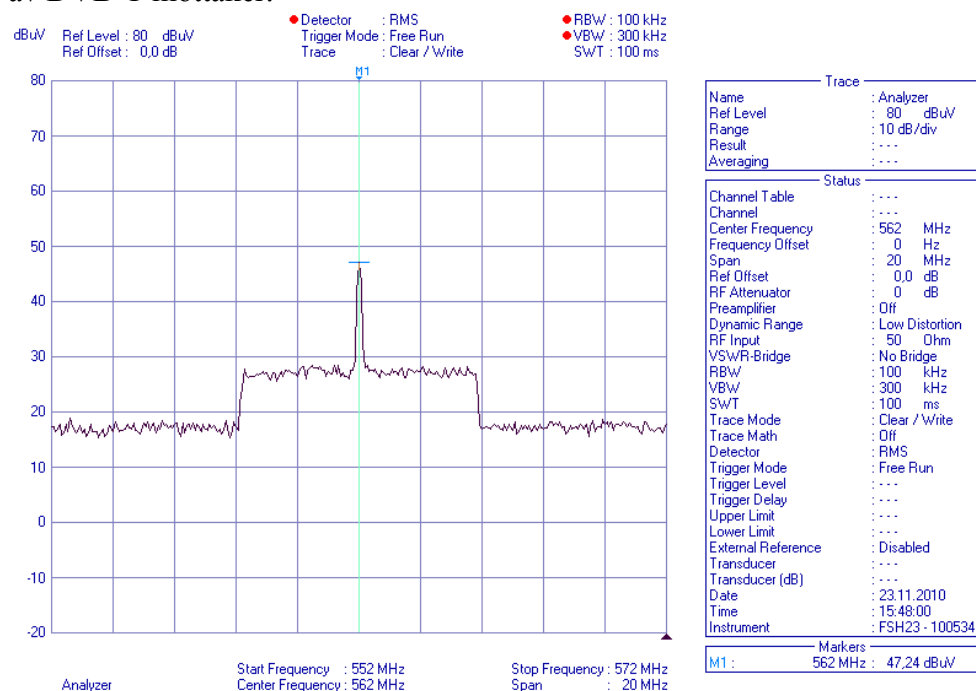


Fig. 3: Sennheiser mikrofonsender og Halden k32. Største tillatte interferensnivå for ikke-destruktiv interferens.

Fig. 3 viser signalspenning fra Sennheiser mikrofonsender inn på DVB-T mottaker.

Utstyr fra AKG – 50mW:

Halden k32: Nødvendig avstand ca. **140m** for at TV-bildet skal etableres ved oppstart av DVB-T mottaker.

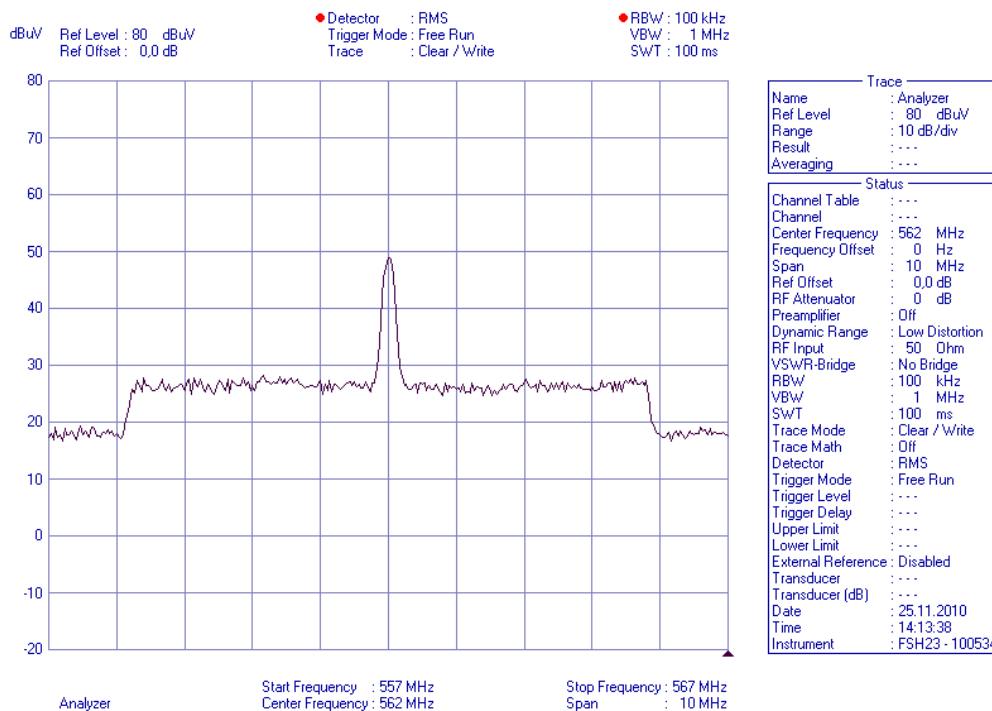


Fig. 4: AKG mikrofon og Halden k32. Maksimalt tillatt interferensnivå for ikke-destruktiv interferens.

Fig. 4 viser signalspenning fra AKG mikrofon inn på DVB-T mottaker.

Figurene 3 og 4 viser et godt samsvar med resultatene fra testene utført med signalgenerator.

Det ble også utført tester med de trådløse mikrofonene brukt inne i FK/Ski sine lokaler. Opplegget for TV-mottak var det samme som før – altså utvendig antenne. Avstanden mellom utvendig antenne og de trådløse mikrofonene var ved disse prøvene om lag 10m og avstanden til DVB-T mottaker ca. 3m – 5 m.

Halden k32 med 46 dB μ V inn på mottaker: Mikrofon med 50 mW og mikrofon med 30 mW sendereffekt ga "frys" i TV-bildet fra flere posisjoner innendørs. Det er grunn til å anta at dette hadde sin årsak i interferens via TV mottakerantennen. Det ble også "frys" i TV-bildet – eller bildet gikk i svart - da disse mikrofonene var ca. 1 m eller nærmere Grundig DVB-T mottakeren.

Tryvann k30 med 68 dB μ V inn på mottaker: Testet med 50 mW trådløs mikrofon. Normalt TV-bilde fra alle posisjoner som ble testet innendørs. Normalt TV-bilde også da den trådløse mikrofonen ble holdt tett inn mot DVB-T mottakeren.

Dette er et resultat for den DVB-T mottakeren som ble benyttet ved testen. I hvilken grad dette resultatet kan overføres til andre DVB-T mottakere er ikke undersøkt.



Bildet t.v. viser utstyr fra Audio Technica og bildet t.h. viser blant annet mottakerenhet fra AKG.

Det ble videre utført noen enkle tester der 50 mW trådløs mikrofon fra AGK sendte like på utsiden av k32 med TV-signal fra senderen ved Halden.

Igjen gikk forsøket ut på å finne ut hvor langt unna TV-mottakerantennen denne mikrofonen måtte være for interferensfri TV-mottaking.

På oversiden av k32:

566,000 MHz - avstand for interferensfritt TV-mottak - 100 m.

566,200 MHz - avstand for interferensfritt TV-mottak - 75 m.

566,400 MHz - avstand for interferensfritt TV-mottak - 40 m.

566,600 MHz - ingen interferens.

På undersiden av k32:

558,000 MHz - avstand for interferensfritt TV-mottak - 40 m.

557,800 MHz - ingen interferens.

557,600 MHz - ingen interferens.

Dette er et resultat for den DVB-T mottakeren som ble benyttet ved testen. I hvilken grad dette resultatet kan overføres til andre DVB-T mottakere er ikke undersøkt.

Noen praktiske erfaringer der DVB-T interfererer mottaker for trådløs mikrofon.

To typer av mikrofonutstyret ble tatt med til Ekebergsletta for å finne ut hvordan disse fungerte i en situasjon med et kraftig DVB-T signal på samme frekvens som mikrofonsenderen.



Bildene viser situasjon ved test av trådløst mikrofonsystem utsatt for interferens fra et relativt kraftig DVB-T signal.

En av FK sine målebiler ble parkert med åpen sidedør rettet mot TV senderen på Tryvann. Mottakeren for trådløs mikrofon ble plassert like i døråpningen for å få god eksponering av det elektromagnetiske feltet fra Tryvann i k30.

Mikrofonsystemene var fra Audio-Technica og AKG – og representerte dermed systemer som modulerer med henholdsvis analog audio og digital audio.

Det praktiske forsøket gikk ut på å finne ut hvor langt unna mikrofonmottakeren det var mulig å gå med mikrofonen før denne forbindelsen fikk for dårlig kvalitet eller ble brutt fullstendig.

Nedenfor er feltstyrken fra Tryvann k30 målt/beregnet.

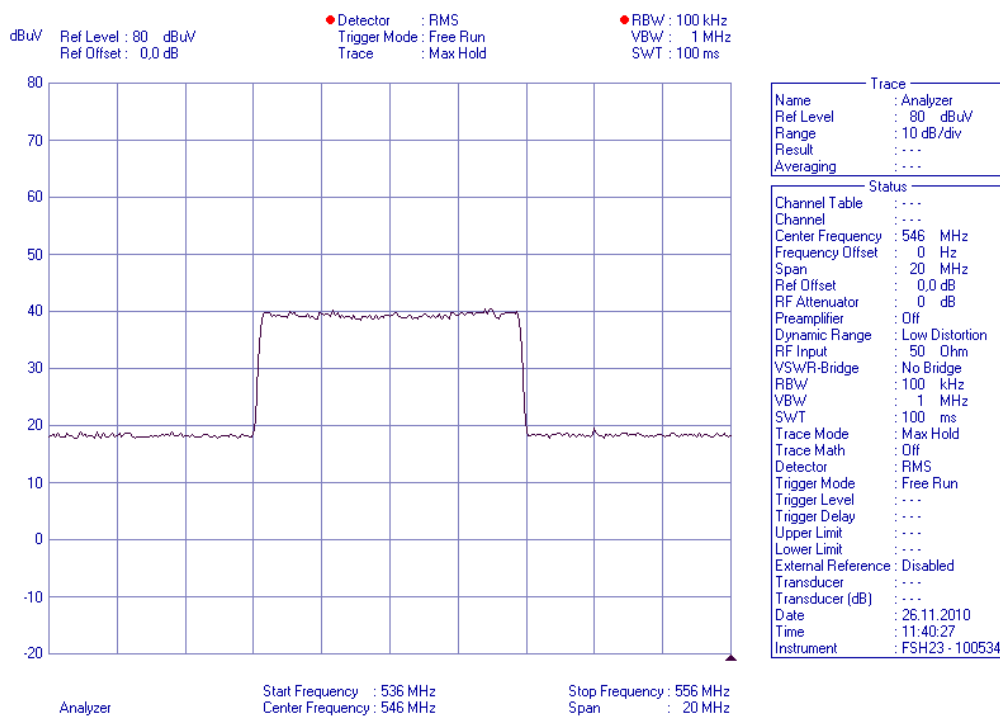


Fig. 5: Tryvann k30 målt på Ekebergsletta med HE-100 antenne. Antennefaktor 36 dB.

Korrigert for målebåndbredde og antennefaktor blir feltstyrken fra Tryvann k30:
 $39\text{dB}\mu\text{V} + 18,8\text{dB} + 36\text{dB} = 93,8\text{dB}\mu\text{V/m}$.

Audio-Technica mikrofon med 30 mW:

Dette systemet hadde under disse forholdene en praktisk rekkevidde på ca. 20 m. I en kort overgangssone mellom brukbar kvalitet til at det var helt stille i mottakeren – så ble det registrert fading på mikrofonsignalet med et klart innslag av støy fra DVB-T signalet. Denne støyen høres ut som vanlig hvitstøy. Mottakeren er utstyrt med et mutingsystem som stenger mottakeren dersom C/N fra mikrofonen blir for dårlig.

AKG mikrofon med 50 mW:

Dette systemet hadde en rekkevidde på ca. 15 m med interferens fra Tryvann k30. Systemet fra AKG benytter modulasjon med digital audio. De praktiske prøvene viste at dette systemet fungerer ok ut til ca. 15 m, for deretter ikke å gi noe audio i det hele tatt ut fra mottaker. Det ble i dette tilfelle ikke registrert noen overgangssone der kvaliteten gradvis ble dårligere.

Det var av interesse å finne ut hvilken elektromagnetisk feltstyrke disse mikrofonsenderne ga i henholdsvis 20m og 15m. Måleresultatene vist i fig. 6 og fig. 7 viser disse feltstyrkeverdiene da korreksjon for antennefaktoren gjøres direkte av spektrumanalysatoren.

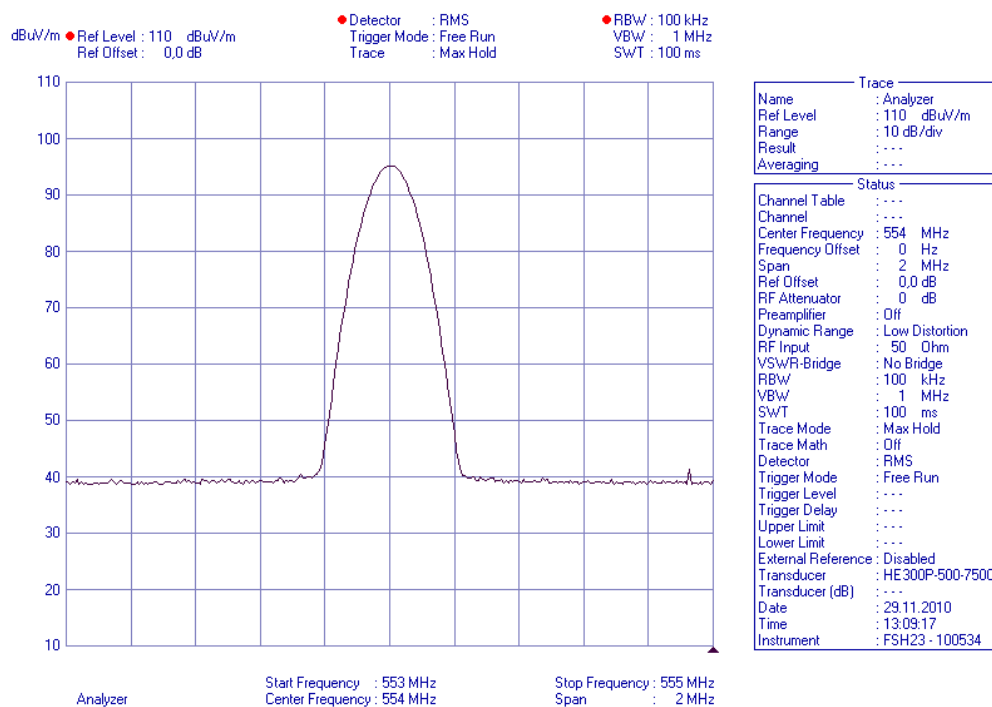


Fig. 6: Audio Technica mikrofon avstemt til midt i k31 og måleavstand 20m.

Senderen i mikrofonen fra Audio-Technica gir 95 dBμV/m i 20 m avstand.

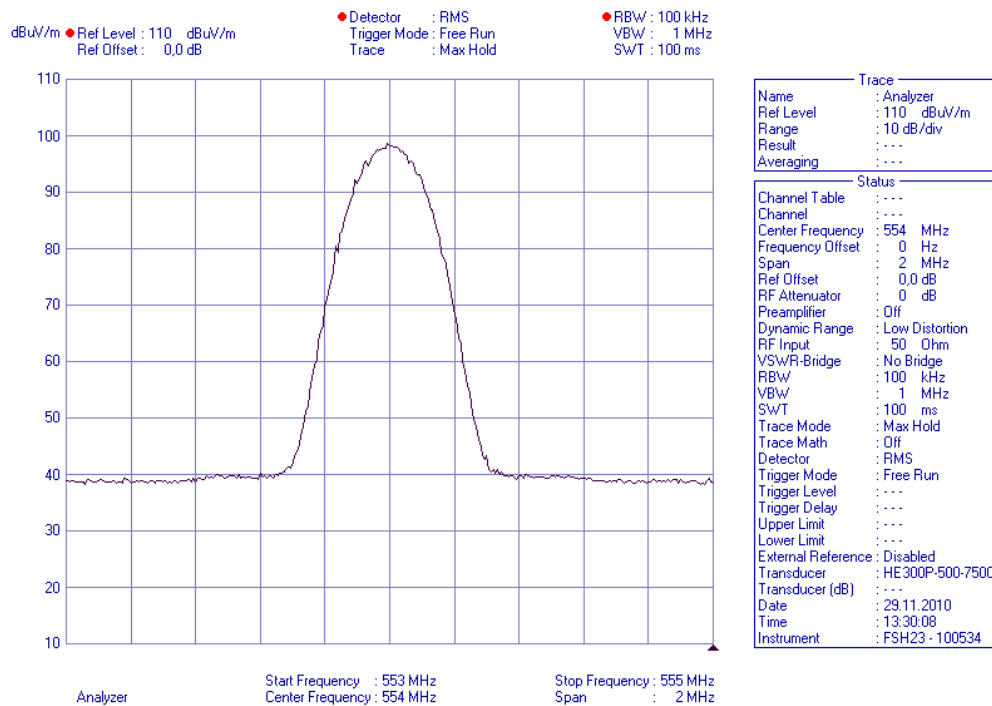


Fig. 7: AKG mikrofon avstemt til midt i k31. Måleavstand er 15m.

Senderen i mikrofonen fra AKG gir 98 dB μ V/m i 15 m avstand.

Feltstyrkeverdien for Tryvann k30 på Ekebergsetta og feltstyrkeverdiene for de trådløse mikrofonene i henholdsvis 20 m og 15 m avstand gir en klar indikasjon på hvilken rekkevidde som kan forventes for slike trådløse mikrofoner når de utsettes for interferens fra DVB-T sendere.

Som en slags hovedregel kan det sies at rekkevidden for disse mikrofonene er bestemt av den avstanden som gir et mikrofonsignal på ca. samme nivå som totaleffekten i DVB-T signalet på det aktuelle stedet.

Passbåndet til mikrofonmottakerne er vesentlig smalere enn DVB-T signalets signalbåndbredde. Derfor vil kun en liten del av totaleffekten i DVB-T signalet reelt sett interferere signalet fra mikrofonsenderne. Dette forholdet resulterer i at mottakeren for mikrofonsignalet som minimum må ha et C/N på ca. 20 dB for å gjengi signalet fra mikrofonen med brukbar kvalitet.

Målingene viser også at mikrofonsystemet fra AKG som benytter modulasjon med digital audio trenger noe høyere signalnivå for å fungere. Det er antatt at dette henger sammen med at denne mottakeren trolig har noe bredere passbånd som følge av at signalet fra mikrofonsenderen til dette systemet har noe større signalbåndbredde.

Kort oppsummering:

Undersøkelsene som er presentert i denne rapporten viser at i gitte sammenhenger så kan trådløse mikrofoner forstyrre DVB-T i avstander opp mot 150 m – eller kanskje også noe lengre avhengig av DVB-T signalnivå, vegetasjon, bygninger og topografi.

Mulig interferens i avstander opp mot 150 m er basert på en situasjon nær opp til det maksimalt ugunstige – det vil si et relativt marginalt DVB-T signal, trådløs mikrofon rett i TV-mottakerantennens hovedretning, mest mulig ugunstig polarisasjon for mikrofonsenderens antenne og lite hindringer i terrenget (bare litt skog).

Det går også fram av rapporten at med et rimelig kraftig DVB-T signal så må en trådløs mikrofon være vesentlig nærmere antennen for TV-mottak for at det skal inntreffe destruktiv interferens – det handler da om 20 m – 35 m i antennens hovedretning.

Det er også avdekket at et relativt marginalt DVB-T signal kan forstyrres av trådløse mikrofoner brukt innendørs i samme bygning der TV-mottak finner sted.

Videre er det avdekket at med et relativt godt DVB-T signal kan slik innendørs bruk av disse mikrofonene være ok i den forstand at det ikke forårsakes destruktiv interferens for DVB-T mottak.

Når det gjelder DVB-T interferens av mikrofonmottakerne så er den mest åpenbare konsekvensen redusert rekkevidde for mikrofonsenderne.

Hvordan disse mikrofonmottakerne håndterer en situasjon med DVB-T forstyrrelse og mikrofonsender opp mot maksimalt brukbar avstand vil variere avhengig av tekniske løsninger.

Noen systemer (analog audio) vil gi fading med godt hørbar hvitstøy dersom de kommer inn i grenseområdet for maksimal rekkevidde. Hvordan systemer modulert med analog audio fungerer i et slikt grenseområde er avhengig av hvor avanserte mutingløsninger som er valgt.

Trådløse mikrofonsendere modulert med digital audio vil fungere ok inntil de når sin rekkeviddebegrensning på grunn av støy fra DVB-T. Det ble ikke registrert støy i audiokanalen da forbindelsen med mikrofonen ble brutt. Det er rimelig å anta at i grenseområdet for maksimal rekkevidde for slike digitale løsninger så vil det kunne oppleves periodiske brudd i overføringen av audio – uten at dette er ledsaget av sjenerende støy.

Samtlige av mikrofonmottakerne som var inne til testing hadde indikatorer for signalnivå inn på mottaker. I de fleste tilfelle vil disse indikatorene gi utslag dersom det er et brukbart DVB-T signal på mottakerens frekvens – det forutsettes da selvfølgelig at mikrofonsenderen ikke er aktivert. Det vil derfor sannsynligvis i de fleste tilfeller lett kunne oppdages om den valgte frekvensen for mikrofonsenderen inneholder et DVB-T signal med brukbart nivå.

Mikrofonsystemene som har vært undersøkt kunne alle avstemmes innen frekvensområder som omfatter mer enn en DVB-T kanal.

Uttrykt i form av hele DVB-T kanaler kunne disse mikrofonsystemene avstemmes innenfor henholdsvis 3 stk, 7 stk, 18 stk og 21 stk DVB-T kanaler.

Det er derfor rimelig å anta at i de fleste tilfeller vil slike systemer for trådløse mikrofoner kunne avstemmes til frekvenser som ikke er i bruk for DVB-T i det aktuelle geografiske området.

I hvilken grad operatører av trådløse mikrofonssystemer faktisk kommer til å gjøre bruk av mottakernes signalnivåindikatorer for å avdekke mulig interferens med og fra DVB-T, samt gjøre bruk av muligheten for frekvensendring, er et spørsmål som står ubesvart.

Men trolig er det slik at personell som arbeider med lydsystemer i profesjonell sammenheng kommer til å være oppmerksomme på denne frekvensmessige sameksistensen mellom DVB-T og trådløse mikrofoner – slik at de tar de grep som er nødvendige for at interferens ikke skal oppstå.

Imidlertid brukes også trådløse mikrofonssystemer av personell som ikke er profesjonelle på området, og det er nok langt mer usikkert i hvilken grad disse vil komme til å gjøre bruk av mulighetene for å styre unna eventuell interferens med og fra DVB-T.

Som omtalt innledningsvis er siktemålet med denne undersøkelsen/rapporten kun å belyse forhold som er av betydning for å vurdere risiko for interferens mellom DVB-T og trådløse mikrofoner brukt i frekvensområdet 470 MHz – 790 MHz.

Denne rapporten omfatter ikke et estimat på hvor stor en slik interferensrisiko er, og rapporten gir heller ikke uttrykk for hvilken grad av interferensrisiko som kan være akseptabel.

Instrumentering:

Rohde & Schwarz SML 03 signalgenerator.
Rohde & Schwarz FSH3 spektrumanalysator.
Rohde & Schwarz HUF-Z3 log. periodisk antenne.
Rohde & Schwarz HE-100 antennesett.
Rohde & Schwarz HE-300 antennesett.

FK/Ski
15. desember 2010