

# **Evalueringsrapport**

## **Forsøg med lokalradio i DAB+**

1. juni 2011 - 31. maj 2014

Lokalradioforeningen Kanal Plus

*Af Ulrik Brinck*

## Indhold

Forsøgets formål.....	3
Sådan lavede vi senderen.....	3
Premiere.....	5
Deltagende radiostationer.....	6
Bitrater og signalfremføringsmetoder.....	7
Dækning, transmission modes og fejlretning.....	9
Test af nye programformater.....	12
Konklusioner.....	13
Tak til.....	14

## Forsøgets formål

Forsøget handlede om at opsætte og drive en lokal DAB+-blok (multipleks) til udsendelse af lokalradio. Det overordnede formål var at skaffe lokalradiobranchen erfaringer med at sende DAB+, finde frem til, hvordan dette kan praktiseres for små og mellemstore lokalradioer, og give vores bud på, hvordan en sådan DAB+-blok kunne se ud i en eventuel fremtidig, digital lokalradioordning. Sideløbende ville vi teste to nye programformater.

## Sådan lavede vi senderen

Den første del af forsøget handlede i sagens natur om at få opbygget et DAB+-sendeanlæg på en måde, der er økonomisk overkommelig for lokalradioer i de størrelser, som forsøget handler om. Et DAB+-sendeanlæg består traditionelt af en stribe hardwareenheder:

- Et antal DAB+-encodere - som laver lyden af hver enkelt radiokanal om til DAB+.
- En multiplekser - som samler kanalerne i en DAB+-blok.
- En modulator - selve senderen, som skaber radiosignalet med DAB+-blokken i.
- Et effekttrin - som forstærker signalet op til den sendestyrke, der skal bruges.
- Et cavityfilter - som sikrer mod uønsket udstråling af signal på andre frekvenser.
- En antenne.

Med undtagelse af filter og antenne så disse enheder imidlertid ud til at være meget dyre i forhold til vores økonomiske formåen - det ville koste anslået mellem en halv og en hel million kroner afhængigt af antallet af kanaler, der skulle kunne udsendes - og det var derfor ikke en reel mulighed at anskaffe et sendeanlæg med alle disse hardwareenheder.

Allerede inden vi ansøgte om forsøgstilladelse, havde vi derfor undersøgt alternative muligheder, herunder om vi kunne leje sendeudstyret, hvilket dog heller ikke viste sig at være en farbar vej.

I stedet havde vi fundet frem til, at der fandtes computersoftware, som kunne få en helt almindelig computer til at fungere som DAB+-encodere, multiplekser og modulator. Softwaren, med navnet CRC-mmbTools, var udviklet af en canadisk, offentlig forskningsinstitution, Communications Research Centre Canada (CRC) og var gratis og udgivet som open source. DAB+-encoder-softwaren var dog ikke gratis og open source, idet denne byggede på en algoritme - HE-AAC - som ikke er udviklet af CRC selv, og krævede royalty-betaling. Encoderens kostede derfor en softwarelicens, som dog var et engangsbeløb og var uafhængigt af hvor mange DAB+-radiokanaler, der skulle udsendes.

Modulator-softwaren var dog på dette tidspunkt (2011) ikke fuldt udviklet og havde nogle ulemper i forhold til en hardware-modulator: Dels understøttede den kun transmission mode II (mere herom under punktet "Dækning, transmission modes og fejlretning" på side 9 i denne rapport), som anvendtes i Canada, men ikke officielt i Europa, og dels understøttede den ikke *pre-correction*, som er en feature, der er nødvendig, for at man kan udnytte sit effekttrins fulde kapacitet. Derfor arbejdede vi i den indledende fase med to modeller for sendeanlæggets opbygning:

- 1) En løsning, hvor encodere og multiplekser var computersoftware, mens modulator, effekttrin, filter og antenne var hardware, og
- 2) En løsning, hvor encodere, multiplekser og modulator var software, mens alene effekttrin, filter og antenne var hardware - hvilket krævede et kraftigere effekttrin, fordi man ikke ville kunne udnytte effekttrinnets fulde kapacitet.

Selve effektttrinnet undersøgte vi også, om vi kunne få som brugt, idet tilsvarende typer af effektttrin havde været anvendt i et af de nedlagte, analoge tv-sendenet. Men selv om nogle flinke mennesker hos Teracom (operatør af bl.a. de landsdækkende tv-sendenet) gjorde en ihærdig indsats for at finde noget til os, viste det sig, at vi kom et års tid for sent, idet alt, hvad der måske kunne have været brugbart, allerede var skrottet og bortskaffet.

Løsning 2 blev i sidste ende den billigste løsning og blev den løsning, vi valgte, inklusive et fabriksnyt effektttrin. Men inden da nåede vi at indhente tilbud fra forskellige leverandører, dels på anlæg bestående af modulator, effektttrin og filter, og dels på effektttrin alene og filter alene.

Her viste det sig at tage lang tid at anskaffe udstyr. Udstyret var ikke hyldevare hos forhandlerne af sendeudstyr, og forhandlerne skulle først indhente tilbud fra leverandører/fabrikanter – hvilket i visse tilfælde i sig selv kunne være en tidskrævende affære for forhandlerne (til vores store undren – hvorfor var det så svært at få fabrikterne til at oplyse en pris på varen?). Det viste sig også, at der var en leveringstid på udstyr på typisk 6 til 8 uger fra bestilling.

Videre kunne vi konstatere, at man virkelig skal se sig for, idet der kunne være prisforskelle på helt op mellem et og to hundrede tusinde kroner fra den ene leverandør/fabrikant til den anden.

Bedste priser på effektttrin fandt vi hos Ole B. Skipper A/S i Hedehusene – som vi købte hos – samt hos M-Pro Broadcast ApS i Aabenraa.

Bedste pris på en samlet pakke af hardware-modulator, effektttrin og cavityfilter fandt vi hos RadioLab i Oslo.

Cavityfiltret købte vi ligeledes hos Ole B. Skipper A/S, mens antennen blev leveret af VHF-Teknik i Trelleborg i Skåne. Antennen var ikke katalogvare hos VHF-Teknik, men de ville gerne fremstille en til os.

Computeren, som fungerer som DAB+-encoder, multiplekser og modulator, er en helt almindelig pc, der har Linux som operativsystem. Herudover bruges en *Universal Software Radio Peripheral (USRP)*, som er en enhed, der gør det muligt for pc'en at fungere som modulator. USRP'en er i vores tilfælde en boks, der tilsluttes en USB-port, men kan også blot være et printkort. Den er udviklet af Ettus Research LLC i Californien, men er i lighed med computersoftwarens et åbent design, hvor hensigten er, at enhver elektronikfabrikant skal kunne lave den eller videreudvikle på den.

Endelig udstyrede vi pc'en med to lydkort, der hver indeholder fire stereo-lydindgange, således at der kan sendes lyd (feed af en stribe radiokanaler) ind i senderen/computeren. Pc'en havde plads til, at der kunne monteres yderligere lydkort, hvis der skulle blive behov.

Alt i alt kom sendeanlægget til at bestå af følgende udstyr:

- PC: Standard-pc med Ubuntu Linux operativsystem.
- Lydkort i PC: AudioScience ASI5042 (2 stk.).
- USRP: Ettus USRP1 / WBX rev.2.
- Effektttrin: Res-Ingenium AV500-D.
- Cavityfilter: Telmec Broadcasting F86D-7.
- Antenne: 4 stakkede dipoler, VHFteknik.se.

Hele sendeanlægget, der blev etableret i 2011, har stået os i omkring 150.000 kroner excl. moms, inklusive udgiften til antenneinstallatøren, idet opsætning af antennen var det eneste arbejde on site, som vi ikke selv udførte. I dag (2014) vil vi anslå, at et tilsvarende sendeanlæg vil kunne etableres for under 100.000 kroner, dels fordi der er kommet billigere effekttrin på markedet, og dels fordi det ikke længere er nødvendigt at betale en softwarelicens for DAB+-encoderen, idet en schweizisk programmør har lavet en gratis encoder.

*Note: I løbet af den periode, vores forsøg kørte, blev mmbTools-projektet hos CRC i Canada lukket ned, og man kan - så vidt vi ved - ikke længere rekvirere eller købe softwaren fra CRC. En schweizisk programmør, Matthias P. Brändli, har imidlertid videreudviklet softwaren, som nu udgives af den schweiziske non-profit-organisation Open Digital Radio under navnet ODR-mmbTools. Brändli har også, som nævnt ovenfor, lavet en gratis DAB+-encodersoftware. Skal man lave et nyt sendeanlæg i dag, vil man formentlig vælge at anvende ODR-mmbTools, men i vores forsøg anvendtes den oprindelige software fra CRC.*

## **Premiere**

Fordi det tog uventet lang tid at få anskaffet et effekttrin, nåede vi ikke at komme i gang med at sende pr. 1. juni 2011, som var den dato, hvor forsøgstilladelsen trådte i kraft. I stedet kom vi i luften den 15. juli 2011.

Desværre fik vi en uheldig start, idet et lynnedslag den 27. august beskadigede sendeudstyret. Effekttrinnet måtte derfor sendes til reparation hos Res-Ingenium i Italien, og USRP'en måtte udskiftes med en ny. Sidstnævnte var der komplikationer med, idet Ettus Research fik sendt os to nye, men defekte USRP'er, og først den 8. november 2011 kom vi atter i luften med vores forsøgsudsendelser.

Herefter havde vi ikke flere alvorlige uheld i løbet af forsøgsperioden, og man kan således se 8. november 2011 som den reelle premiere.

## Deltagende radiostationer

Med henblik på at gøre os erfaringer med at drive en DAB+-multipleks (MUX), som vi forestiller os, at den kunne se ud i en eventuel fremtidig, digital lokalradioordning, inviterede vi en række af områdets andre lokalradioer til at udsende deres program på en DAB+-kanal i vores MUX.

Vi inviterede i første omgang alle ikke-kommercielle lokalradioer, som i 2011 sendte på FM i det tidligere Frederiksborg Amt. Her kunne vi konstatere en overvejende stor interesse for at deltage, idet seks stationer takkede ja til at deltage, mens tre stationer ikke reagerede på invitationen. De seks deltagende stationer var følgende – her anført i den rækkefølge, de blev koblet på, ultimo 2011 og primo 2012:

- US Radio (Ungdomsskolens Radio fra Espergærde og Helsingør)
- Radio Humleborg
- Radio Nord Fredensborg
- Radio 10FM
- Radio HLR
- Radio Halsnæs.

Nogle af stationerne valgte at samsende med deres FM-signal – herunder Radio Humleborg og Radio Nord Fredensborg, som således delte en DAB+-kanal på samme måde, som de delte FM-frekvens. Nogle af de andre stationer drev i forvejen en 24 timers version af deres sendeflade som internetradio, og valgte at udsende deres internetversion på DAB+.

De første radioværter nogensinde, som sendte en direkte udsendelse i DAB+-formatet i Danmark, blev radioeleverne på Helsingør Ungdomsskole om aftenen den 9. november 2011 kl. 20 til 22.

I 2012 blev der afholdt nyt udbud af ledig sendetid til lokalradio på FM, og da vi fortsat ønskede, at vores DAB+-MUX skulle se ud, som vi forestiller os, at den ville kunne se ud i en eventuel fremtidig, digital lokalradioordning, inviterede vi også de nye tilladelseshavere, som havde fået tildelt sendetid på FM i det tidligere Frederiksborg Amt. Derved fik vi følgende nye stationer med i vores forsøg:

- Global FM
- Halsnæs Country Radio
- Radio FLR
- Halsnæs Retro
- Stina FM

I 2013 fik vi yderligere en station med, idet Radio Odsherred af egen drift henvendte sig med ønske om at deltage i vores forsøg. Med base i Rørvig boede stationen ikke i det tidligere Frederiksborg Amt og var derfor ikke blevet inviteret, men DAB+-signalet kunne modtages udendørs visse steder i Rørvig, lige på den anden side af amtsgrænsen (fjorden), og da der stadigvæk var ledig plads i DAB+-MUX'en, lod vi Radio Odsherred komme med.

I praksis kom også 107fm og Gaybow med på samme DAB+-kanal, idet Radio Odsherred leverede et signalfeed, som var et spejl af deres FM-frekvens, som var delt med disse stationer.

## Bitrater og signalfremføringsmetoder

*Note: I vores forsøg anvendtes softwarecodec'et CRC-DabPlus, der er udgivet af Communications Research Centre Canada som en del af deres radiosoftware-projekt, CRC-mmbTools, til selve DAB+-kodningen af radiokanalerne. I løbet af forsøgsperioden blev mmbTools-projektet hos CRC imidlertid lukket ned, og man kan – så vidt vi ved – ikke længere købe CRC-DabPlus-codec'et. Nye sendeanlæg kan i stedet opbygges med software udviklet af den schweiziske programmør, Matthias P. Brändli, udgivet af organisationen Open Digital Radio. Nedenstående resultater skal således opfattes som retningsgivende, og vi kan ikke udelukke, at man med et andet codec kan nå frem til lidt andre resultater.*

Som et led i forsøget ønskede vi at undersøge, hvilke bitrater der er nødvendige at anvende for at opnå en lyd kvalitet, der er sammenlignelig med de mindre lokalradioers lyd kvalitet på FM.

Det viste sig imidlertid, at dette i praksis i høj grad afhænger af både den metode, der anvendes til fremføring af signal fra radiostationen til senderen, og af den kvalitet og det format, radiostationen har sit råmateriale liggende i, i sin harddiskafvikling.

Her er der især den udfordring, at radiostationerne fra gammel tid ofte anvender det komprimerede MP3-format i deres harddiskafvikling, samt for nogle stationers vedkommende også til signalfremføring. Ved udsendelse på FM er dette ikke et stort problem, idet FM-formatet i sig selv er ukomprimeret, men i det øjeblik, der sendes i DAB+, som er komprimeret efter AAC-standarden, giver det den udfordring, at MP3-formatet ikke er særlig godt kompatibelt med AAC, idet disse to formater af natur er tabsgivende på to helt forskellige måder.

Ved en test, vi lavede med en forsøgskanal, der sendte klassisk musik, kunne vi konstatere, at det er muligt at opnå en god lyd gengivelse selv ved relativt lave bitrater som 56-64 kbit/s, når vi tilførte et fuldstændig tabsfrit signal til DAB+-encoderen ved at uploade et cd-rip direkte til sender-computeren.

For de "rigtige" radiokanalers vedkommende måtte vi generelt op på 80 kbit/s for at undgå et umiddelbart hørbart kvalitetstab, hvilket vi tilskriver, at stationerne anvendte en tabsgivende signalfremføringsmetode (f.eks. mp3-datastrøm) og/eller et tabsgivende format i deres råmateriale/musikbase.

Fordi vi havde overskydende kapacitet i DAB+-blokken, valgte vi dog i det meste af tiden at udsende kanalerne i 88 kbit/s i stedet for 80 kbit/s, så de havde lidt ekstra kvalitetsmæssig headroom.

CRC-DabPlus-codec'et er desuden konstrueret sådan, at det op til 88 kbit/s (ved stereo) anvender HE-AACv1, d.v.s. med Spectral Band Replication (SBR) – en kodningsmetode, hvor lydfrekvenser over 10 kHz forsøges genskabt i modtageren snarere end at blive overført. Fra 96 kbit/s og op anvender CRC-DabPlus blot AAC, d.v.s. ikke SBR, idet SBR ifølge de canadiske udviklere fra CRC i princippet ikke længere er nødvendigt ved disse bitrater. I praksis kunne vi dog konstatere tilfælde, hvor musikgengivelsen var bedre ved 88 kbit/s med SBR end ved 96 kbit/s uden SBR, og da CRC-DabPlus-codec'ets grænse for, hvornår det anvender SBR ikke umiddelbart lader sig flytte, kan vi ikke anbefale, at 96 kbit/s anvendes med dette codec. Man bør derfor enten holde sig til højst 88 kbit/s eller om nødvendigt gå væsentligt højere op i bitrate.

To af vores kanaler, der indgik i forsøget, Interviewkanalen og Ishockeykanalen, bestod overvejende af tale, og vi forsøgte derfor at udsende dem i relativt lave bitrater.

Ved bitrater op til 48 kbit/s (stereo) anvender CRC-DabPlus-codec'et automatisk HE-AACv2, hvori indgår Parametric Stereo (PS), der indebærer, at man ikke bruger plads på at overføre to lydspor, men i stedet genskaber opdelingen mellem venstre og højre i modtageren. Vi kunne konstatere, at dette i overvejende grad går godt, men at der dog er enkelte tilfælde, hvor stereogengivelsen ikke bliver helt som, hvis man overfører begge lydspor.

Ligesom med SBR lader grænsen for, hvornår CRC-DabPlus anvender PS, sig ikke umiddelbart ændre, og på Interviewkanalen og Ishockeykanalen anvendte vi derfor som udgangspunkt 48 kbit/s. Vi forsøgte også med endnu lavere bitrater – men kanalerne var dog ikke helt uden musik, og ved lavere bitrater begyndte musikken at "hvæse" lidt i diskanten, så det var ikke rigtig godt, og vi endte med at gå tilbage til 48 kbit/s. Har man en kanal, som slet ikke udsender musik, f.eks. en nyhedskanal, er vores vurdering dog, at man godt kan anvende lavere bitrater.

#### *Signalfremføringsmetoder:*

For vores egne kanalers vedkommende anvendte vi dels en gammeldags, analog APL-linje, dels streaming via internet fra studie til sender (Retro-Radio og direkte udsendelser på Ishockeykanalen), og dels afvikling fra en computer placeret umiddelbart ved sendeudstyret, som materiale blev uploadet til, således at der ikke var en egentlig signalfremføring. Sidstnævnte metode opnåede vi ret gode kvalitetsmæssige resultater med, men kan i sagens natur ikke bruges til direkte udsendelser.

De andre deltagende lokalradioer blev bedt om selv at levere signal til os. Her valgte Radio Humleborg og Radio Nord Fredensborg at placere en FM-tuner ved vores sendeudstyr, som tog deres FM-signal ned, mens de øvrige stationer valgte at signalfremføre via internet. I første omgang gjorde de det ved at placere egne computere ved sendeudstyret, som tog imod deres signal og leverede det til os. Senere, i løbet af 2012, fik vi med hjælp fra de canadiske softwareudviklere fra CRC lavet en løsning, hvorved sender-computeren selv kan opsamle et internetstream og udsende det på en DAB+-kanal. Dermed blev det meget simpelt at fremføre på denne måde, og radiostationerne behøvede ikke længere at have egne computere stående ved sendeudstyret.

Ingen stationer valgte at oprette dedikerede forbindelser til vores sendeudstyr. Men flere af stationerne anvender heller ikke længere dedikerede forbindelser til deres FM-sendere, men streamer også via internet til disse, så scenariet med fremføring via internet til DAB+-sendeanlægget er tilsyneladende ikke urealistisk i en eventuel fremtid med lokalradio i DAB+.

Med henblik på at opnå en fuldstændig tabsfri signalfremføring ville vi også forsøge at foretage selve DAB+-kodningen allerede i radiostudiet og fremføre den "færdige" DAB+-kanal via internet til multiplekseren i sender-computeren – altså så at sige at placere den første del af sendeanlægget (encodersoftwaren CRC-DabPlus) hjemme hos radiostationen. Det kan fungere, men da den foreliggende software i praksis kræver, at man kan genstarte encodersoftwaren, når man genstarter resten af sendeudstyret, ville det kræve, at operatøren af sendeudstyret har adgang til at genstarte encoderen ude hos de enkelte radiostationer. Det er således en logistisk lidt besværlig fremføringsmetode, som vi ikke i praksis anvendte.



## Dækning, transmission modes og fejlretning

Med henblik på at lave en lokal DAB+-blok, som vi forestiller os, at den kunne se ud i en eventuel fremtidig, digital lokalradioordning, definerede vi det tidligere Frederiksborg Amt som blokkens dækningsområde og inviterede lokalradioer i dette område til at deltage i vores forsøg.

I praksis opnåede vi dog ikke indendørs dækning i hele dette område. Når vi opgør dækningen i "gamle kommuner", d.v.s. som lokalradioernes sendeområder på FM, kunne vi som tommelfingerregel konstatere indendørs dækning i vores egen kommune og de tilgrænsende kommuner, d.v.s. de tidligere Karlebo, Hørsholm, Fredensborg-Humlebæk, Allerød og Hillerød kommuner.

Skal man dække hele det tidligere Frederiksborg Amt med indendørs modtagelse med et sendeanlæg som vores, vil det kræve en mere central senderplacering i amtet, og måske også en højere placeret senderantenne, end vi havde i vores forsøg. Vi sendte fra Kokkedal, ikke langt fra Øresund, fordi vi i forvejen rådede over masteplads her. Og uanset dette vil der – i lighed med lokalradio på FM – sandsynligvis altid være etagebyggerier m.v. på en vis afstand af sendeanlægget, som vil være vanskelige at opnå fuld dækning i, og som må signalforsynes igennem fællesantenneanlæg.

Udendørs dækning – i biler med DAB-antenne monteret udvendigt på bilen – kunne vi dog rent faktisk konstatere i stort set hele det tidligere Frederiksborg Amt.

Vores vurdering er dog, at kun et forsvindende lille antal lyttere hører DAB-radio udendørs. DAB-radioer til eftermontering i biler sælges ofte med en medfølgende antenne til opløbning *indvendigt* på bilruden. Sådanne løsninger testede vi også, og her fik vi udfald i lyden allerede på cirka 3 kilometers afstand af senderen. Vi kunne dermed konstatere, at sådanne antenneløsninger i praksis er sammenlignelige med indendørs modtagelse og ikke kan opfattes som udendørs modtagelse.

Vi opnåede således langt bedre resultater med en DAB-antenne monteret udvendigt på bilen. Imidlertid findes DAB-antenner til eftermontering udvendigt på biler tilsyneladende næsten ikke på markedet i Danmark, hvilket kan være en udfordring for lokalradioer, der måtte ønske at blive modtaget i DAB+ i biler. De antenner, vi anvendte i forsøget, blev købt i England.

### *DAB transmission modes:*

DAB og DAB+ kan udsendes i fire forskellige *transmission modes*. Forskellen på de fire modes ligger bl.a. i antallet af bærebølger (subcarriers) og bredden af hver enkelt bærebølge i det såkaldte OFDM-signal, som udgør en DAB-blok. Datakapaciteten er den samme for alle fire transmission modes, men valget af mode giver signalet forskellige egenskaber, herunder om det egner sig bedst til VHF bånd III (omkring 200 MHz), som anvendes i bl.a. Danmark, eller til L-båndet (omkring 1500 MHz), som anvendes i visse andre lande samt til DAB-radio fra satellit, om det egner sig til SFN (flere sendere på samme frekvens, som i de landsdækkende DAB-blokke i Danmark), om det egner sig til distribution i kabelanlæg o.s.v.

Sædvanligvis anvendes transmission mode I, når der sendes i VHF-båndet, som alle danske DAB-kanaler udsendes i. Den første version af vores modulatorsoftware understøttede imidlertid kun mode II, som primært har været anvendt i L-båndet i Canada, hvor softwaren jo er udviklet. Forskellige kilder er uenige om, hvor vidt mode II overhovedet egner sig til brug i VHF-båndet. Vi kunne dog konstatere, at det generelt fungerede, dog oplevede vi en enkelt radiomodtager, som havde vanskeligt ved at håndtere det.

I begyndelsen af 2012 havde de canadiske softwareudviklere lavet en opdateret version af softwaren, som understøttede transmission mode I, som de gav os mulighed for at teste, selv om den endnu ikke var udgivet.

Mode I skulle i VHF-båndet bl.a. være bedre egnet til flervejsmodtagelse, hvilket vi også kunne konstatere i praksis, da vi skiftede fra mode II til mode I: Dækningen over åbent land var stort set uforandret, men indirekte modtagelse, f.eks. ved kørsel under halvtag eller kørsel igennem en skov, blev mærkbart forbedret. Også den indendørs dækning blev en smule bedre, da vi skiftede til mode I.

Vi konstaterede ingen ulemper ved mode I i forhold til mode II, og idet den opdaterede software senere er blevet udgivet offentligt er der næppe længere nogen grund til at anvende andet end mode I til lokalradio i DAB+ i VHF-båndet.

#### *Fejlretning:*

En DAB+-radiokanal udsendes som en datastrøm, der kan udsendes med fire niveauer af fejlretning, kaldet Error Protection Level 1 til 4. Level 1 er det niveau, der har den største grad af fejlretning, dernæst følger level 2, 3 og 4. Jo større grad af fejlretning, der anvendes, des lettere er det for modtageren af afspille radiokanalen, hvis signalet er svagt, men en større grad af fejlretning er også ensbetydende med, at der bruges mere kapacitet på at udsende kanalen.

Følgende skema viser hvilket niveau af fejlretning (forward error correction), de fire niveauer repræsenterer, samt hvad de "koster" i pladsforbrug (capacity units):

Error Protection Level	Forward Error Correction	Pladsforbrug, Capacity Units
1	1/4	1,5 x bitraten
2	3/8	1 x bitraten
3	1/2	0,75 x bitraten
4	3/4	0,5 x bitraten

Hvis en kanal eksempelvis udsendes med en bitrate på 80 kbit/s, vil den ved Error Protection Level 3 fylde 60 capacity units, mens den samme kanal ved Error Protection Level 1 vil fylde det dobbelte – 120 capacity units.

Ovenstående gælder generelt for datastrømme, der udsendes med fejlretningsmetoden EEP protection type A, uanset om der er tale om en DAB+-radiokanal eller en datatjeneste.

Særligt for DAB+-radiokanaler gælder imidlertid, at der i denne standard er tilføjet endnu et lag af fejlretning (af typen Reed-Solomon) i forbindelse med selve lydsporene. Dette ekstra fejlretningslag fungerer uafhængigt af det ovenfor beskrevne, og løser bl.a. et problem, man kan opleve med "gammeldags" DAB, som giver "boblende" lyd, når signalet bliver svagt. Den "boblende" lyd oplevede vi således ikke med DAB+.

I vores forsøg testede vi alle fire fejlretningsniveauer, idet tanken var, at de mest effektive fejlretningsniveauer kunne anvendes til de lokalradioer, der havde hjemkommune længst borte fra senderen. Vi kunne imidlertid konstatere, at imens Level 4 gav en betydeligt dårligere dækning end de øvrige, var der derimod en forsvindende lille forskel på dækningen, om der anvendtes Level 3, 2 eller 1. I vores biler kunne vi ingen forskel konstatere, og ved en test med en bordradio med signalstyrke- og bitfejlindikator observerede vi så lille en forskel på resultatet ved Level 3, 2 og 1, at man kan opnå større forskel ved blot at flytte lidt på antennen.

Vi tilskriver den meget lille forskel på de tre niveauer, at Level 3 yder et tilstrækkeligt niveau af fejlretning til, at Reed-Solomon-fejlretningen på lydsporene kan løse resten af opgaven.

Når man tænker på, at Level 1 alt andet lige bruger dobbelt så meget kapacitet i DAB+-blokken som Level 3, og det viser sig, at gevinsten ved at anvende højere niveauer end Level 3 er forsvindende lille, konkluderer vi således, at man til lokalradiobrug ikke behøver anvende andre fejlretningsniveauer end Error Protection Level 3.

*Note: I et enkelt tilfælde oplevede vi forskel af betydning på de tre bedste fejlretningsniveauer: En DX'er – d.v.s. en lytter, der har som hobby at opfange signaler fra radiostationer på meget store afstande – modtog på en sommerdag i højtryksvejv vores signal med en stor antenne vest for Horsens. Formentlig på grund af en svingende signalstyrke oplevede han mere stabil modtagelse af de kanaler, der havde det højeste fejlretningsniveau. Imidlertid er formålet med lokalradio jo ikke, at det skal modtages på så store afstande, og vi mener derfor ikke, at man behøver tage hensyn til dette ved valg af fejlretningsniveau.*

## Test af nye programformater

Sideløbende med de tekniske forsøg omfattede vores forsøgsprojekt også en afprøvning af to programformater.

### *Interviewkanalen:*

Det ene format, Interviewkanalen, åbnede den 11.februar 2012 og sendte interviews af lokal interesse og andre indslag af en halv eller en hel times varighed. Interviewgæsterne var eksempelvis musikere, forfattere eller eventmagere. Kanalen kørte i loop døgnet rundt.

En interessant udvikling var, at et par af de andre radiostationer, som vi i forvejen udsendte i DAB+-blokken, af egen drift begyndte at tilbyde os interviewmateriale til kanalen, som dermed kom til at omfatte indhold, der var produceret af flere forskellige radiostationer. Dette syntes vi var en fantastisk udvikling, som vi ikke havde forestillet os.

Desværre fik vi ikke ret meget lytterfeedback på dette format, hvilket peger på, at kanalen ikke fik så mange lyttere, som vores andre DAB+-kanaler. Vi tilskriver det umiddelbart, at der ikke fandtes en egentlig programoversigt med sendetidspunkter, idet kanalen jo blot kørte i loop. Selv om mange af interviewgæsterne havde interessante historier at fortælle, har det måske været for svært for lytterne at forholde sig til, hvad kanalen sendte.

### *Ishockeykanalen:*

Lokalradioforeningen Kanal Plus har en lang tradition for at sende direkte reportager fra det lokale eliteishockeyhold, Rungsted Cobras', kampe. Det andet nye programformat, Ishockeykanalen, var tænkt som en 24 timers kanal, som ud over at sende reportager fra kampene også skulle sende interviews og baggrund om ishockey og det lokale hold. Kanalen skulle i lighed med Interviewkanalen køre i loop.

Omkring det tidspunkt, hvor vi startede planlægningen af denne kanal, gik selskabet bag Rungsted Cobras konkurs, og holdet måtte forlade superisligaen. På det tidspunkt regnede man med, at det blot handlede om en enkelt sæson, før Rungsted var tilbage i ligaen, og vi fandt det alligevel relevant at arbejde med dette radioformat. Der skulle dog vise sig at gå tre sæsoner, før Rungsted atter kunne stille med et eliteishockeyhold, og efter så lang tids pause var det vanskeligt på ny at finde manpoweren til at producere indhold til sådan en radiokanal.

Kanalen blev derfor ikke, som vi oprindeligt havde forestillet os, men den blev dog i begyndelsen af 2013 lanceret – i første omgang med arkivmateriale, og fra efteråret 2013 med direkte reportager fra det nye eliteishockeyholds kampe.

## Konklusioner

Med et DAB+-sendeanlæg som det, vi opbyggede og anvendte i vores forsøg, er det muligt at dække et antal lokalradio-sendeområder ("gamle kommuner") med indendørs dækning. Således vil et antal lokalradioer i indbyrdes naboområder kunne samles i en lokal DAB+-blok.

Skal der opnås indendørs dækning i lige så mange sendeområder, som der er plads til af kanaler i en DAB+-blok, vil det dog kræve, at der sendes fra en større mastehøjde og/eller med større sendeeffekt, end vi gjorde i vores forsøg. I etagebyggerier m.v. vil indendørs modtagelse i visse tilfælde kræve videredistribution i fællesantenneanlæg, ligesom det kan være tilfældet med lokalradio på FM.

Det var i 2011 muligt at etablere et pc-baseret sendeanlæg som vores for 150.000 kroner. I dag vil det kunne gøres billigere, idet priserne på effekttrin er faldet, og der ikke længere skal købes en softwarelicens til DAB+-encoding. Sendeanlægget kan udsende en DAB+-blok indeholdende mindst 14 kanaler, hvilket betyder, at etablering af et sendeanlæg som vores er billigere pr. kanal end etablering af et antal FM-sendeområder til lokalradiobrug.

Vi kan således konkludere, at såfremt der etableres tilstrækkeligt med lokale sendemuligheder (frekvenser til brug med blot et enkelt, lokalt sendeanlæg), er det både teknisk og økonomisk muligt for de mindre lokalradioer at sende i DAB+.

For at opnå en lyd kvalitet på DAB+, der kan sammenlignes med lokalradioernes lyd kvalitet på FM, givet den kvalitet, som lokalradioernes råmateriale i praksis typisk er produceret i og signalføres i, kom vi frem til, at der bør anvendes en bitrate på 80 kbit/s for radiostationer, der primært udsender musik, og 48 kbit/s for stationer, der primært udsender taleprogrammer.

I en eventuel fremtidig lokalradioordning baseret på DAB+ kan man dog, såfremt man ønsker at gøre tildelingen af kanalpladser lettere at administrere, vælge at tildele radiostationer, der udsender taleprogrammer, en bitrate på 40 kbit/s, idet to af disse stationer derved vil have samme pladsforbrug som én musikstation.

80 kbit/s kan synes at være en relativt høj bitrate for DAB+. At det er nødvendigt i praksis, tilskriver vi, at en del mindre lokalradioer fra gammel tid har deres råmateriale og musikbase produceret i MP3-formatet, som er et udbredt, men gammelt format, der er dårligt kompatibelt med HE-AAC-formatet, som anvendes i DAB+-standarden. Ved 80 kbit/s (og Error Protection Level 3) er der plads til 14 radiokanaler i en DAB+-blok.

Vi kom desuden frem til, at bedste dækning opnås ved at anvende DAB transmission mode I, og at der i lokalradiosammenhæng ikke er behov for at anvende andre fejltretningsniveauer end Error Protection Level 3.

Endelig fik vi afprøvet to programformater. Det ene, Interviewkanalen, blev en interessant udvikling, idet andre radiostationer af egen drift begyndte at tilbyde materiale til kanalen. Det andet format, Ishockeykanalen, blev desværre aldrig, som vi oprindeligt havde forestillet os, bl.a. fordi det lokale eliteishockeyhold måtte stå uden for Superisligaen i længere tid.

Slutteligt kan nævnes, at denne rapport forfatter i 2012 var inviteret til at gå på talerstolen ved et seminar, Digital Radio Summit, der blev afholdt hos EBU (European Broadcasting Union) i Genève, for at fortælle om vores forsøg – om baggrunden for projektet og hvordan vi har gjort m.m. Seminaret havde deltagelse af repræsentanter fra public service-radio, kommerciel og ikke-kommerciel, privatdrevet radio, elektronikbranchen, internationale organisationer og mange andre.

Så vores projekt med at udsende det, de kalder "community radio", i DAB+ har altså vakt interesse helt nede hos EBU.

Efter seminaret modtog vi en mail fra den canadiske projektleder for udviklingen af mmbTools-softwaren, som vi anvender i sendeanlægget, Francois Lefebvre, som også havde været til stede. Heri skrev han bl.a.: *"For us, your experiment represents an important milestone in a vision we had some years ago. Your results clearly show that building a DAB transmission system can be affordable."*

## Tak til

*Francois Lefebvre og Pascal Charest, softwareudviklere hos Communications Research Centre Canada (CRC).*

*Niels Dreijer, Teracom.*

*Mathias Coinchon og Stan Roehrich, EBU og Open Digital Radio.*

*Marcus D. Leech, Ettus Research support.*

*Alle leverandører, der gjorde en stor indsats for at skaffe tilbud på sendeudstyr.*

*De andre lokalradioer, der stillede deres kanaler til rådighed for vores forsøg.*

*Radio- og tv-nævnet, Kulturstyrelsen og ITST/Erhvervsstyrelsen for de nødvendige tilladelser, der gjorde projektet muligt.*

*KODA og Gramex for aftaler, der gjorde projektet økonomisk og praktisk muligt.*