

3D printede mikrobølgeantennen mm.

Mikrobølgedag Horsens 20. april 2024

Jørgen Kragh, OZ7TA

- Hvad skal vi høre om?
  - Hvad kan man med en 3D printer?
  - Nøjagtighed: Hvad er kravet og hvad er muligt?
  - Konstruktion og materialevalg
  - Case studies
  - Metallisering
  - Virker de?

# Hvad kan man med en 3D printer?

- 3D printere der printer i et plastmateriale:
  - Parabolskåle
  - Hornantenner
  - Bølgelederovergange f.eks. fra WR90 til WR75
  - Dielektriske antenner, f.eks. linser
  - Radomer
  - I de lavere bånd tillige antenne stand-offs og kabelhuse
- ”Prof” printere der kan printe i metal:
  - Stort set alt i antenner

# Nøjagtighed

- Hvis en parabol, hornantenne eller linse er unøjagtig eller har "buler" vil det medføre tab og/eller sidesløjfer i udstrålingen
- Hvor nøjagtigt skal det være?
  - Godt spørgsmål, for det afhænger af de tab man vil acceptere
  - For parabolantenner vil "buler" på max. 4 % af bølgelængden medføre et tab under 0,5 dB
  - Horn og linser er "små" ift. paraboler, så kravene til nøjagtighed er større.
  - Max. 1 % af bølgelængden for horn og max. 0,5 % for linser

# Nøjagtighed eller mangel på samme

- Ved 3D print er der mange unøjagtigheder:
  - Omsætning fra CAD tegning til printfil (gcode fil)
  - Svind i printmaterialet
  - Granularitet i printet (lagtykkelse og dysediameter)
  - Printerens ultimative nøjagtighed
  - Printerens aktuelle tilstand (slid på tandremme og spindler og især oplining af bordet)
  - En kubus på 20X20X20 mm kan meget let ende på 20,3 X19,8 X 20,1 mm

# Nøjagtighed

- Hvis alt er justeret så godt som muligt, og der er kompenseret for svindet, kan man opnå en nøjagtighed på 0,5 til 0,7 %
- Ved et printemne med max. dimension 200 mm svarer det til en absolut fejl på 1 til 1,4 mm
- Ved mindre emner er den absolutte fejl mindre, men den kommer ikke under 0,15 til 0,2 mm.
- "Ripple" pga. lagdelingen vil være 0,1 til 0,2 mm
- Jo højere frekvens, jo sværere bliver det

# Nødvendig absolut nøjagtighed

Frekvens (GHz)	4 %	1 %	0,5 %
1,3	9,2	2,3	1,2
2,4	5	1,3	0,7
10,4	1,2	0,3	0,15
24	0,5	0,1	0,05
122	0,2	0,05	0,03

# Hvor får vi delene fra?

- Der er grundlæggende tre muligheder:
  - Finde noget brugbart på Thingiverse, Yeggi, Printables, etc.
  - Tigge filer ved andre radioamatører
  - Tegne delene fra grunden
- Thingiverse m.fl. er kun STL filer, der som regel er svære at redigere
- Tiggede filer ofte også kun STL, men man kan være heldig at få originale CAD filer
- Tegne selv er det bedste, men også mest arbejdskrævende



# Konstruktion

- Konstruktion er som for andre 3D printede ting:
  - Tilstrækkelig styrke og vejrbestandighed
  - Undgå mystiske hulrum
  - Brug netop nok infill
  - Tingen skal være printbar
- CAD programmet er underordnet
- Paraboler kan tegnes i OpenSCAD og eksporteres derfra
- Lav STL filerne med stor opløsning

# Konstruktion

- Typisk er printvolumenet mellem 20 X 20 X 20 cm og 30 X 30 X 30 cm
- Sætter nogle grænser, men så må man være kreativ
- Større emner må deles i mindre bidder
- Eksempler:
  - En 36 cm parabol opdeles i 4 stykker "appelsinskal", som printes i en arbejdsgang og limes sammen
  - En stor hornantenne kan deles i 4 stykker

# Konstruktion

The screenshot displays the Ultimaker Cura software interface. At the top, the window title is "CE3PRO\_Parabol\_test1 - Ultimaker Cura". The main menu includes "File", "Edit", "View", "Settings", "Extensions", "Preferences", and "Help". The top navigation bar has "PREPARE", "PREVIEW", and "MONITOR" tabs. The printer selected is "Creality Ender-3 Pro" and the material is "Generic PLA 0.4mm Nozzle". The print settings are "PLA standard 0,2... Quality - 0.2mm", "10%", "On", and "Off".

The central 3D view shows a yellow curved object, a paraboloid, on a build plate. The right-hand panel is titled "Print settings" and shows the "Quality" section expanded to "Walls". The settings for the walls are:

Setting	Value	Unit
Wall Thickness	1.2	mm
Wall Line Count	3	
Outer Wall Wipe Distance	0.0	mm
Outer Wall Inset	0.0	mm
Optimize Wall Printing Order	<input checked="" type="checkbox"/>	
Wall Ordering	Inside To Outside	
Alternate Extra Wall	<input checked="" type="checkbox"/>	

At the bottom of the settings panel, there is a "Recommended" button. Below the settings panel, there is a large blue "Slice" button.

The bottom-left corner shows the "Object list" with "CE3PRO\_Parabol\_test1" and dimensions "191.5 x 181.5 x 180.0 mm". The Windows taskbar at the bottom shows the search bar "Skriv her for at søge", the system tray with "OZTIA", "RADIO", "3D printede antern...", and "CE3PRO\_Parabol\_te...", and the system clock showing "11:55 torsdag 28-03-2024".

# Konstruktion

- Til paraboler, stand offs, kabelhuse mm. er materialet ret ukritisk
- Skal "kun" være tilfredsstillende mekanisk og vejrbestandigt
- Til radomer og linser er det vigtigt med lavt tab og kendt dielektricitetskonstant, men:
  - Det er sjældent oplyst og i hvert fald ikke ved høje frekvenser
  - Store(?) variationer i egenskaberne
  - Renhed af materialerne
  - Farvepigmentet?
  - Er materialet hygroskopisk?

# Konstruktion

- Ved radomer skal mikrobølgesignalet kunne passere uden tab
- Stiller krav til både den mekaniske konstruktion og materialet
- Mekanisk skal radomen være:
  - Så tyndvægget som muligt, men stadig tæt
  - Så homogen som muligt i vægtykkelse ( undgå uønsket linseeffekt)
  - Glat og uden "krummelurer" der opsamler snavs og regnvand
  - Være nem at udskifte, når UV strålingen har gjort den mør efter et par år
- Har prøvet med PLA og PETG: Ingen målbar forskel

# Case study 1: 15 element Yagi til 23 cm



# Case study 1:15 element Yagi til 23 cm

- Bom af kulfiber
- Mål på elementer fås fra VK5DJ's Yagi Calculator
- Kræver design af 5 dele:
  - Stands off til reflektor og direktorer
  - Dipolholder (3 dele)
  - Bukkelære til dipol
- Printes ad 3 omgange:
  - 2 X 7 stands offs
  - Dipolholder og bukkelære

# Case study 1: 15 elm. Yagi til 23 cm

The screenshot displays the Ultimaker Cura software interface. At the top, the title bar reads "CE3PRO\_Elementholder\_1 - Ultimaker Cura". The main menu includes "File", "Edit", "View", "Settings", "Extensions", "Preferences", and "Help". The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Shows the current printer "Creality Ender-3 Pro", nozzle "Generic PLA 0.4mm Nozzle", and print settings "PLA standard 0,2... Quality - 0.2mm", "40%", "On", and "Off".
- Left Panel:** Contains a coordinate system with X, Y, and Z axes set to 0 mm. It also has checkboxes for "Lock Model" (unchecked) and "Drop Down Model" (checked).
- Center:** A 3D view of a yellow Yagi antenna array on a grid. A blue arrow points upwards, and a red arrow points to the right.
- Right Panel (Print settings):** A sidebar with a search bar and a list of settings: Quality, Walls, Top/Bottom, Infill, Material, Speed, Travel, Cooling, and Support. A "Recommended" button is at the bottom of the list.
- Bottom Panel:** An "Object list" showing "CE3PRO\_Elementholder\_1" with dimensions "138.0 x 81.0 x 12.0 mm". A large blue "Slice" button is located below the print settings panel.

The Windows taskbar at the bottom shows the date and time as "17:32 torsdag 18-04-2024".



# Case study 2: Linser til QO-100 POTY feed

- Til QO-100 POTY feed fandt jeg linser til forskellige f/D
- Fine STL filer, men ingen oplysning om materialet
  - Nok ikke PETG, da det er hygroskopisk
- Satsede og printede i hvid og sort PLA med 100 % infill
- Alle linser gav alle mellem 0,8 og 1,3 dB forbedring på RX ift. bølgeleder uden linse
- Kan det blive bedre med et andet materiale eller en bedre kvalitet PLA?

# Metallisering

- Metalliseringen skal være:
  - Godt ledende
  - Homogen
  - Lav overgangsmodstand til konnektorer mv.
- Til gengæld behøver den ikke være ret tyk
- Selvklæbende kobber eller alufolie
- Kobberspray
- Ledende maling

# Metallisering

- Selvklæbende folie:
  - Nemt at arbejde med på plane flader
  - Overgangsmodstand mellem segmenterne (især ved aluminium)
  - Svært at få pænt på krumme flader ("stor" unøjagtighed)
  - God forbindelse til konnektorer / WG launchere
- Ledende maling:
  - Nemt at arbejde med også på krumme flader
  - Lavere ledningsevne end kobberfolie (?)
  - Svært at få god forbindelse til konnektorer / WG launchere

# Metallisering

- Maling der med sikkerhed virker:
  - Kobber: "EMI 35" fra Kontakt Chemie
  - Sølv: "Silberlack" fra Tifoo
- Emnet skal males to gange
- Maling der ikke virker:
  - "sølv", "guld" og "kobber" spray" fra "Harald", Thansen, Biltema m.fl.
  - Alu spray
  - Zink galvano spray (selv om der stod på flasken at det var ledende)

# Virker de?

- Mine erfaringer:
  - Første 122 GHz forbindelse på Sjælland i 2020 blev gennemført bl.a. med brug af en 16 cm 3D-printet parabol malet med EMI-35
  - Materiemålinger i X og Ka bånd med 3D printede hornantenner
  - Radomer til QO-100 antenne:
    - Tyk radome (ICE Cone antenna): 3-4 dB tab på downlink
    - Tynd radome: 1 -2 dB på downlink
    - På uplink kan jeg ikke måle noget tab ifm. radome
  - QO-100 uplink antenne med malet jordplan og tynd radome:
    - Smalbånd: 18 dB CNR på eget signal med 3 W uplink
    - DATV (330 kS): 6,5 dB CNR på eget signal med 40 W uplink

# På EKVL RWY10 den 19. SEP 2020



# Virker de?

- Ja, delene virker, men man skal være meget omhyggelig med:
  - Printprocessen (overholde mål og evt. materialetype)
  - Metalliseringen
  - Montagen
- Tab:
  - Muligvis lidt større end hvis man brugte metalparaboler og -horn
  - Ved radomer i samme størrelsesorden som som et yoghurtbæger
- Udfordrende, men interessant og lærerigt, og det er bl.a. det amatørradio går ud på

Spørgsmål ???