



A p l i k a c e A s y m p t o t i c k é h o S o l v e r u

David KUŘÁTKO, *SIMULIA SUPPORT & PRE-SALES*

5-6-7/11/2025

CONFIDENTIAL

1. Úvod

- Základní informace (solver, difrakce)

2. Ukázka aplikací A-solveru

- Field Sources
 - Export FFS & NFS
 - Platforma
 - Simulace kanálu
 - Dopplerova mapa
- RCS
 - Monostatic & Bistatic
 - Hot spot analýza
- Range profile & ISAR

3. Závěr

- Výpočet ve frekvenční oblasti založená na ray-tracing.
- Robustní povrchový mesh, který je necitlivý na kvalitu CAD modelu.
- Buzení: FFS, NFS, Rovinná vlna
- Elektricky velké simulace:
 - Výpočet farfieldu
 - Umístění antén
 - RCS mapy
 - Range profile / doppler mapa
 - Simulace kanálu

CONFIDENTIAL

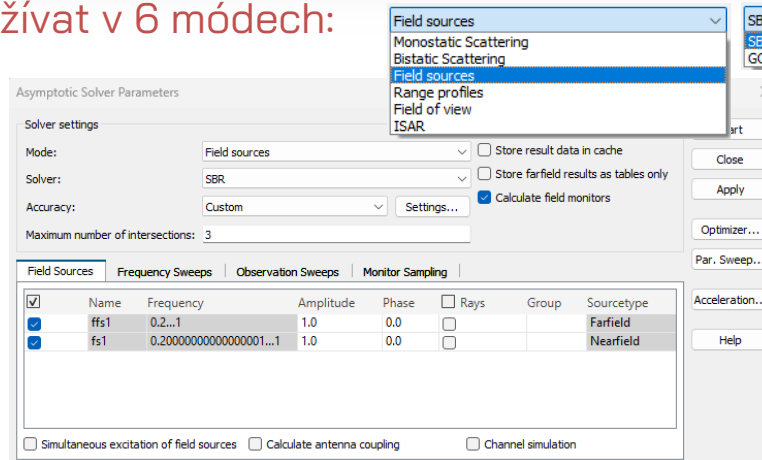
V případě zájmu nás kontaktujte.

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

- Asymptotický solver lze používat v 6 módech:

- Monostatic scattering
- Bistatic scattering
- Field sources
- Range profiles
- Field of view
- ISAR



CONFIDENTIAL

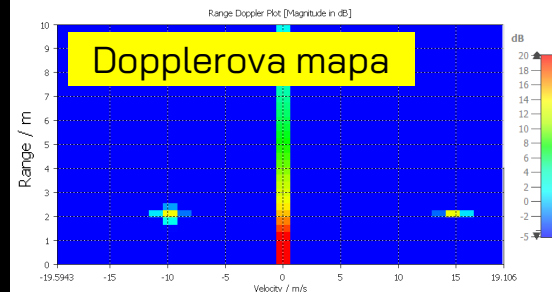
V případě zájmu nás kontaktujte.

- Lze použít 2 metody:

- SBR (PO)
- GO

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.



- Záložky se zobrazují dle zvoleného módu A-solveru.
- Nastavení A-solveru je nadřazené ostatnímu nastavení v CST projektu (frekvence, excitation, monitory).
- Materiály:
 - PEC, perfect absorber
 - Complex surface impedance
 - Coated materials
 - Thin panel
- Pouze vakuum (background) a open, open (add space) boundaries.

Field Sources | Frequency Sweeps | Observation Sweeps | Monitor Sampling

<input checked="" type="checkbox"/>	Name	Frequency	Amplitude	Phase	<input type="checkbox"/> Rays	Group	Sourcetype
<input checked="" type="checkbox"/>	ffs1	0.2...1	1.0	0.0	<input type="checkbox"/>		Farfield
<input checked="" type="checkbox"/>	fs1	0.2000000000000001	1.0	0.0	<input type="checkbox"/>		Nearfield

Polarization | Frequency Sweeps | Excitation Angle Sweeps | Observation Sweeps | Monitor Sampling

Type	Etheta Re	Etheta Im	Ephi Re	Ephi Im	Amplitude
Custom	0	1	0	0	1

Polarization | Frequency Sweeps | Excitation Angle Sweeps | Observation Sweeps | Monitor Sampling

Fmin (>= 1)	Fmax (<= 10)	Fstep	Add..	Delete
10	10	0		

Polarization | Frequency Sweeps | Excitation Angle Sweeps | Observation Sweeps | Monitor Sampling

Sweep	Theta min	Theta max	Theta step	Phi min	Phi max	Phi step	<input type="checkbox"/> Rays	Add..	Delete
Point	90			0			<input type="checkbox"/>		

Polarization | Frequency Sweeps | Excitation Angle Sweeps | Observation Sweeps | Monitor Sampling

Sweep	Theta min	Theta max	Theta step	Phi min	Phi max	Phi step	<input type="checkbox"/> Rays	Add..	Delete
Theta	0	180	1	0			<input type="checkbox"/>		

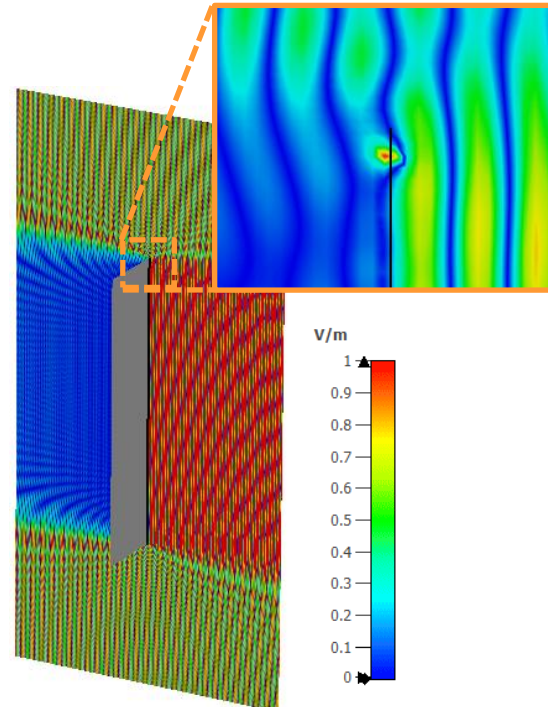
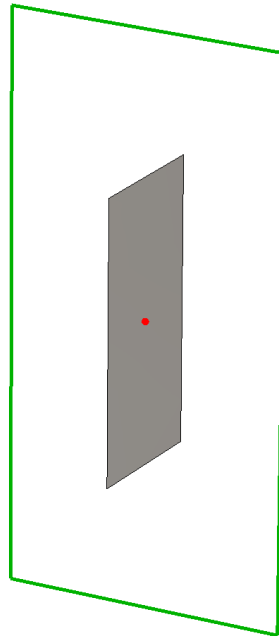
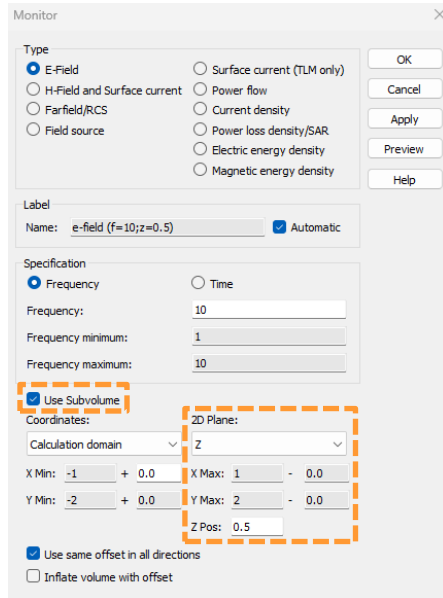
Polarization | Frequency Sweeps | Excitation Angle Sweeps | Observation Sweeps | Monitor Sampling

Steps per wavelength defaults

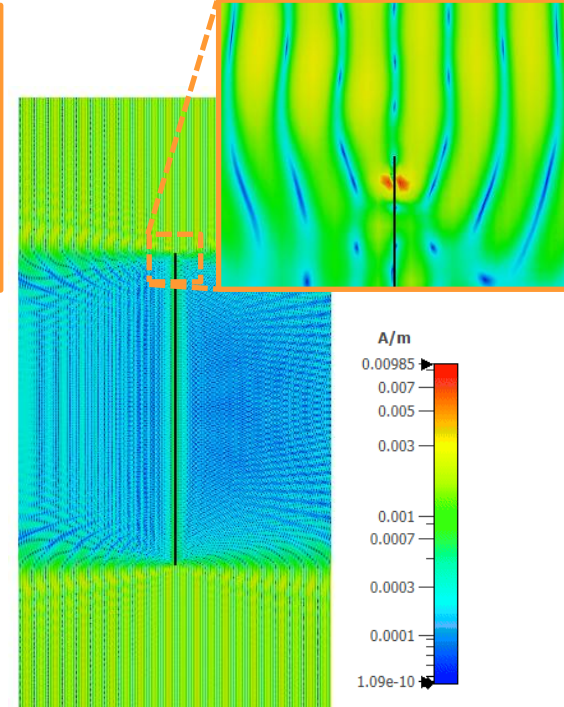
Field monitors: 10 Field source monitors: 10

Name	Frequency	Absolute sampling	X	Y	Z	Samples
e-field (f=5.5)	5.5	<input type="checkbox"/>	2	668	2	2672

- A-solver počítá pouze 2D E- / H-monitory → při definování monitoru je potřeba nastavit sub-volume.



E-field, $f = 10$ GHz



H-field, $f = 10$ GHz

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

1. Úvod

- Základní informace (solver, difrakce)

2. Ukázka aplikací A-solveru

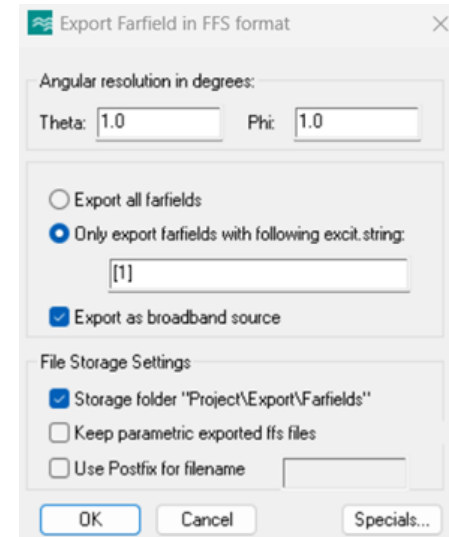
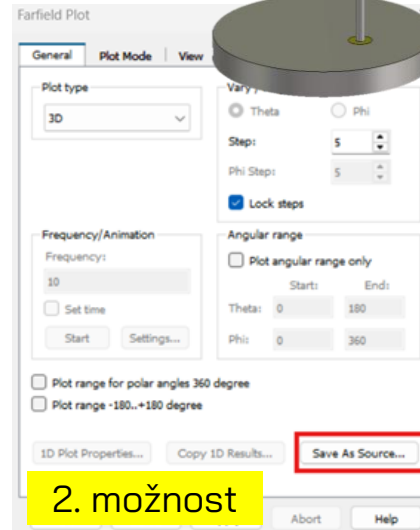
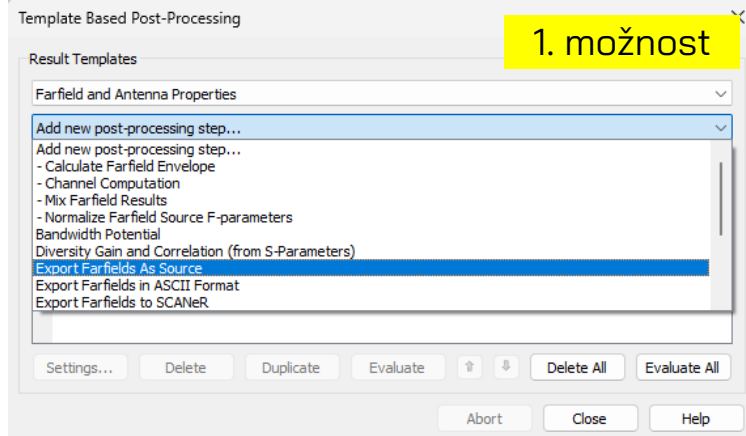
- Field Sources
 - Export FFS & NFS
 - Platforma
 - Simulace kanálu
 - Dopplerova mapa
- RCS
 - Monostatic & Bistatic
 - Hot spot analýza
- Range profile & ISAR

3. Závěr

APLIKACE A-SOLVERU

EXPORT FSS ZDROJE

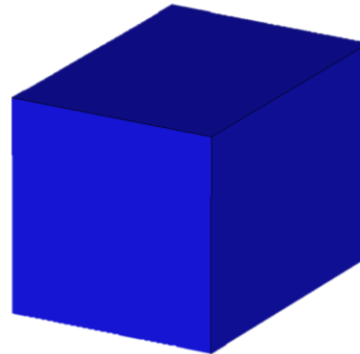
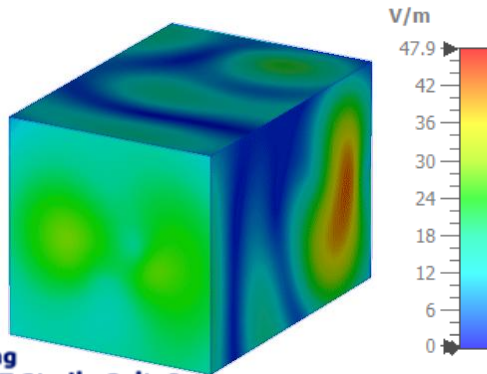
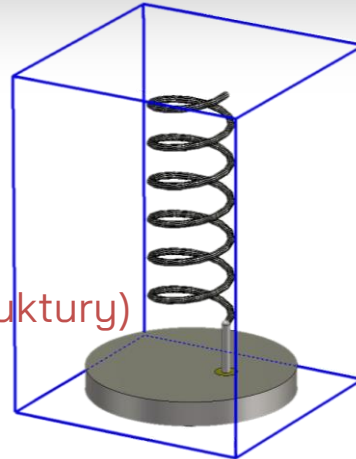
- Jak získat FSS zdroj?
- 1. Result Template
- 2. Export přímo z vyz. diagramu (farfield)



APLIKACE A-SOLVERU

EXPORT NFS ZDROJE

- Jak získat NFS zdroj?
 - Automaticky přes HS task
 - Field source monitor:
 - Používat subvolume ($\lambda/20$ od struktury)
 - Měření (IEC/TR 61967-1-1)



Monitor

Type

- ☐ E-Field
- ☐ H-Field and Surface current
- ☐ Farfield/RCS
- ☒ Field source
- ☐ Surface current (TLM only)
- ☐ Power flow
- ☐ Current density
- ☐ Power loss density/SAR
- ☐ Electric energy density
- ☐ Magnetic energy density

Label

Name: field-source (f=0.2..1(5)) ☐ Automatic

Specification

☒ Frequency ☐ Time

Samples (linear) 5

Frequency minimum: 0.2

Frequency maximum: 1

☒ Use Subvolume

Coordinates: Free

Offset type: Absolute distance

X Min: -20 - 0.0 X Max: 10 + 0.0

Y Min: -10 - 0.0 Y Max: 32 + 0.0

Z Min: -15 - 0.0 Z Max: 15 + 0.0

☒ Use same offset in all directions

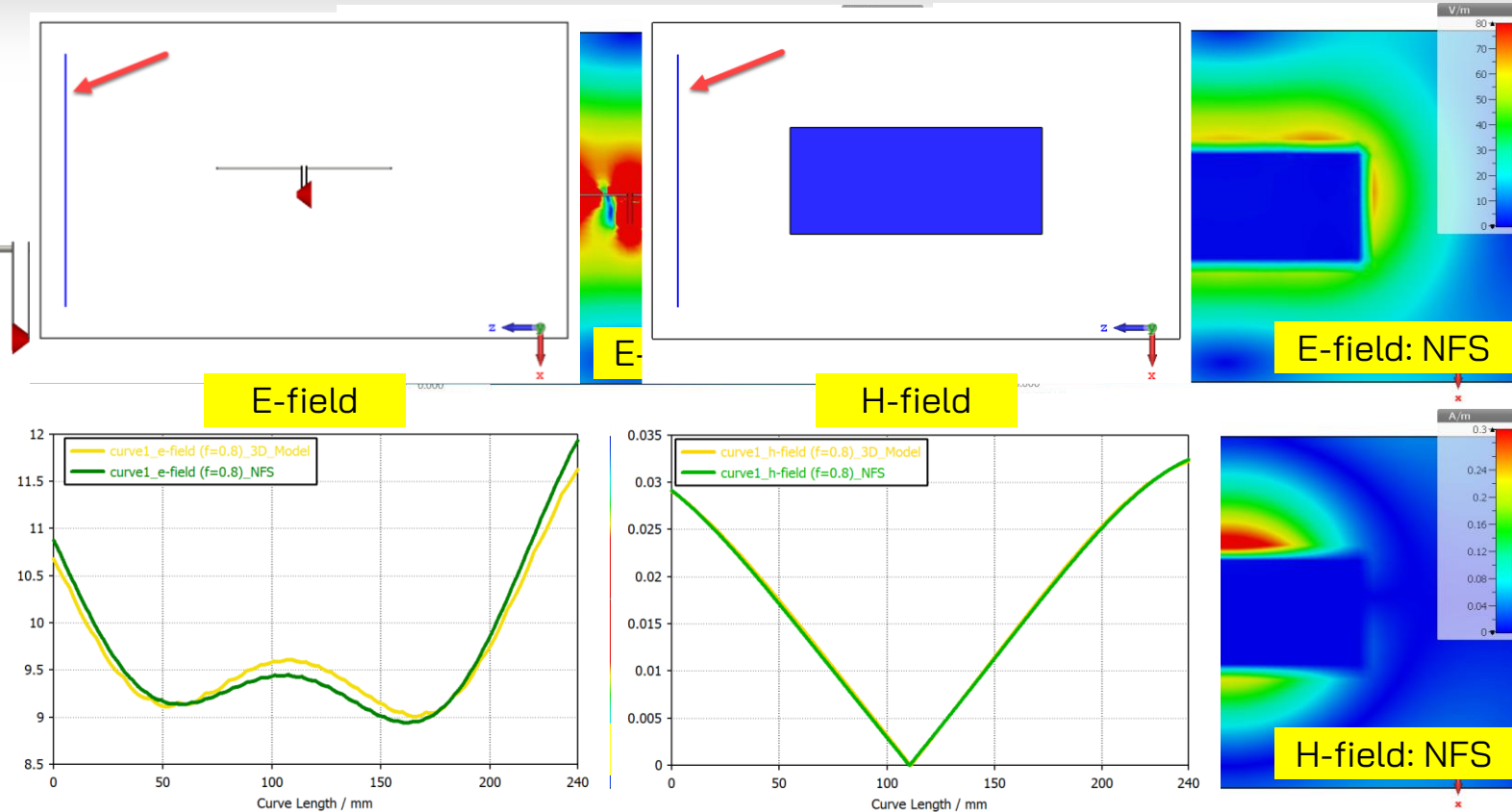
☒ Inflate volume with offset

☐ Replace exterior

OK Cancel Apply Preview Help

APLIKACE A-SOLVERU

POROVNÁNÍ 3D MODELU S NFS



CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

OBSAH

1. Úvod

- Základní informace (solver, difrakce)

2. Ukázka aplikací A-solveru

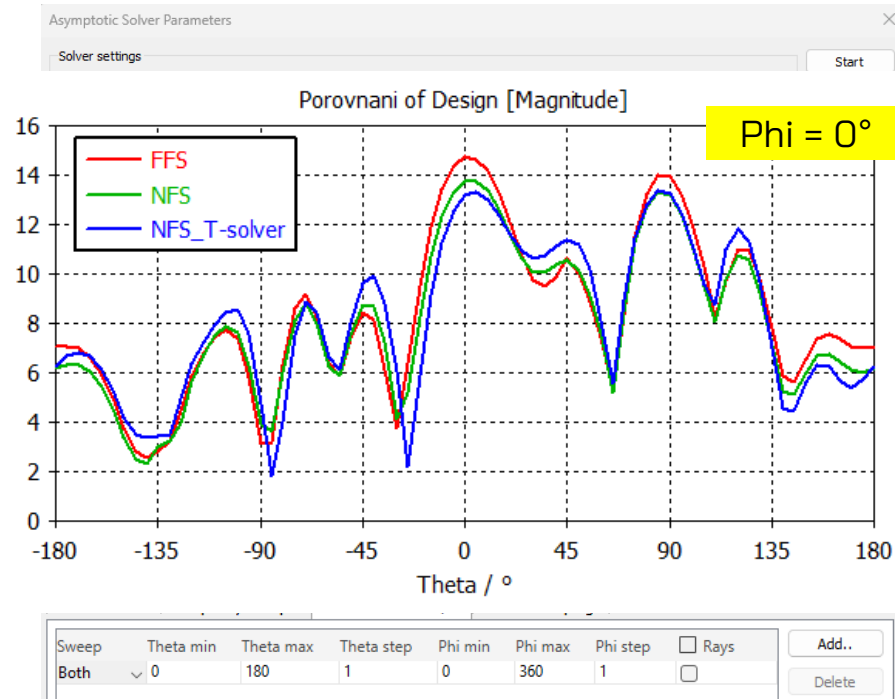
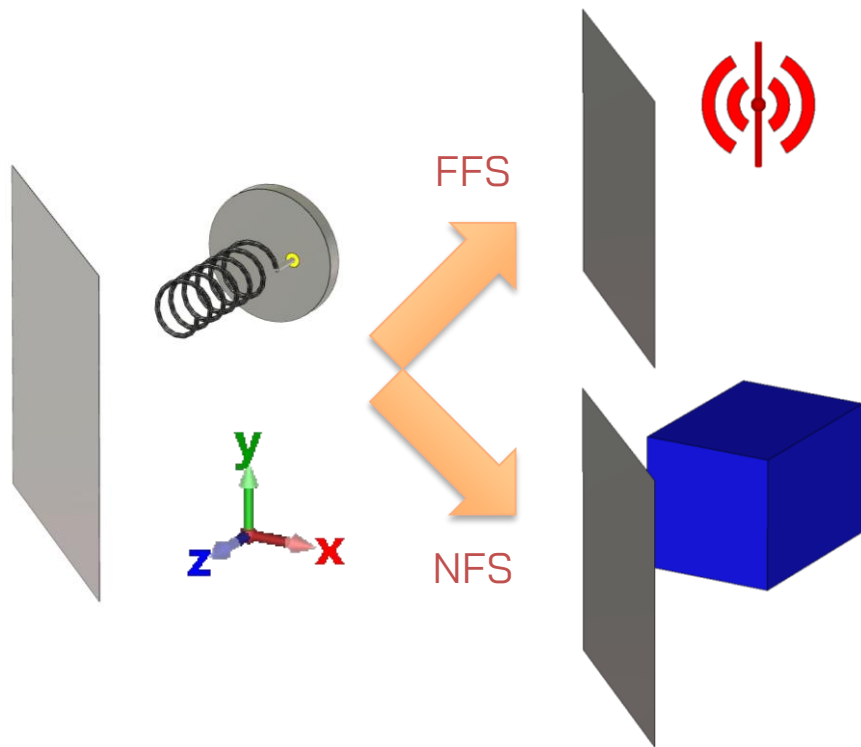
- Field Sources
 - Export FFS & NFS
 - Platforma
 - Simulace kanálu
 - Dopplerova mapa
- RCS
 - Monostatic & Bistatic
 - Hot spot analýza
- Range profile & ISAR

3. Závěr

APLIKACE A-SOLVERU

PLATFORMA - VÝPOČET FARFIELDU

- Náhrada helix antény za FFS / NFS zdroj → zjednodušení simulace



OBSAH

1. Úvod

- Základní informace (solver, difrakce)

2. Ukázka aplikací A-solveru

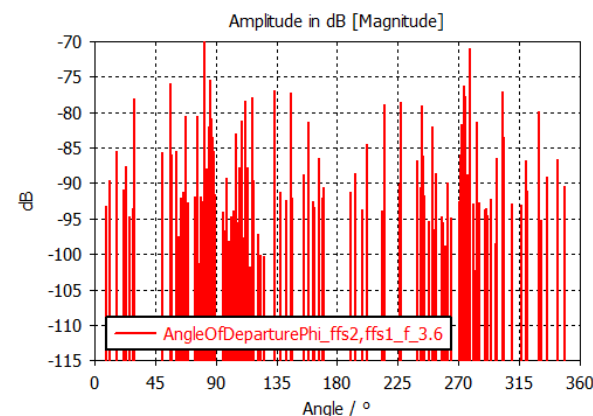
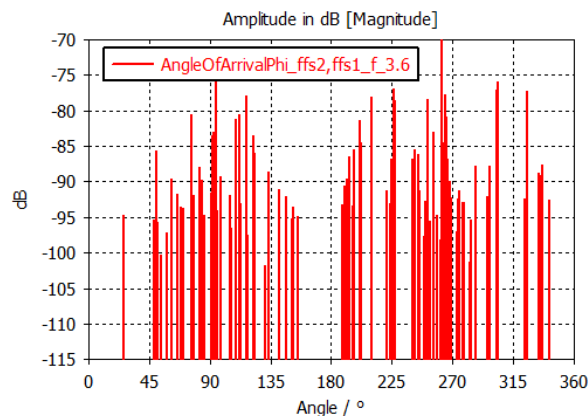
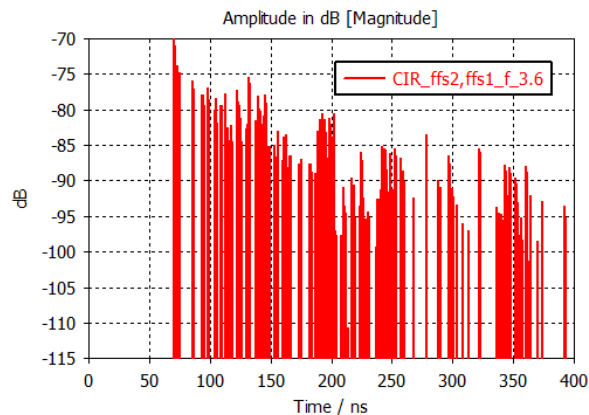
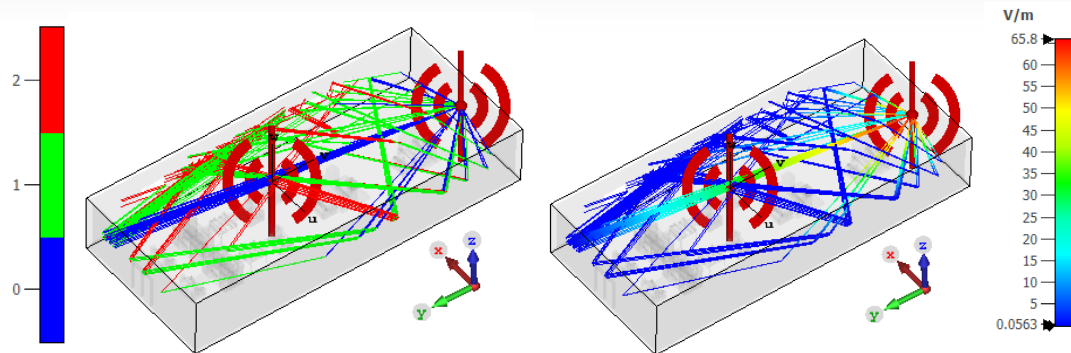
- Field Sources
 - Export FFS & NFS
 - Platforma
 - Simulace kanálu
 - Dopplerova mapa
- RCS
 - Monostatic & Bistatic
 - Hot spot analýza
- Range profile & ISAR

3. Závěr

APLIKACE A-SOLVERU

SIMULACE KANÁLU

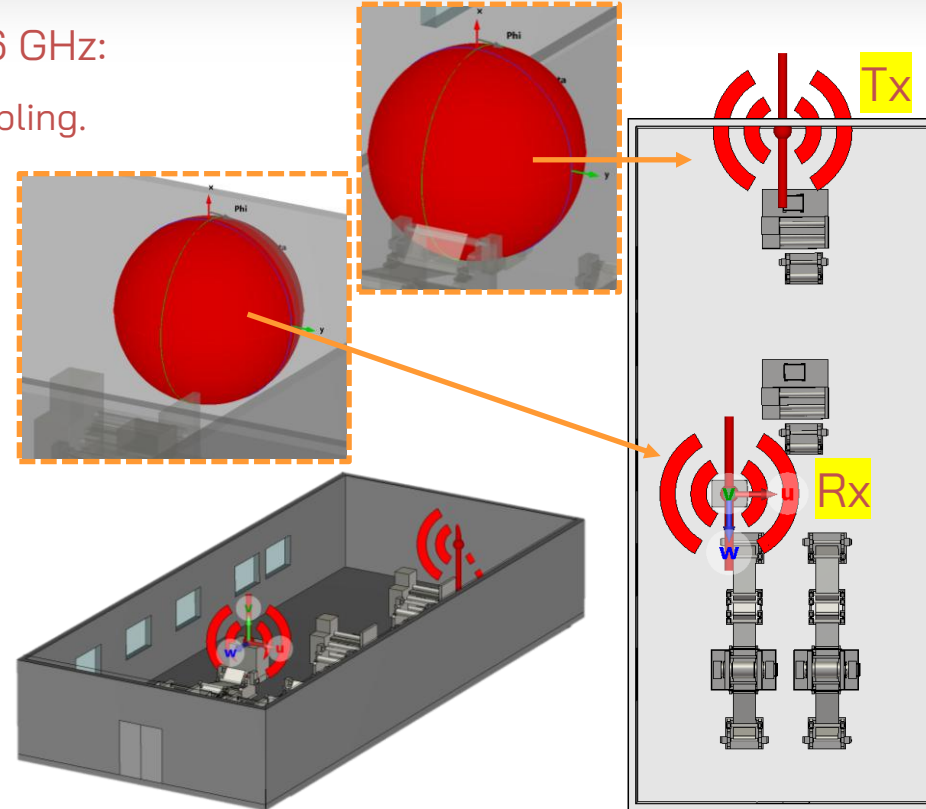
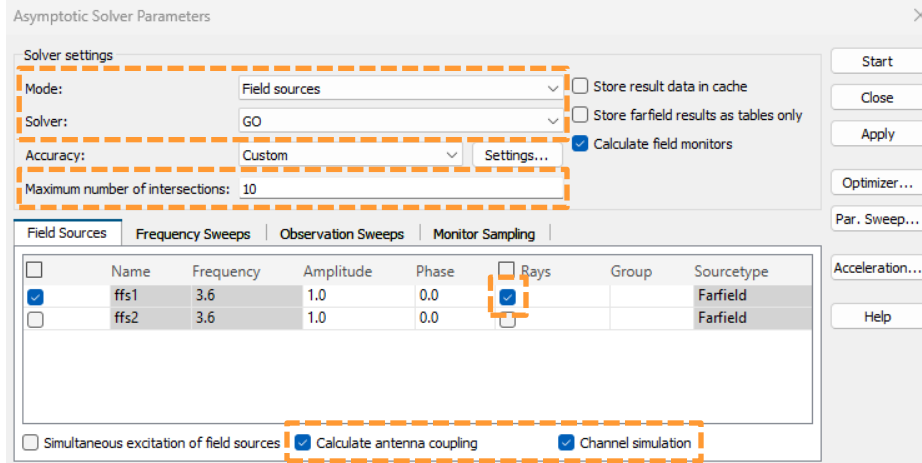
- Výpočet parametrů kanálu :
 - CIR – Channel Impulse Response
 - AoA – Angle of Arrival
 - AoD – Angle of Departure
 - PDP - Power Delay Profile
 - ...



APLIKACE A-SOLVERU

SIMULACE KANÁLU

- Simulace kanálu uvnitř továrny pro $f = 3.6$ GHz:
 - Aktivace Channel simulation & antenna coupling.
 - Je potřeba použít GO solver.
 - Aktivace Rays u Tx
 - Počet odrazů = 10.



APLIKACE A-SOLVERU

SIMULACE KANÁLU

- Pro další parametry kanálu je potřeba aktivovat VBA makro a PP:
- Výpočet E-field, výkonu, ..., na křivce (1D)
- Výpočet E-field, výkonu, ..., na ploše (2D)

☒ Use Subvolume

Coordinates: 2D Plane:

X Min: - X Max: +

Y Min: - Y Max: +

Z Pos:

☐ Use same offset in all directions

☒ Inflate volume with offset

Field Monitor

Channel Computation

Group	Name	x'-axis	z'-axis	Coord.	ampl_phase	source file
fs1	fs2	(0.000000;0.000000;1.000000)	(0.000000;1.000000;0.000000)	global (xyz)	1.000000;0.000000	1.000000;0.000000
curve1	0	(1.00;0.00;0.00)	(0.00;0.00;1.00)	global (xyz)	1.00;0.00	default-fs
2DMonFs		(1.0;0.0;0.0)	(0.0;0.0;1.0)	global (xyz)	1.0;0.0	default-fs

Coordinate system used to visualize AoA, AoD:

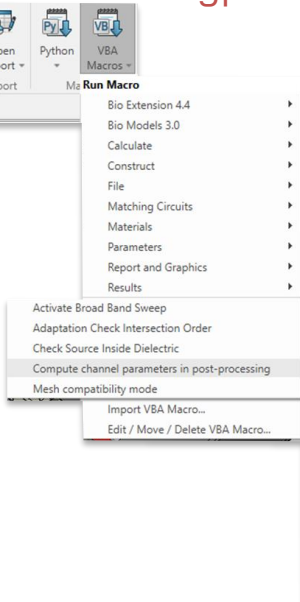
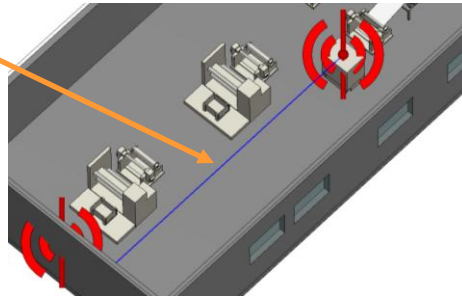
1D monitor definition for channel computation

☒ Compute channel parameters in post-processing

If True, channel parameters can be computed in post-processing using "Channel Computation" template.

Curve-name Active Only-compute-native-points Sampling-rate

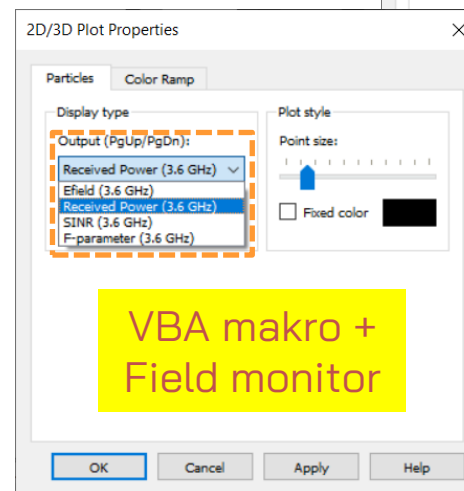
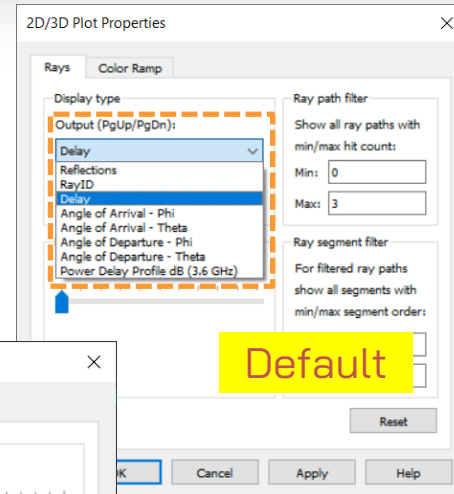
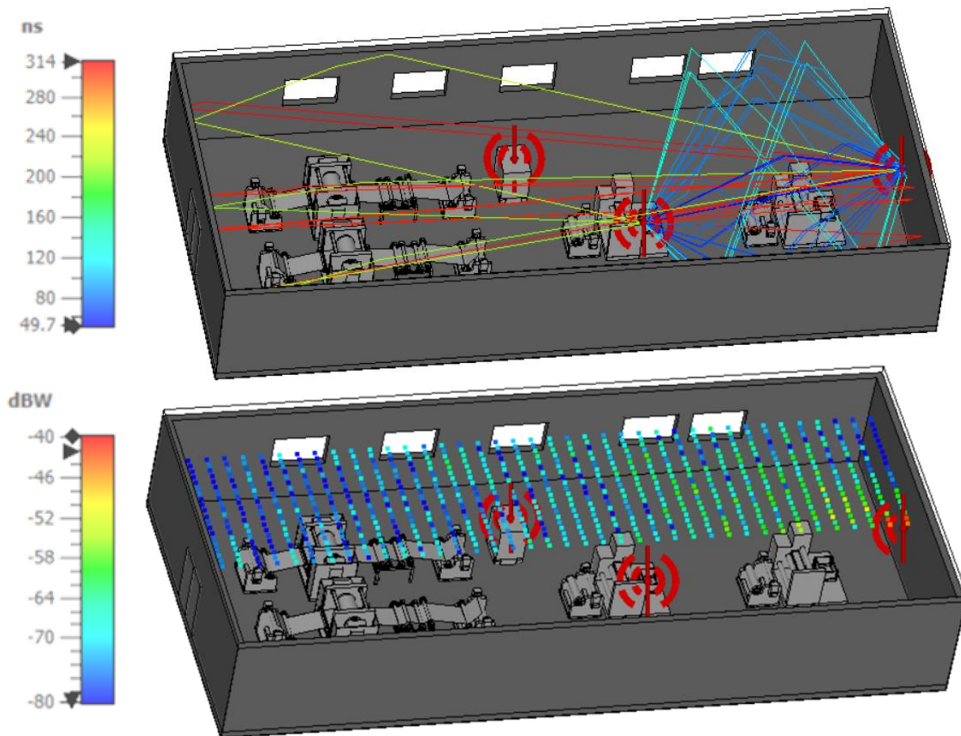
curve1	True	False	0.5
--------	------	-------	-----



APLIKACE A-SOLVERU

SIMULACE KANÁLU

- Nastavení 2D/3D grafu → přepínání zobrazované veličiny

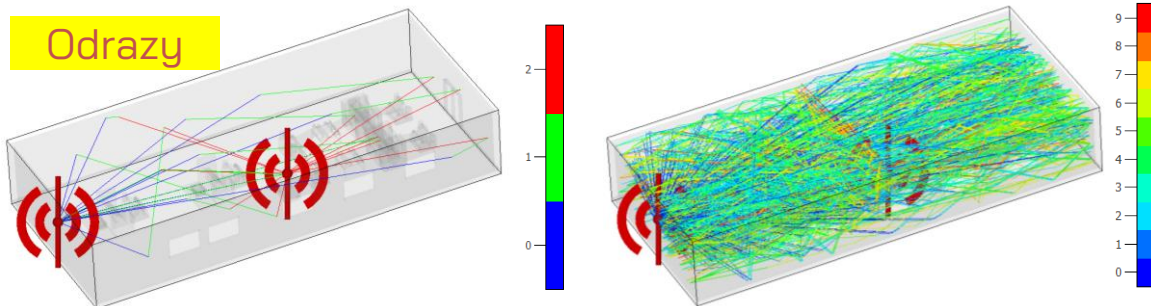


APLIKACE A-SOLVERU

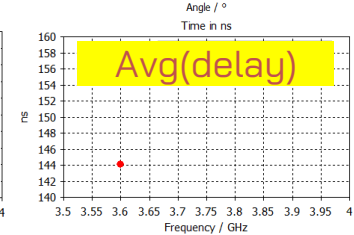
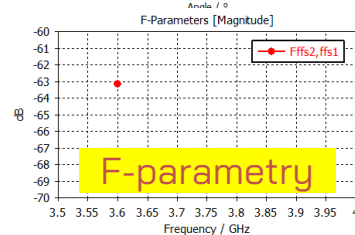
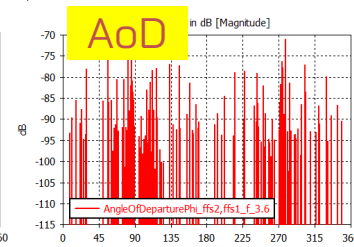
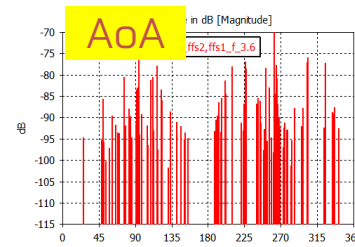
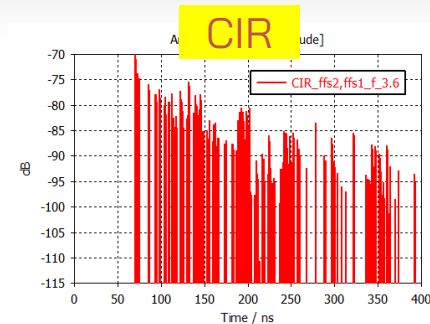
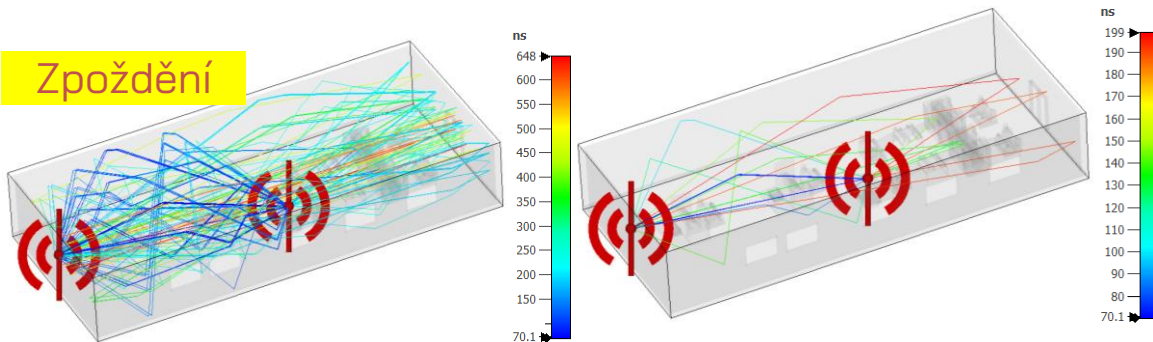
SIMULACE KANÁLU

- Základní výsledky (Rays, channel simulation)

Odrazy



Zpoždění

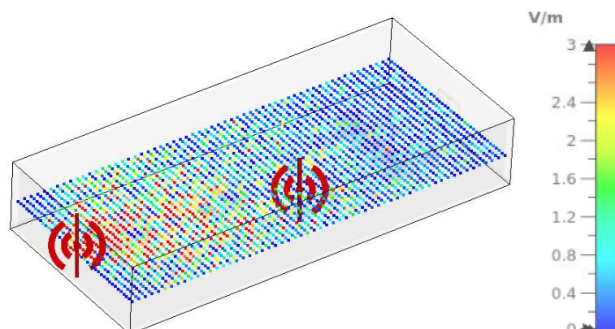
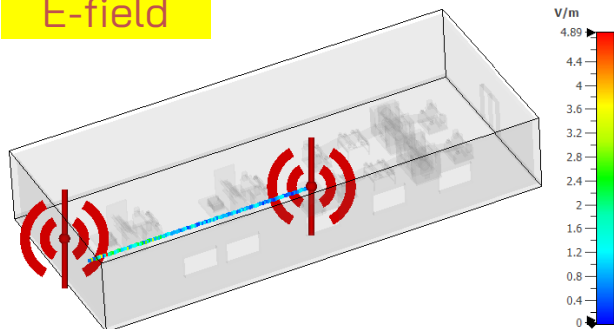


APLIKACE A-SOLVERU

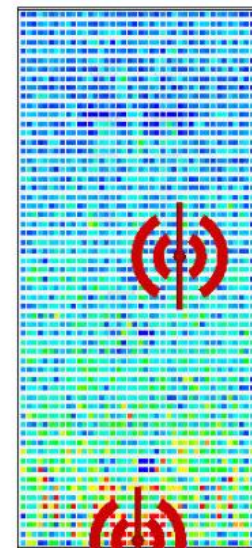
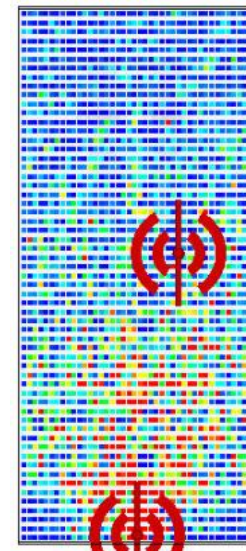
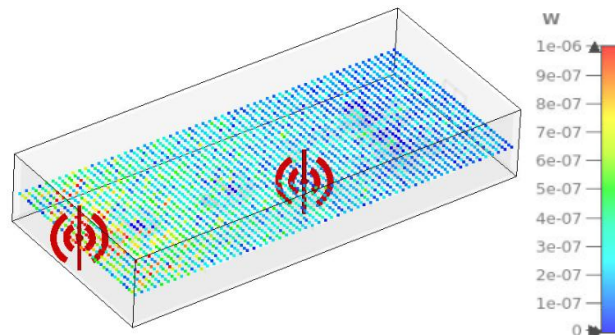
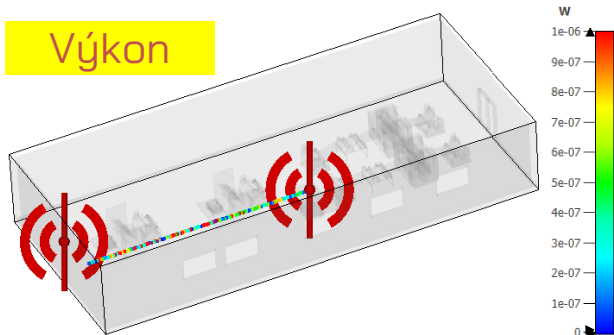
SIMULACE KANÁLU

- VBA + PP výsledky

E-field



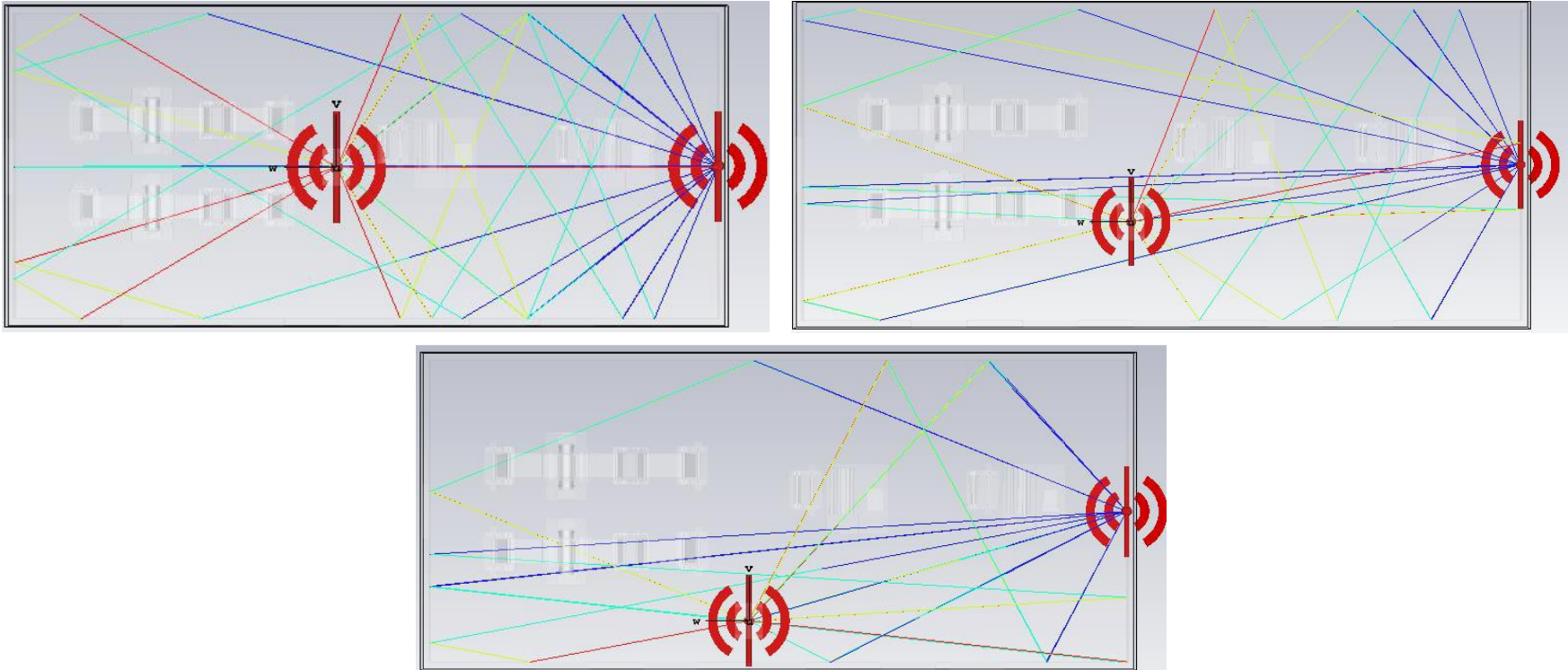
Výkon



APLIKACE A-SOLVERU

SIMULACE KANÁLU

- Parametr sweep – různé pozice Rx



CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

OBSAH

1. Úvod

- Základní informace (solver, difrakce)

2. Ukázka aplikací A-solveru

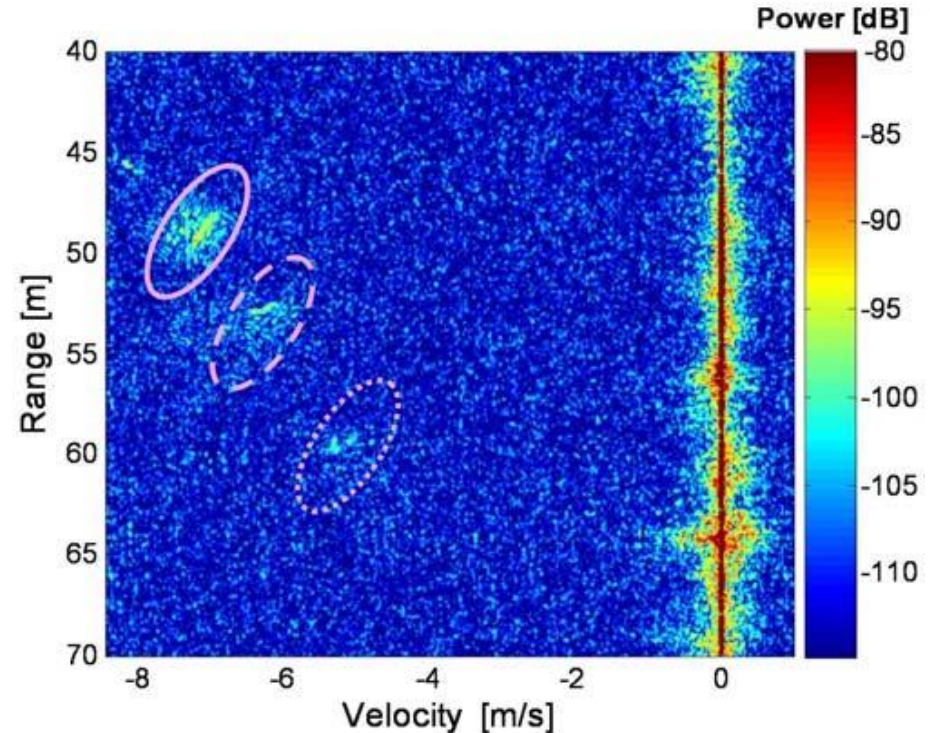
- Field Sources
 - Export FFS & NFS
 - Platforma
 - Simulace kanálu
 - Dopplerova mapa
- RCS
 - Monostatic & Bistatic
 - Hot spot analýza
- Range profile & ISAR

3. Závěr

APLIKACE A-SOLVERU

DOPPLEROVA MAPA

- Rychlost a vzdálenost cílů od zdroje
- Field source mode, využití PP.



APLIKACE A-SOLVERU

DOPPLEROVA MAPA

Nastavení modelu,
import Rx a Tx (FFS)

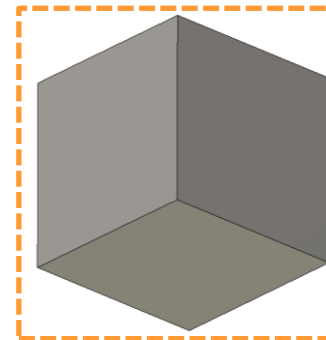
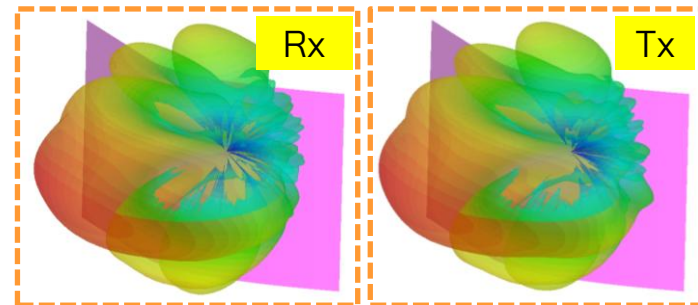
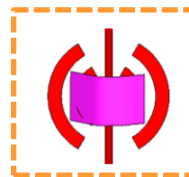
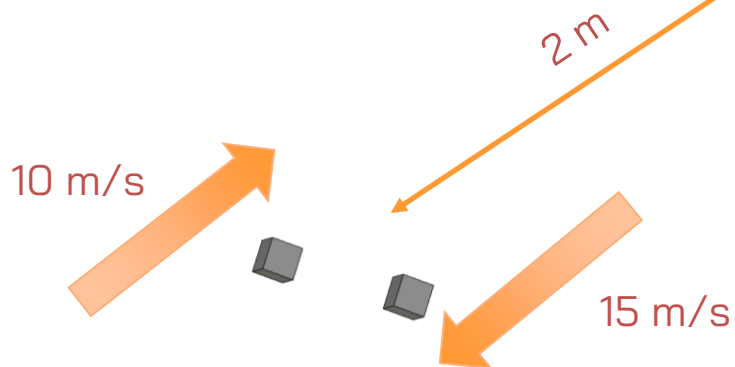


Nastavení rychlosti
pohybu cílů



Post-processing

- Tx a Rx za nárazníkem, detekce pohyblivých cílů



APLIKACE A-SOLVERU

DOPPLEROVA MAPA

- Výpočet Dopplerovy mapy se počítá na základě F-parametru (vazba mezi Rx a Tx)
→ není potřeba nastavovat Observation Sweep

Asymptotic Solver Parameters

Solver settings

Mode: Field sources ☐ Store result data in cache

Solver: SBR ☐ Store farfield results as tables only

Accuracy: Custom ☐ Calculate field monitors Settings...

Maximum number of intersections: 5

Field Sources | Frequency Sweeps | Observation Sweeps | Monitor Sampling

<input type="checkbox"/>	Name	Frequency	Amplitude	Phase	<input type="checkbox"/> Rays	Group	Sourcetype
<input type="checkbox"/>	ffs1	75...78	1.0	0.0	<input type="checkbox"/>		Farfield
<input checked="" type="checkbox"/>	ffs2	75...78	1.0	0.0	<input type="checkbox"/>		Farfield
<input type="checkbox"/>	ffs3	0	1.0	0.0	<input type="checkbox"/>		Farfield

☐ Simultaneous excitation of field sources ☒ Calculate antenna coupling ☐ Channel simulation

Start
Close
Apply
Optimizer...
Par. Sweep...
Acceleration...
Help

Field Sources | **Frequency Sweeps** | **Observation Sweeps** | **Monitor Sampling**

Fmin (> 0)	Fmax (<= 78)	Fstep
75	78	0.025

Field Sources | **Frequency Sweeps** | **Observation Sweeps** | **Monitor Sampling**

Sweep	Theta min	Theta max	Theta step	Phi min	Phi max	Phi s
-------	-----------	-----------	------------	---------	---------	-------

Vybudí se pouze Tx (FFS2).

APLIKACE A-SOLVERU

DOPPLEROVA MAPA

- Nastavení rychlosti přes funkci Transform a rovnici:

vzdálenost uražená během jednotlivých časových kroků nT

$$s [m] = v \left[\frac{m}{s} \right] \cdot t [s] = v1mps \cdot 1000 \cdot nt \cdot dT$$

- dT časový krok
- nT = parametr (1-31)
- $v1mps$ = rychlost 1. cíle
- 1000 → převod z m na mm

Translation vector

☐ Use picked points ☐ Invert

x: 0 y: 0 z: $T*dT*v1mps*1000$

Origin

☒ Shape center

x0: y0: z0:

Parameter List

Name	Expression	Value
dT	= 50e-6	50e-6
nt	= 2	2
v1mps	= -10	-10
v2mps	= 15	15

Parameter Sweep

Simulation type: Asymptotic Solver

Sequences

Sequence 1

nt = 0, 1, ..., 31 (32, Linear)

Parameter Sweep Parameter

Name: nt OK

Type: Linear sweep Cancel

From: 0 Help

To: 31

Define using: Number of samples

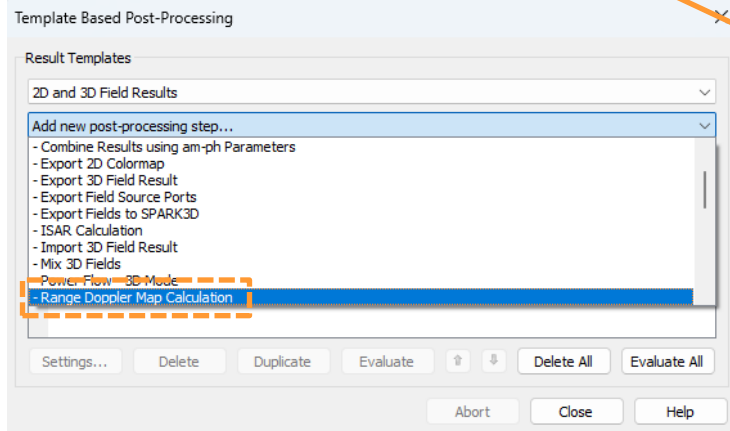
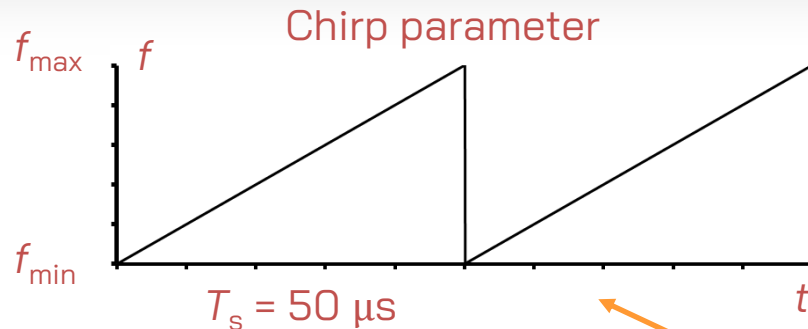
Samples: 32



nt = 1

APLIKACE A-SOLVERU

DOPPLEROVA MAPA



Range Doppler Map Calculation

Model Parameters

Active Source: ffs2

Receiving Source: ffs1

Time Parameter: nt

Time Step: 50000 ns

Chirp Parameters

Start Frequency: 76,5 GHz

Stop Frequency: 77 GHz

Chirp Pulse Length: 50000 ns

Data Acquisition

☒ Complex Mixer

Sampling time step: 100 ns

Lowpass filter (fract. nyquist): 0,99

Radar Parameters

Nsweep: 032

Center Frequency:

Range Resolution:

Max Range:

#Range Bins:

Velocity Resolution:

Max Velocity:

#Velocity Bins:

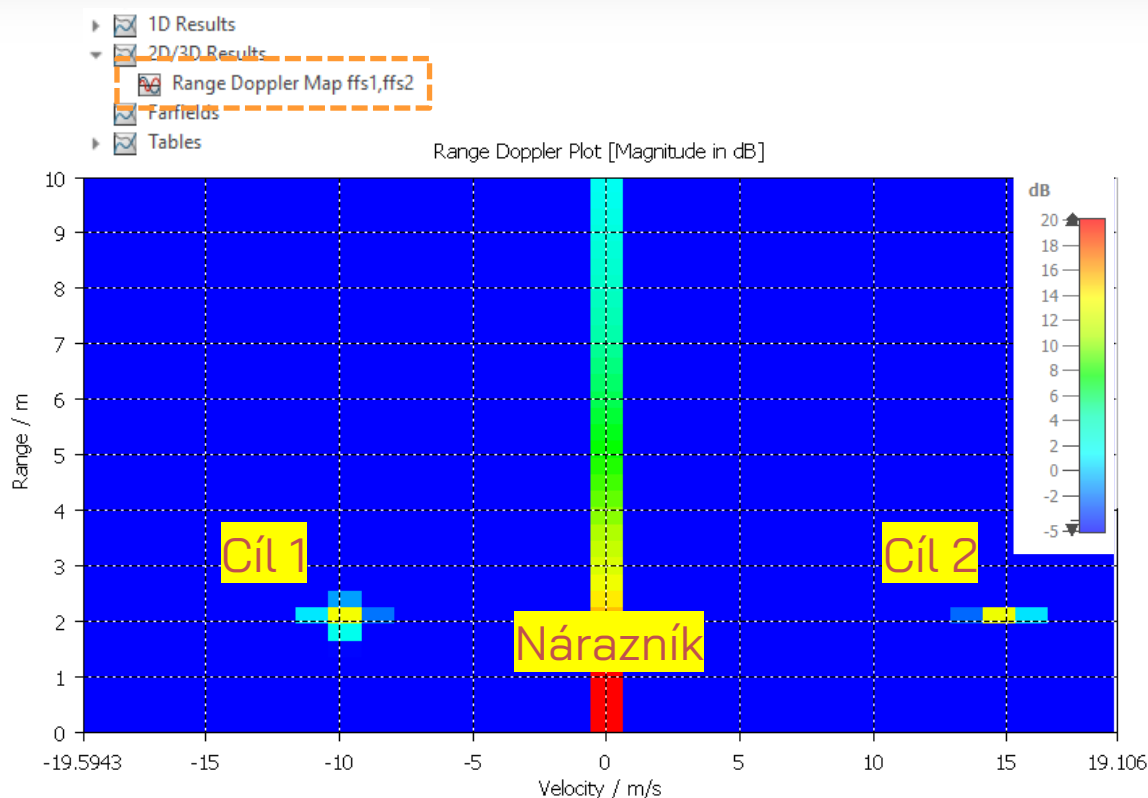
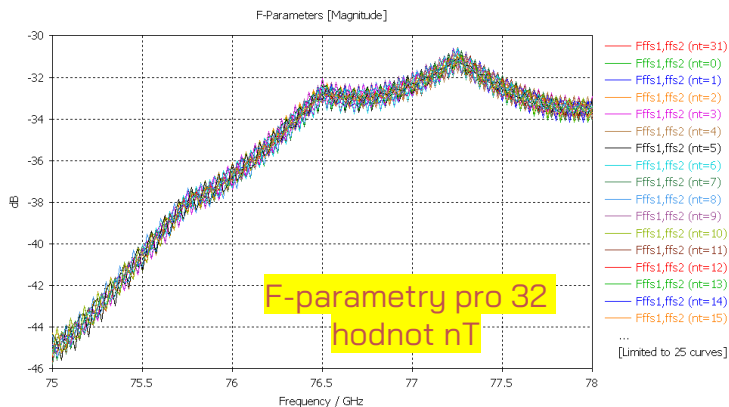
Calculate

OK Cancel Pre-check Help

APLIKACE A-SOLVERU

DOPPLEROVA MAPA

- Detekce dvou cílů pohybující se odlišnou rychlostí od / k radaru ve stejné vzdálenosti.



OBSAH

1. Úvod

- Základní informace (solver, difrakce)

2. Ukázka aplikací A-solveru

- Field Sources
 - Export FFS & NFS
 - Platforma
 - Simulace kanálu
 - Dopplerova mapa
- RCS
 - Monostatic & Bistatic
 - Hot spot analýza
- Range profile & ISAR

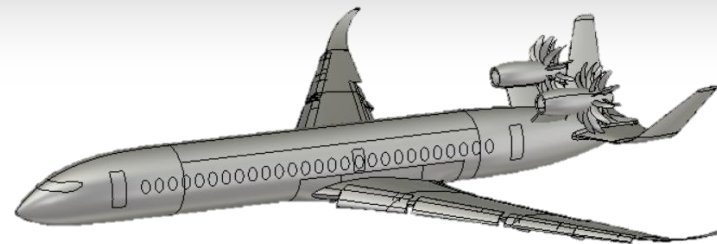
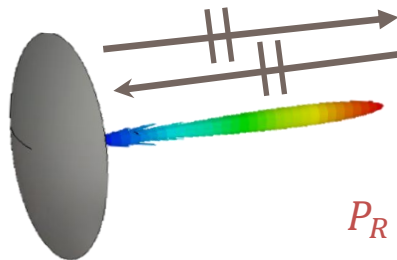
3. Závěr

APLIKACE A-SOLVERU

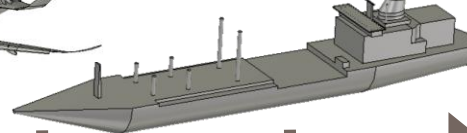
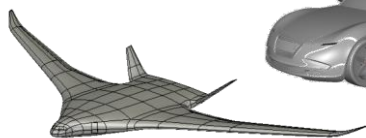
RADAR-CROSS SECTION (RCS)

- RCS závisí na několika aspektech:

- Velikost a tvar
- Materiál
- Frekvence
- Vysílací a přijímací úhel
- Polarizace



$$P_R = P_T G^2 \frac{\lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \sigma$$



Typické RCS hodnoty v X-pásmu dle velikosti

-60
1

-30
 10^3

0
 10^6

10
 10^7

20
 10^8

30
 10^9

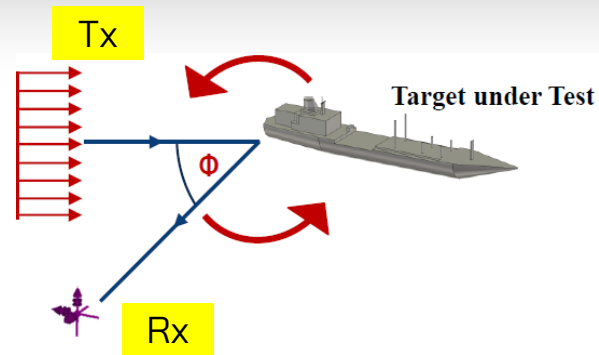
40
 10^{10}

[dBsm]
[mm²]

APLIKACE A-SOLVERU

RADAR-CROSS SECTION (RCS)

- Výpočet RCS:
 - Monostatic – pozorovací úhel je stejný jako budící ($\phi = 0$)
 - Bistatic – pozorovací a budící úhly nemusí být stejné
- Plane wave se definuje v nastavení A-solveru



Asymptotic Solver Parameters

Solver settings

Mode: Bistatic Scattering ☐ Store result data in cache

Solver: SBR ☐ Store farfield results as tables only

Accuracy: Medium ☐ Calculate field monitors

Maximum number of intersections: 3

Polarization | Frequency Sweeps | **Excitation Angle Sweeps** | Observation Sweeps | Monitor Sampling

Sweep	Theta min	Theta max	Theta step	Phi min	Phi max	Phi step	<input type="checkbox"/> Rays
Point	90			0			<input type="checkbox"/>

Add.. Delete

Optimizer... Par. Sweep... Acceleration... Help

Polarization | Frequency Sweeps | **Excitation Angle Sweeps** | Observation Sweeps | Monitor Sampling

Sweep	Theta min	Theta max	Theta step	Phi min	Phi max	Phi step	<input type="checkbox"/> Rays
Point	90			0			<input type="checkbox"/>

Add.. Delete

Polarization | Frequency Sweeps | **Excitation Angle Sweeps** | **Observation Sweeps** | Monitor Sampling

Sweep	Theta min	Theta max	Theta step	Phi min	Phi max	Phi step	<input type="checkbox"/> Rays
Theta	0	180	1	0			<input type="checkbox"/>

Add.. Delete

APLIKACE A-SOLVERU

RADAR-CROSS SECTION (RCS)

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

APLIKACE A-SOLVERU

RADAR-CROSS SECTION (RCS)

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

APLIKACE A-SOLVERU

RADAR-CROSS SECTION (RCS)

Výzvy:

- Dutina (A-solver)
- Rozměry (I-solver)
- Izolace příspěvku pouze dutiny (kombinace I+A)

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

APLIKACE A-SOLVERU

RADAR-CROSS SECTION (RCS)

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

APLIKACE A-SOLVERU

RADAR-CROSS SECTION (RCS)

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

APLIKACE A-SOLVERU

RADAR-CROSS SECTION (RCS)

- Kombinace RCS z I-solveru a A-solveru → Mix Farfield Results

Mix Farfield Results

Format:
<File Name>: (xorig | yorig | zorig), (z1 | z2 | z3), (x1 | x2 | x3), amplitude, phase
Pol=0_ObsA=0_RCS_(f=10)_.dat: (0|0|0), (0|0|1), (1|0|0), 1, 0
farfield_TOTAL1.dat: (0|0|0), (0|0|1), (1|0|0), 1, 0

Add to List

Edit List

Delete Entry

Load List

Store List

Name of resulting farfield: Combined_H_pol

Angle step size: 0.1

excluding 'broadband' monitors)
to 1 Watt peak power

Help

Template Based Post-Processing

Result Templates

Farfield and Antenna Properties

Add new post-processing step...

Add new post-processing step...

- Calculate Farfield Envelope

- Channel Computation

- Mix Farfield Results

Result

Pol=0_ObsA=0_RCS_(f=10)_.dat

Pol=0_ObsA=0_RCS_(f=10)_Only_intake_internal.dat

Pol=1_ObsA=0_RCS_(f=10)_.dat

Pol=1_ObsA=0_RCS_(f=10)_Only_intake_internal.dat

DAT File

DAT File

MS

4/10/2025 12:50 PM

File folder

farfield_TOTAL1.dat

4/10/2025 2:12 PM

DAT File

farfield_TOTAL2.dat

4/10/2025 2:12 PM

DAT File

farfield_TOTAL1.dat

Farfield Files (*.ffp;*.f

Open

APLIKACE A-SOLVERU

RADAR-CROSS SECTION (RCS)

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

OBSAH

1. Úvod

- Základní informace (solver, difrakce)

2. Ukázka aplikací A-solveru

- Field Sources
 - Export FFS & NFS
 - Platforma
 - Simulace kanálu
 - Dopplerova mapa
- RCS
 - Monostatic & Bistatic
 - Hot spot analýza
- Range profile & ISAR

3. Závěr

- Hotspot analýza = která část struktury nejvíce přispívá k RCS

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

OBSAH

1. Úvod

- Základní informace (solver, difrakce)

2. Ukázka aplikací A-solveru

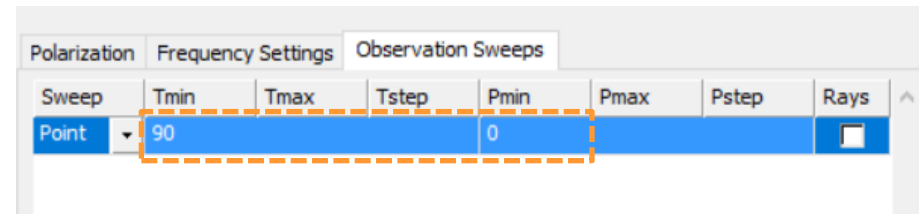
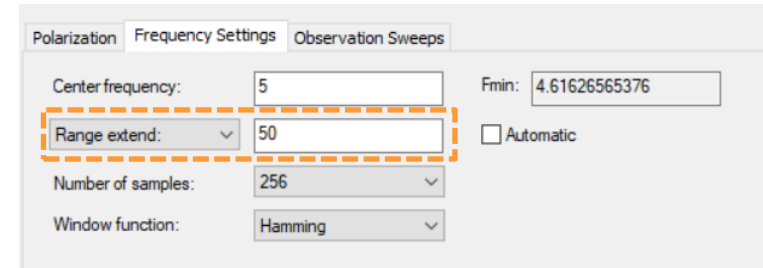
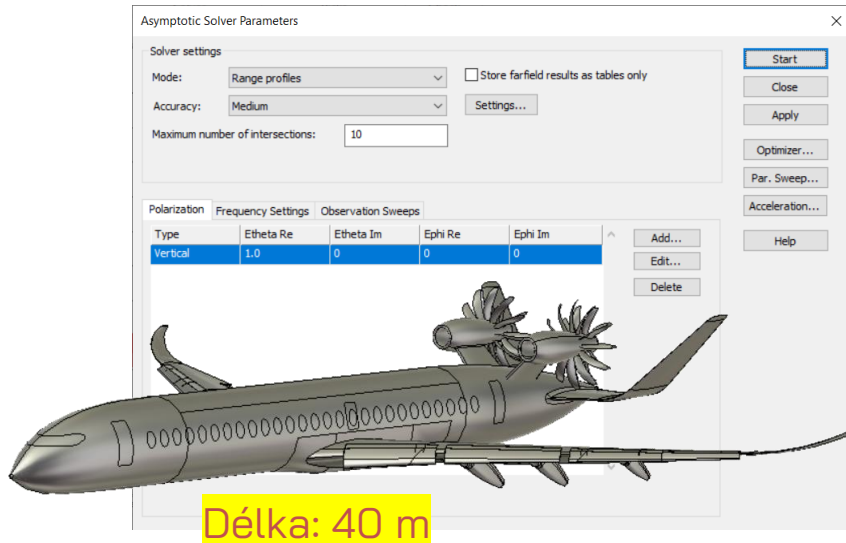
- Field Sources
 - Export FFS & NFS
 - Platforma
 - Simulace kanálu
 - Dopplerova mapa
- RCS
 - Monostatic & Bistatic
 - Hot spot analýza
- Range profile & ISAR

3. Závěr

APLIKACE A-SOLVERU

RANGE PROFILE

- RCS = celková odražená energie objektu v daném směru
- Range Profile = rozložení odražené energie v závislosti na vzdálenosti (čas. zpoždění)
- Každý peak v range profilu odpovídá části objektu v jiné vzdálenosti od radaru



CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

APLIKACE A-SOLVERU

SINOGRAM

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

APLIKACE A-SOLVERU

ISAR

- ISAR – Inverse Synthetic Aperture Radar

Asymptotic Solver Parameters

Solver settings

Mode: ISAR ☐ Store far field results as tables only

Accuracy: Medium Settings...

Maximum number of intersections: 7

Polarization Sweep

Image center

Frequency 5 Theta 90 Phi 158

Image sweep

Sweep	Resolution	Cells	Extend	Min	Max	Step
Frequency	0.1999999999	221	44	4.62526	5.37474	0.00340673
Phi	0.2000000000	221	44	153.714	162.286	0.0389654

Reset Delete PP Templates Add PP Templates

Start
Close
Apply
Optimizer...
Par. Sweep...
Acceleration...
Help

Type	Etheta Re	Etheta Im	Ephi Re	Ephi Im
Horizontal	0	0	1.0	0

CONFIDENTIAL

Délka: 40 m
Šířka: 41 m

UKÁZKA APLIKACÍ

ISAR

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.

OBSAH

1. Úvod

- Základní informace (solver, difrakce)

2. Ukázka aplikací A-solveru

- Field Sources
 - Export FFS & NFS
 - Platforma
 - Simulace kanálu
 - Dopplerova mapa
- RCS
 - Monostatic & Bistatic
 - Hot spot analýza
- Range profile & ISAR

3. Závěr

APLIKACE A-SOLVERU

ZÁVĚREM

- Využití pro elektricky velké simulace.
- Samostatně nebo v hybridním solveru.

CONFIDENTIAL

V případě zájmu nás kontaktujte.