

EZNEC Pro/2+ v. 7.0.1 (64 bit calc. eng.)

Copyright © 1990 - 2022 by Roy W. Lewallen
Released for free public use.

EZNEC® is a registered trademark of Roy W. Lewallen.



EZNEC (by Roy Lewallen W7EL)

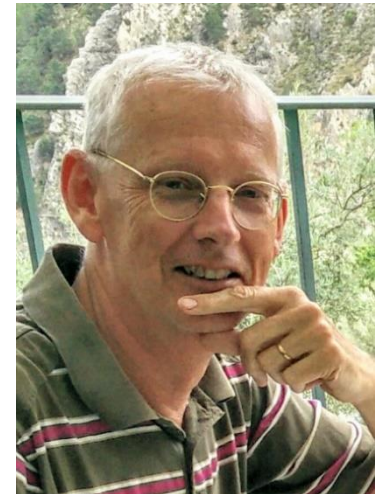
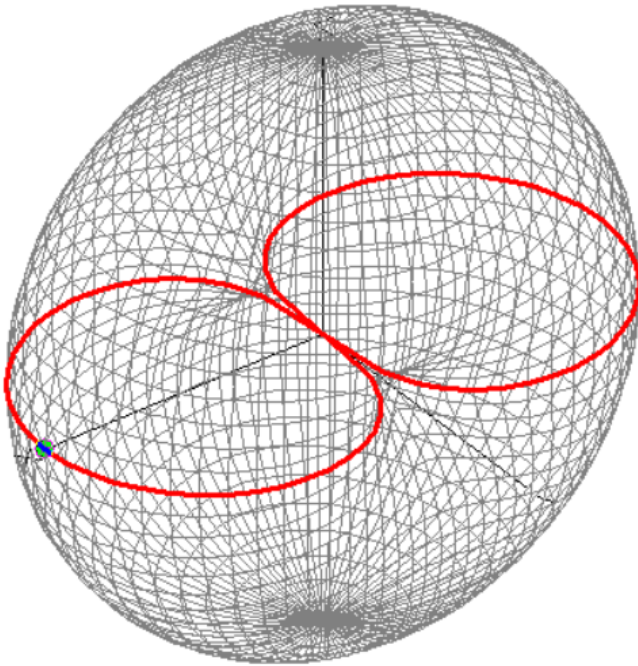
Ervaringen met EZNEC

(Aanvankelijk : ELNEC)

Wat kun je ermee

Arie Kleingeld PA3A

Gebruiker sinds juli 2000



Let op (disclaimer):

- Dit is **niet**:
 - Cursus EZNEC gebruiken
 - Handleiding voor EZNEC (die is dik en grondig)
 - Theoretische verhandeling van allerlei EM-velden of hoe NEC werkt
 - Les in antenne theorie
- Dit is wel:
 - Introductie in antennes modelleren, in dit geval m.b.v. EZNEC
 - Demo van enkele EZNEC mogelijkheden
 - En passant de antwoorden op een aantal antenne-vragen
 - Voorbeelden van gemaakte antennes en conclusies
 - Geschikt voor iedere zendamateer die wil experimenteren met antennes
- **Strekking van deze lezing:**

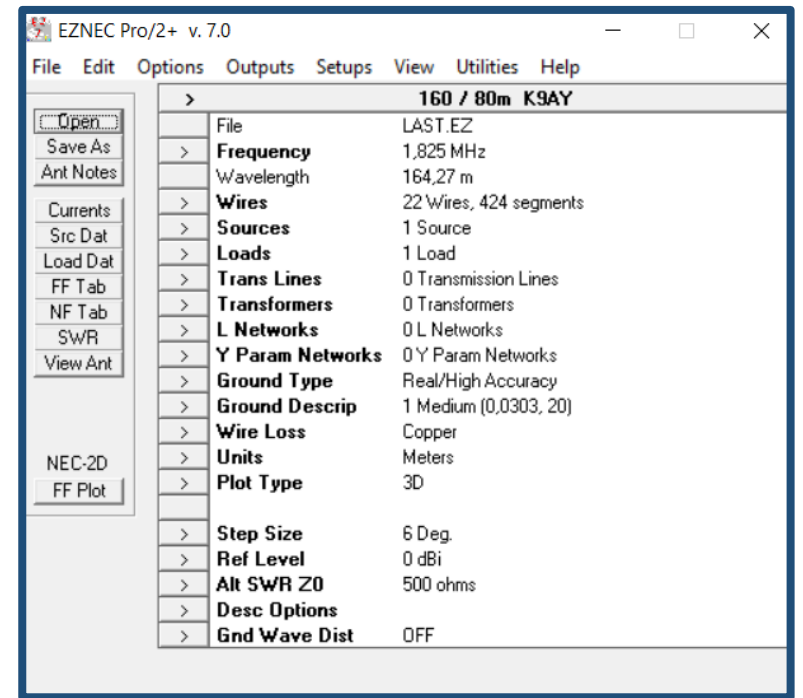
Mits je bij het simuleren rekening houdt met de beperkingen van NEC,

kun je met EZNEC verschrikkelijk veel leren over antennes en hun 'gedrag'



Inhoud

- Introductie NEC en EZNEC (Easy NEC)
- Een aantal demo's
- Wat mogelijkheden van EZNEC
- En passant: Leerzame (?) beweringen/stellingen die we terloops controleren met EZNEC * ('dà kennie-anders')



* Beweringen die we zouden kunnen checken met EZNEC

- Geïsoleerd draad of blank draad, maakt dat iets uit?
- 80m NVIS antennes moeten vlak boven de grond hangen (hoe laag is dat?)
- Een vertical is altijd veel beter voor DX dan een dipool (i.v.m. lage opstraalhoek)
- Invloed van de omgeving; is die er, en zo ja, hoeveel dan?
- Dipool antenne, gevoed met coax mét mantelstroomfilter (Common Mode Choke) en zonder
- ...?



Introductie NEC: Wat is NEC

- NEC = Numerical Electromagnetics Code
- NEC-2 → meest gebruikte *gratis* toepassing (zit in EZNEC-7)
- NEC-3 → niet zo veel in gebruik
- NEC-4 → bij professionals (licentie orde grootte \$ 800+)
- NEC-5 → ook licentie (kosten: \$110)
- MiniNEC → andere code, is al heel lang vrij beschikbaar
- NEC-verschillen: komen we op terug



Software rondom NEC-2 b.v.:

- YO (Yagi Optimizer, is iets van 'vroegah')
- 4NEC2 (gratis)
- EZNEC (kostte destijds ca. \$100+)
- MMANA (rondom MiniNEC)

Doel: NEC toegankelijk maken met interface

(EZ)NEC

No.	End 1				End 2				Diameter (mm)	Segs	Insulation		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn			Diel C	Thk (mm)	Loss Tan
▶ 1	0	-5,32394	9,85916		0	5,22535	9,85916		9,85916	31	1	0	0
2	4,22537	-5,22535	9,85916		4,22537	5,22535	9,85916		9,85916	31	1	0	0
3	6,11268	-4,86729	9,85916		6,11268	4,86729	9,85916		9,85916	31	1	0	0
*													

• Stop er in:

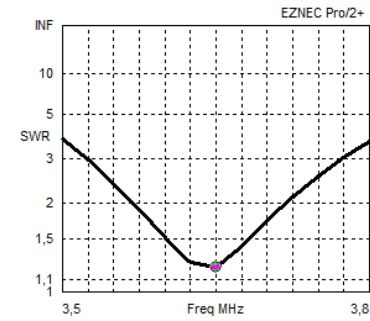
- **Wires:** Geleiderlengte, -dikte en -positie (=zeg maar coördinaten)
- **Source:** Plaats van het voedingspunt
- **Loads:** Spoel, condensator, weerstand
- **Ground Type:** Grond, hoe wordt deze al dan niet meegerekend
- **Ground Descrip:** Eigenschappen van grond (zand, zeewater, etc.)
- **Wire Loss:** Verliezen in de geleiders (koper, aluminium, etc.)
- **Trans Lines:** Transmissielijnen
- **L-netwerk en transformator**

- Omgeving (masten, andere antennes, dakgoten, enz. → nog meer **Wires**)

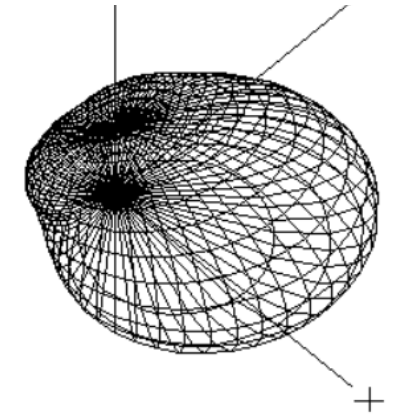
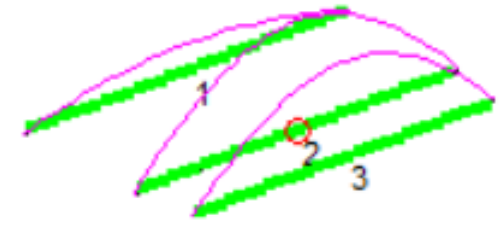
(EZ)NEC

- Wat komt eruit:

- **FF* Plot:** Stralingspatroon (2D/3D), Gain, F/B ratio
- **Src Data:** Voedingsimpedantie bij de bron
- **SWR:** SWR-curve
- **Average Gain (standaard 0 dBi):** Hieruit kunnen conclusies worden getrokken over verliezen in geleiders, grond en loads
- **Currents:** Stroom in de geleiders
- **NF Tab:** Eventueel veldsterkte rondom de antenne – dichtbij veld (Near Field)



Freq	3,65 MHz	Source #	1
SWR	1,2	Z0	50 ohms
Z	= 59,62 at 3,37 deg.		
Refl Coeff	= 0,0926 at 18,4 deg.		
	= 0,08786 + j 0,02923		
Ret Loss	20,7 dB		



* FF = Far Field

De EZNEC 'schil'
om NEC heen

Basis venster
(‘Control Center’)

Commando's

Open

Save As

Ant Notes

Currents

Src Dat

Load Dat

FF Tab

NF Tab

SWR

View Ant

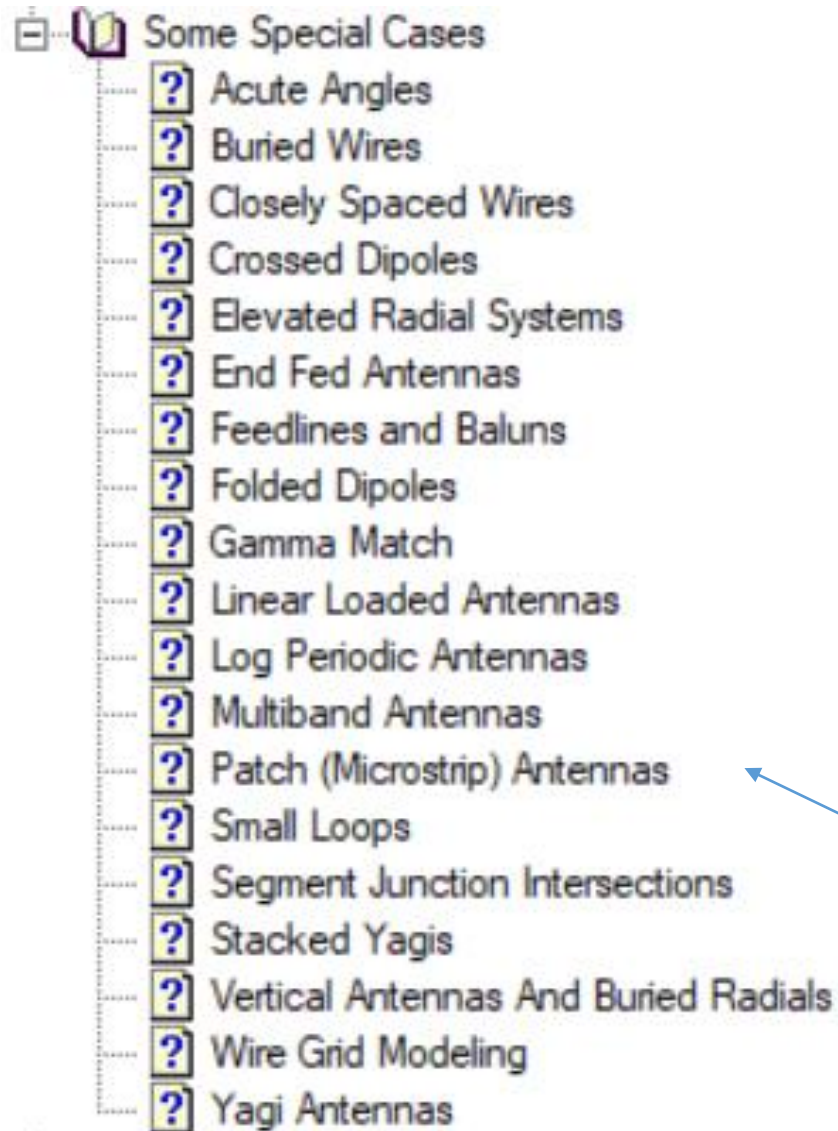
NEC-2D

FF Plot

>		160 / 80m K9AT
File		LAST.EZ
>	Frequency	1,825 MHz
	Wavelength	164,27 m
>	Wires	22 Wires, 424 segments
>	Sources	1 Source
>	Loads	1 Load
>	Trans Lines	0 Transmission Lines
>	Transformers	0 Transformers
>	L Networks	0 L Networks
>	Y Param Networks	0 Y Param Networks
>	Ground Type	Real/High Accuracy
>	Ground Descrip	1 Medium (0,0303, 20)
>	Wire Loss	Copper
>	Units	Meters
>	Plot Type	3D
>	Step Size	6 Deg.
>	Ref Level	0 dBi
>	Alt SWR Z0	500 ohms
>	Desc Options	
>	Gnd Wave Dist	OFF

Invoer

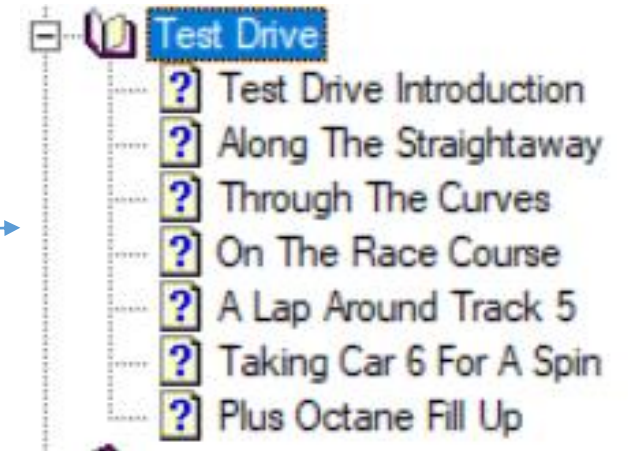
Uit het EZNEC-manual



Some Special Cases

- ? Acute Angles
- ? Buried Wires
- ? Closely Spaced Wires
- ? Crossed Dipoles
- ? Elevated Radial Systems
- ? End Fed Antennas
- ? Feedlines and Baluns
- ? Folded Dipoles
- ? Gamma Match
- ? Linear Loaded Antennas
- ? Log Periodic Antennas
- ? Multiband Antennas
- ? Patch (Microstrip) Antennas
- ? Small Loops
- ? Segment Junction Intersections
- ? Stacked Yagis
- ? Vertical Antennas And Buried Radials
- ? Wire Grid Modeling
- ? Yagi Antennas

- Basis vaardigheden en steeds ingewikkelder.
- Deze moet je echt doen



Test Drive

- ? Test Drive Introduction
- ? Along The Straightaway
- ? Through The Curves
- ? On The Race Course
- ? A Lap Around Track 5
- ? Taking Car 6 For A Spin
- ? Plus Octane Fill Up

- Waarschuwingen voor mogelijke fouten bij bepaalde antenne-modellen
- Oplossingen om zo dicht mogelijk bij de werkelijkheid te komen
- Welke NEC-engine (2, 4.2 of 5) is waarvoor het meest geschikt

Feature Availability vs Engine Choice
for EZNEC Pro/2+ and EZNEC Pro/4+

Feature	Calculating Engine			
	EZCalcD (NEC-2D)	EZCalc4D (NEC-4D)	External NEC-4.2	External NEC-5
Insulated wires	✓	✓	✓	
Buried wires		✓	✓	✓
Unconnected 1-seg wires with insertion objects	✓	✓	✓	
Split sources	✓	✓	✓	
Two ground media	✓	✓	✓	
Two ground media with MININEC ground	✓	✓		
Ground Wave calculation with MININEC ground	✓	✓		✓
Near Field calculation with MININEC ground	✓	✓		✓
Real/High Accuracy (GN2) ground	✓	✓	✓	
Real/Extended Accuracy (GN3) ground		✓	✓	✓

Notes:

- 1) Features not listed such as lossy transmission lines, L networks, and transformers are available with all engines.
- 2) The EZCalc4D engine is available only to existing EZNEC Pro/4 users.
- 3) External NEC-4.2 and/or NEC-5 engines must be purchased from LLNL.

Verschillende NEC versies en features

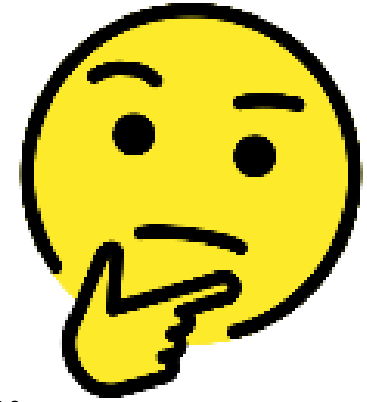
Bron: EZNEC Manual

- NEC-2 voor geïsoleerd draad
- NEC-5 voor radialen in de grond

MiniNEC vergelijking, zie b.v.

<http://on5au.be/content/amod/amod56.html>

De theorie achter NEC.....



- Zeer specialistisch
- Wetten van Maxwell (EM-velden) zijn *slechts* een begin...
- Numerieke oplossingen i.p.v. ‘toveren’ of ‘aannames’
- Voor de amateur belangrijk:
 - **Draden worden gesplitst in zgn. segmenten** (geen beperking in EZNEC-7)
Ieder segment wordt apart in berekeningen opgenomen en de stromen en velden en interacties berekend, incl. loads, grond etc.
 - EZNEC waarschuwt als je te veel of te weinig segmenten in een draad hebt

NEC: Als je het eens na wil lezen... (75 pagina's met formules)

The portion of the i^{th} basis function on segment i is then

$$f_i^o(s) = A_i^o + B_i^o \sin k(s - s_i) + C_i^o \cos k(s - s_i) \quad (26)$$

$$|s - s_i| < \Delta_i/2 .$$

If $N^- \neq 0$ and $N^+ \neq 0$, end conditions are

$$\frac{\partial}{\partial s} f_i^o(s) \Big|_{s = s_i - \Delta_i/2} = a_i^- Q_i^- , \quad (27)$$

$$\frac{\partial}{\partial s} f_i^o(s) \Big|_{s = s_i + \Delta_i/2} = a_i^+ Q_i^+ . \quad (28)$$

If $N^- = 0$ and $N^+ \neq 0$, end conditions are

$$f_i^o(s_i - \Delta_i/2) = \frac{1}{k} X_i \frac{\partial}{\partial s} f_i^o(s) \Big|_{s = s_i - \Delta_i/2} \quad (29)$$

$$\frac{\partial}{\partial s} f_i^o(s) \Big|_{s = s_i + \Delta_i/2} = a_i^+ Q_i^+ . \quad (30)$$

$$G_\rho^V = c_1 \frac{\partial^2}{\partial \rho \partial z} k_1^2 v'_{22} + c_1 \frac{k_1^2 - k_2^2}{k_1^2 + k_2^2} \frac{\partial^2}{\partial \rho \partial z} G_{21} , \quad (136)$$

$$G_z^V = c_1 \left(\frac{\partial^2}{\partial z^2} + k_2^2 \right) k_1^2 v'_{22} + c_1 \frac{k_1^2 - k_2^2}{k_1^2 + k_2^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial z^2} + k_2^2 \right) G_{21} \quad (137)$$

$$G_\rho^H = c_1 \cos\phi \left(\frac{\partial^2}{\partial \rho^2} k_2^2 v'_{22} + k_2^2 u'_{22} \right) \quad (138)$$

$$- c_1 \cos\phi \frac{k_1^2 - k_2^2}{k_1^2 + k_2^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial \rho^2} + k_2^2 \right) G_{21} ,$$

$$G_\phi^H = -c_1 \sin\phi \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} k_2^2 v'_{22} + k_2^2 u'_{22} \right) \quad (139)$$

$$+ c_1 \sin\phi \frac{k_1^2 - k_2^2}{k_1^2 + k_2^2} \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} + k_2^2 \right) G_{21} ,$$

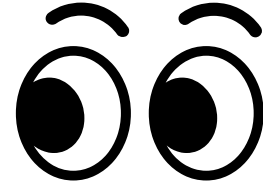
EZNEC - Tegeltjeswijsheid

Fout Model In → Sprookje Uit

(Garbage In → Garbage Out)

Alhoewel EZNEC wel
waarschuwt bij opvallende
fouten

Goed om te weten



- EZNEC is geen ontwerp programma
Je bent nl. zelf de ontwerper
- Optimaliseren doe je dus zelf, of gebruik AutoEZ i.c.m. EZNEC
(4NEC2 heeft wel optimalisatie tooling)
- Je doet jezelf een groot plezier als je 'RTFM'

De mouwen opstropen: Simulaties die we gaan doen

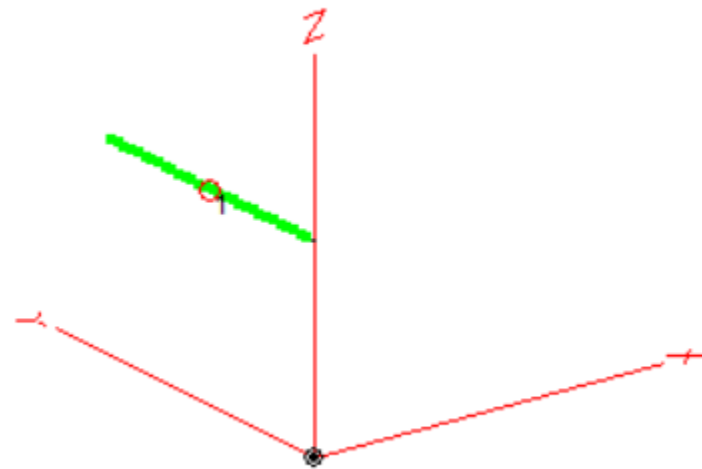


- Dipool antenne
- Vertical GP
- Vertical met radialen op de grond (**niet** ín de grond)

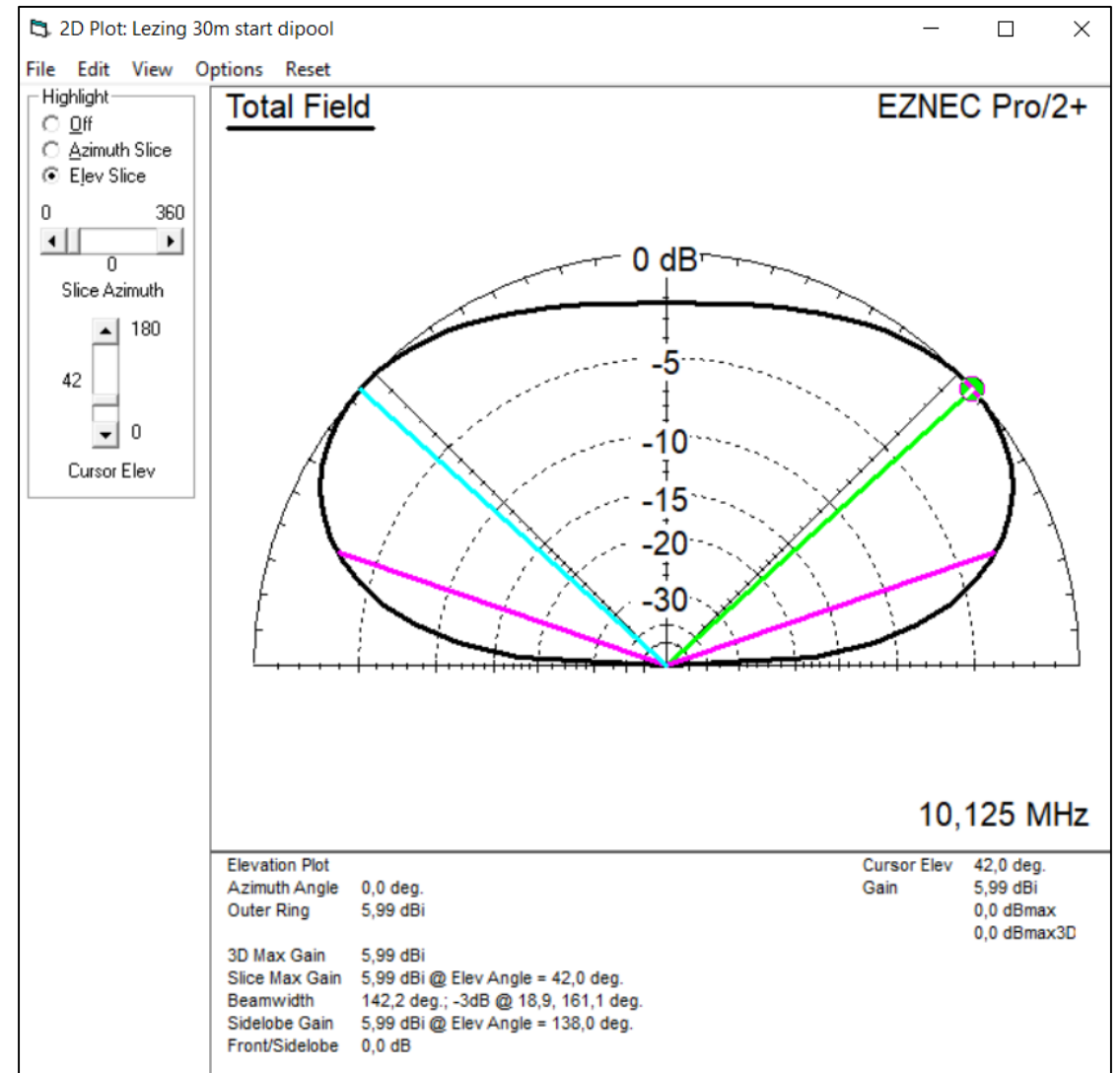
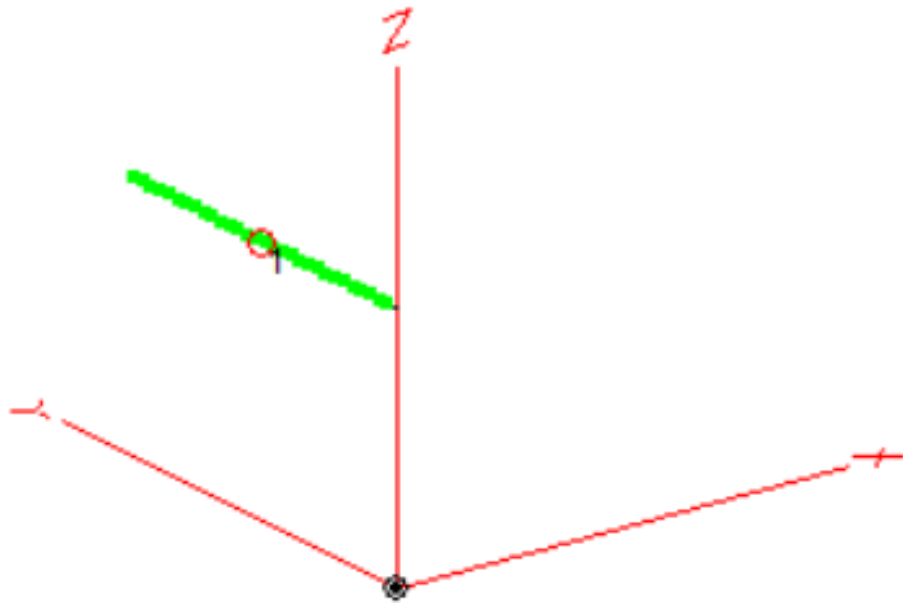
- Over wat variaties:
 - Dikte van de draad
 - Isolatie om de draad al dan niet
 - Aantal segmenten ('mini-dipolen') in een draad
 - Hoogte boven de grond (NVIS?)

Demo Dipool Antenne

- Bouw de dipool voor 30m (begin bij de file: Bydipole.ez)
- Wat doet de SWR
- Breng frequentie met laagste SWR naar gewenste waarde
- Sla het stralingsdiagram op



30m dipool antennne, h = 10m

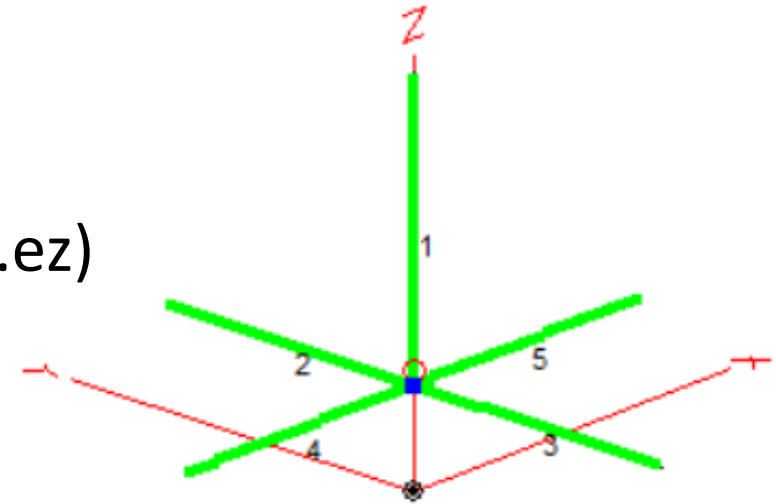


Demo Verticals

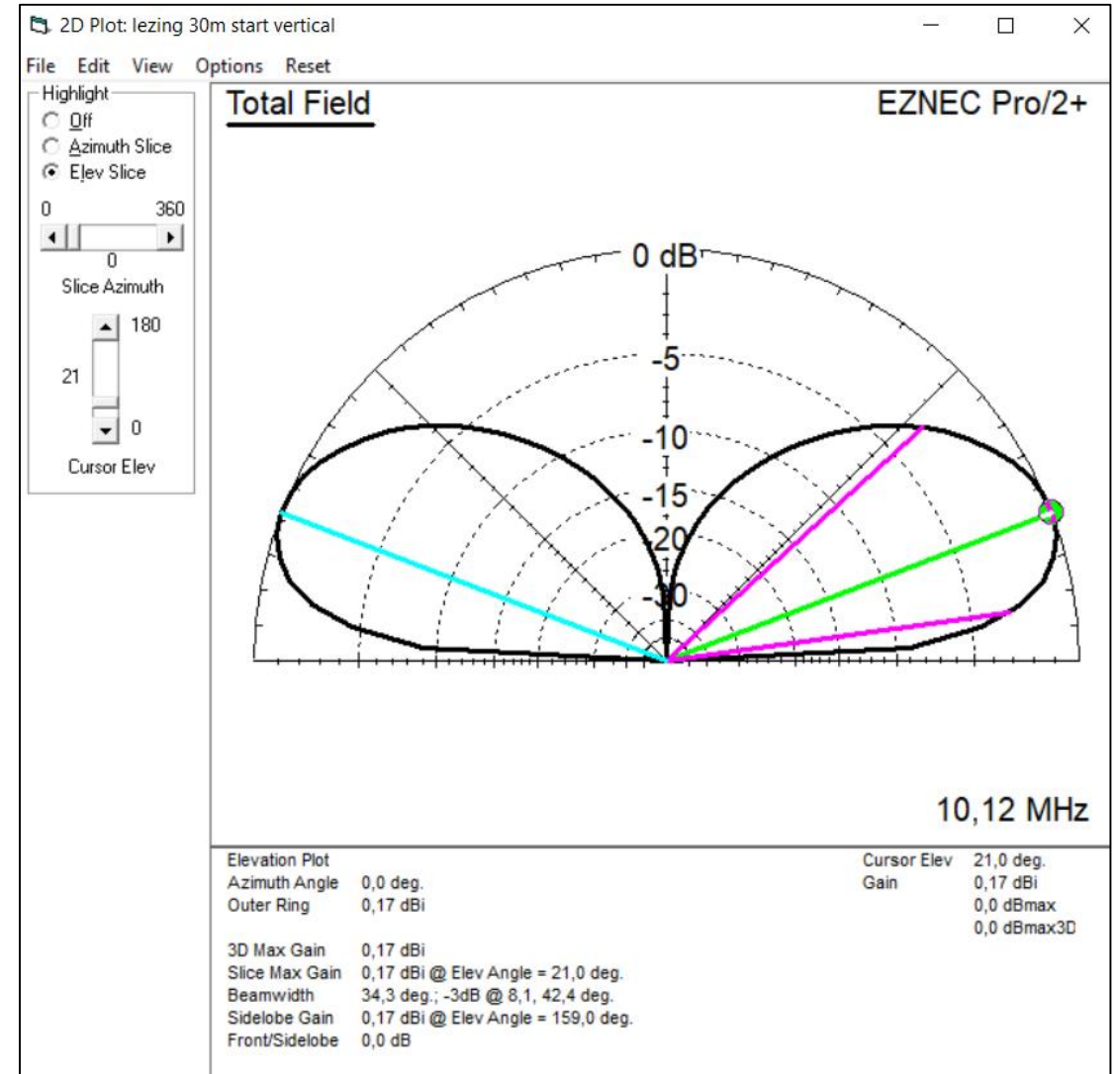
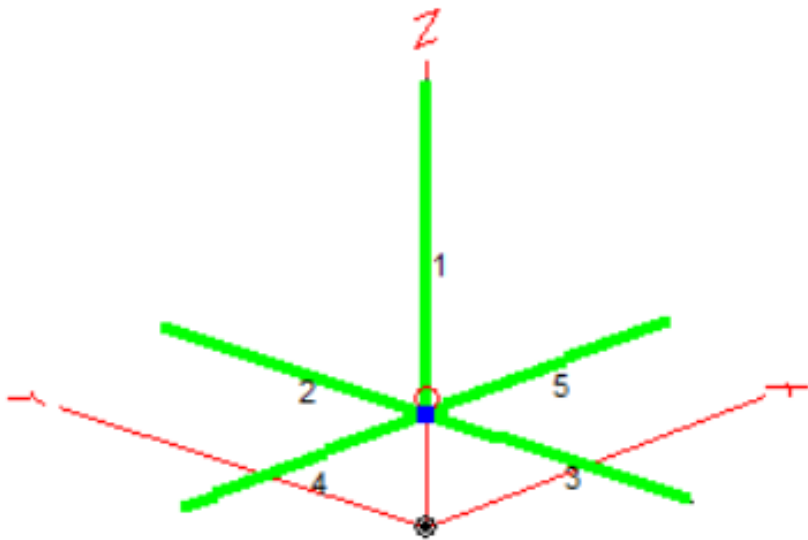
- Bouw GP voor 30m met 4 radialen (Start: vert1.ez)
- Breng op juiste frequentie
- Sla het stralingsdiagram op

- Bouw een 30m vertical met 20 radialen op de grond
- Breng op juiste frequentie
- Sla het stralingsdiagram op

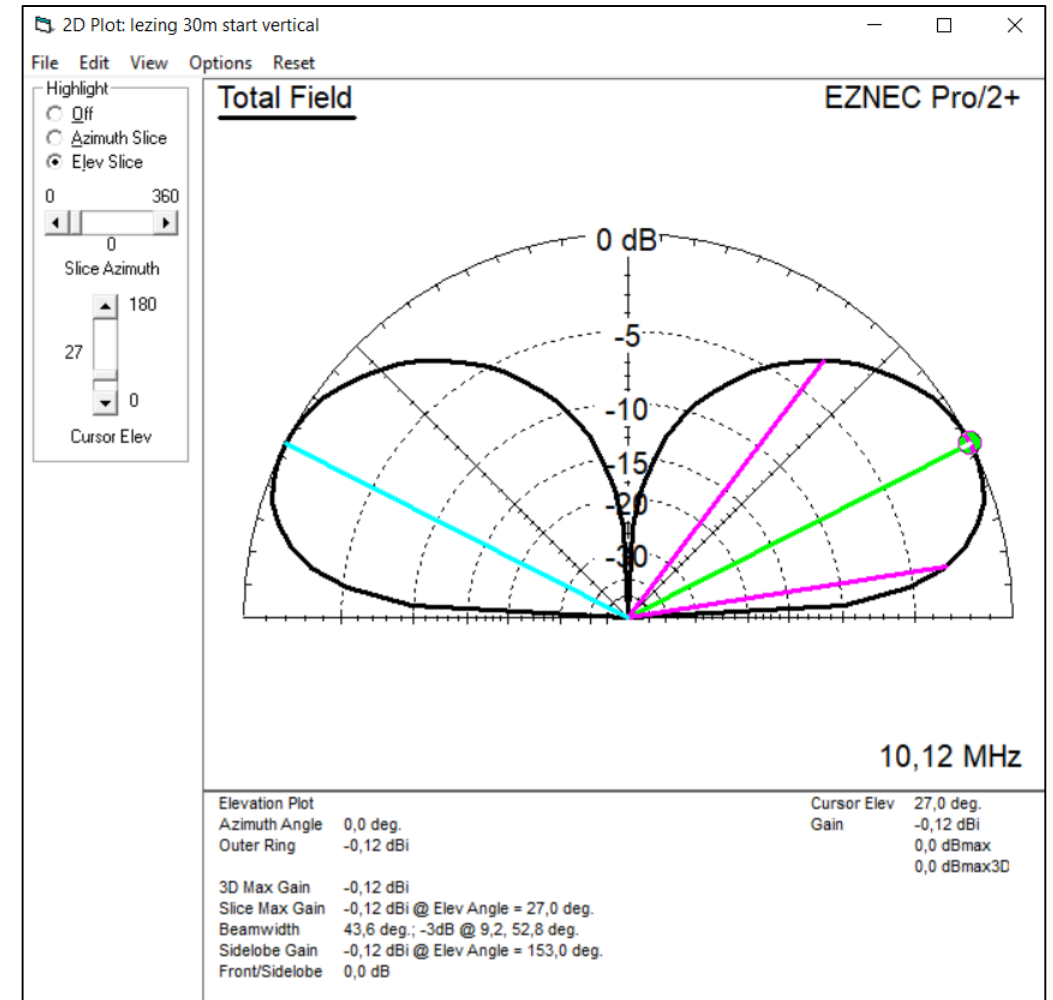
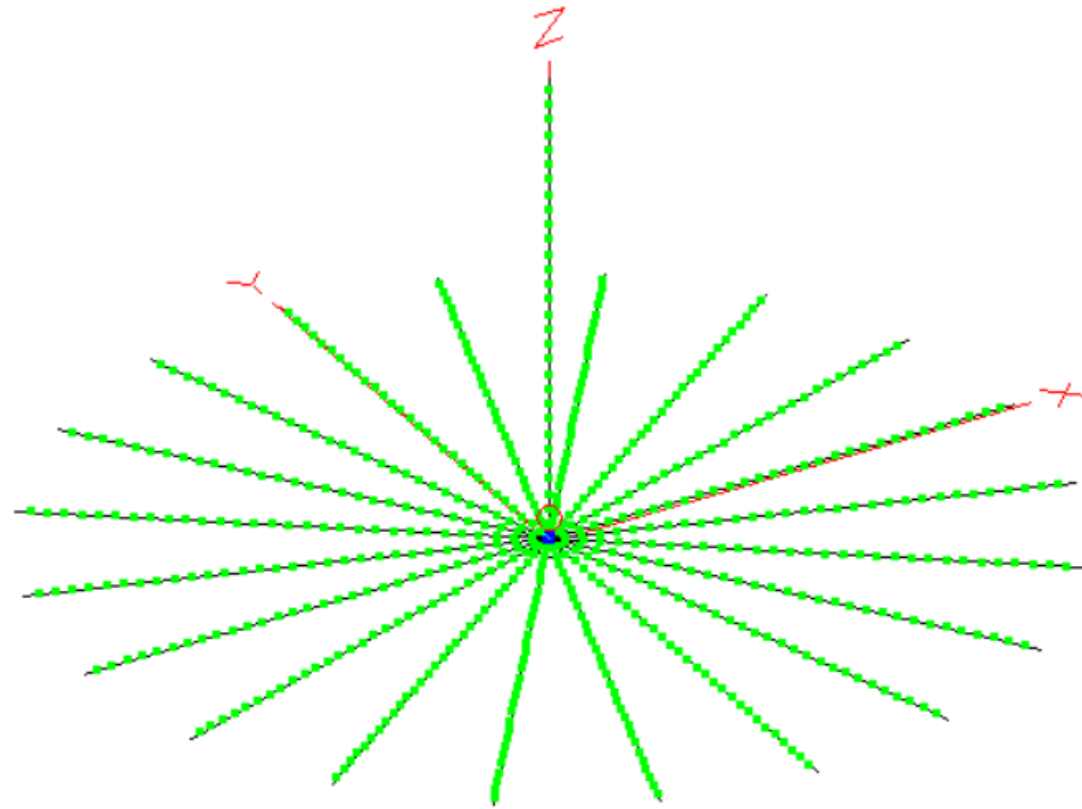
- Vergelijk stralingsdiagram van 'gewone' vertical met de GP-versie
- Vergelijk de twee verticals met de 30m dipool uit vorige voorbeeld



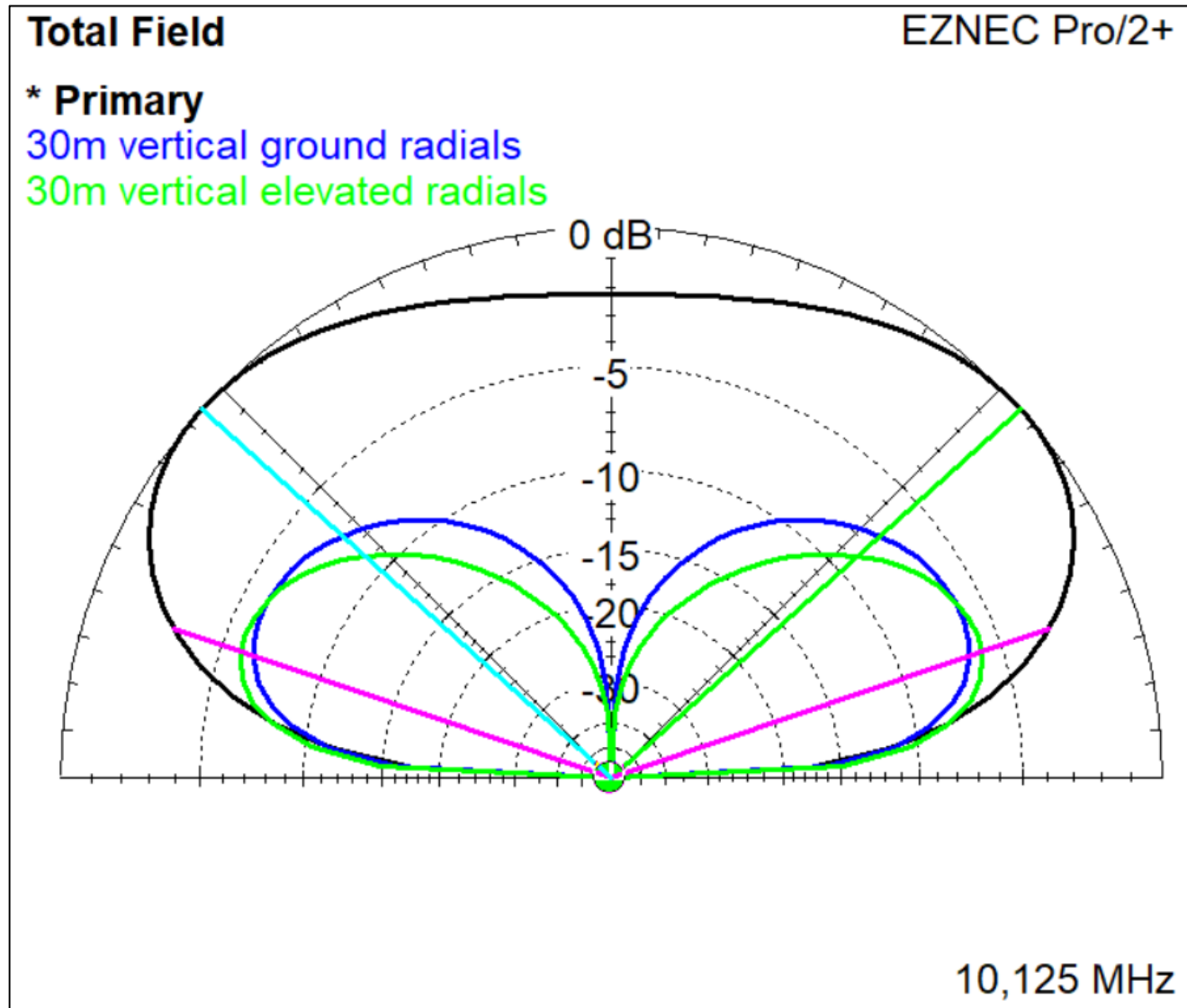
Vertical met 4 horizontale (elevated) radialen



30m vertical met radialen op de grond



Vergelijking dipool antenne ('primary') met de verticals

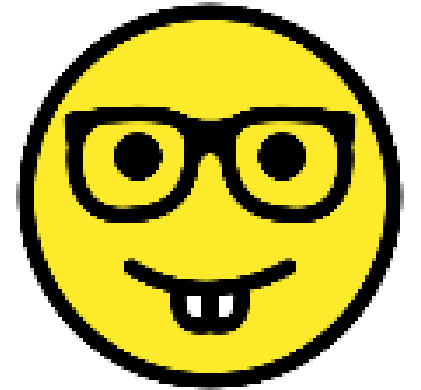


Pauze...



Typische dingen van dipool antennes:

- Split source en gewone source (wanneer gebruiken)
- Aantal segmenten in een draad, wat is het effect
- Stralende voedingslijn (coax met en zonder choke/balun)
 - Invloed op SWR
 - Invloed op stralingsdiagram
- Isolatie om een draadantenne
- Hoe hoog hang je een 80m NVIS antenne

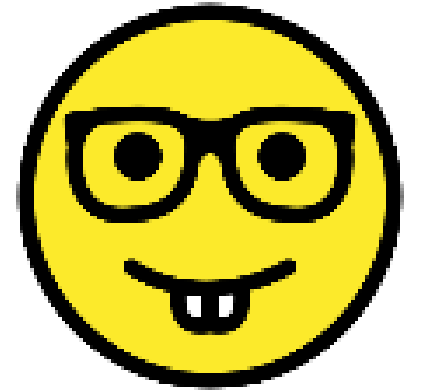


Praktijkvoorbeeld:

- Invloed van 160m vertical op een ontvang-antenne (b.v. K9AY-loop)

Typische dingen van dipool antennes:

- Split source en gewone source (wanneer gebruiken)
- Aantal segmenten in een draad, wat is het effect
- Stralende voedingslijn (coax met en zonder choke/balun)
 - Invloed op SWR
 - Invloed op stralingsdiagram
- Isolatie om een draadantenne
- Hoe hoog hang je een 80m NVIS antenne

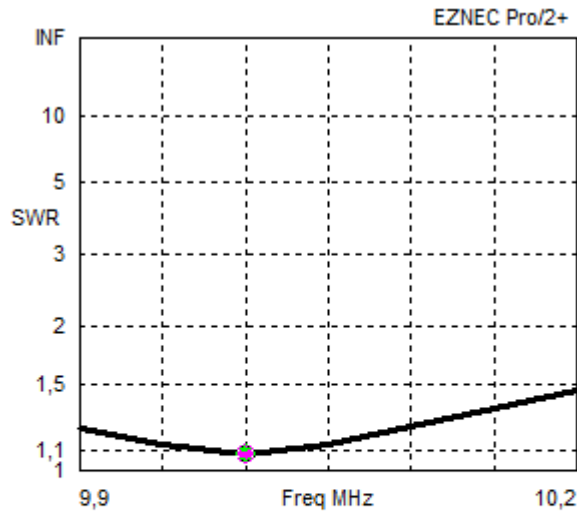


Praktijkvoorbeeld:

- Invloed van 160m vertical op een ontvang-antenne (b.v. K9AY-loop)

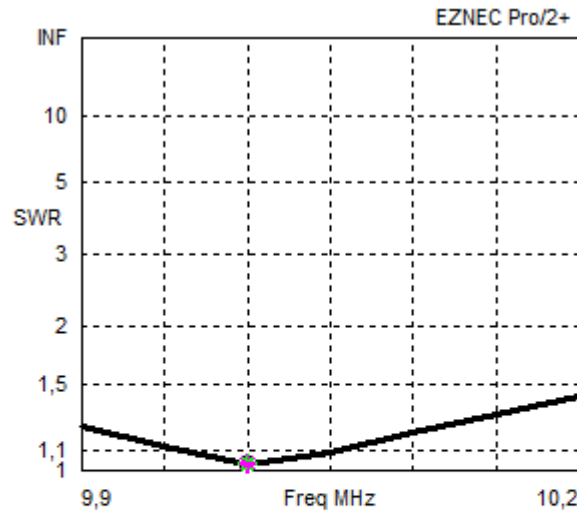
Riadialen (4) van een 30m GP en #segmenten

30m GP, f=10.12M	R	X
31+ 4x 10	55,4	+j11,4
31+ 4x 31	52,6	+j10,4
31+ 4 x tapered	51	+j9,6



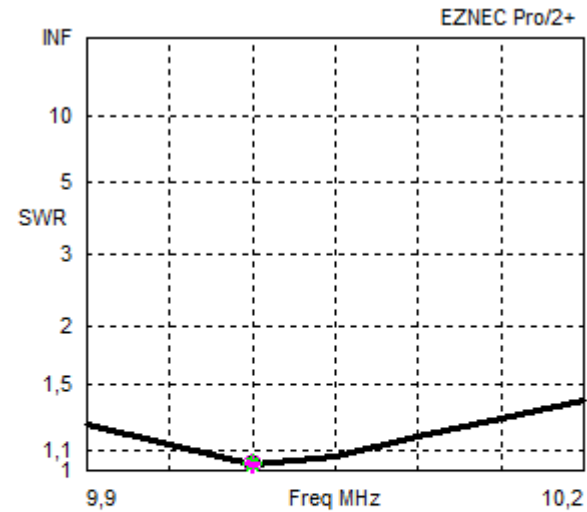
Freq 10 MHz Source # 1
 SWR **1,078** Z0 50 ohms
 Z 53,89 at -0,2 deg.
 = 53,89 - j0,1923 ohms
 Refl Coeff 0,03751 at -2,72 deg.
 = 0,03747 - j0,001782
 Ret Loss 28,5 dB

Segmenten:
 vertical 31
 Radials 4 x 10



Freq 10 MHz Source # 1
 SWR **1,029** Z0 50 ohms
 Z 51,22 at -0,85 deg.
 = 51,21 - j0,7599 ohms
 Refl Coeff 0,01413 at -31,68 deg.
 = 0,01202 - j0,007417
 Ret Loss 37,0 dB

Segmenten:
 Vertical 31
 Radials 4 x 31

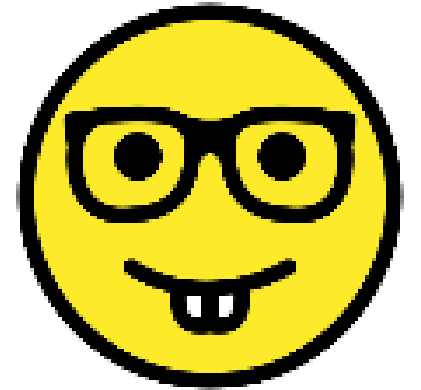


Freq 10 MHz Source # 1
 SWR **1,026** Z0 50 ohms
 Z 49,65 at -1,4 deg.
 = 49,64 - j1,211 ohms
 Refl Coeff 0,01269 at -106,07 deg.
 = -0,003513 - j0,0122
 Ret Loss 37,9 dB

Segmenten:
 Vertical 31
 Radials 4 x 10 'tapered'

Typische dingen van dipool antennes:

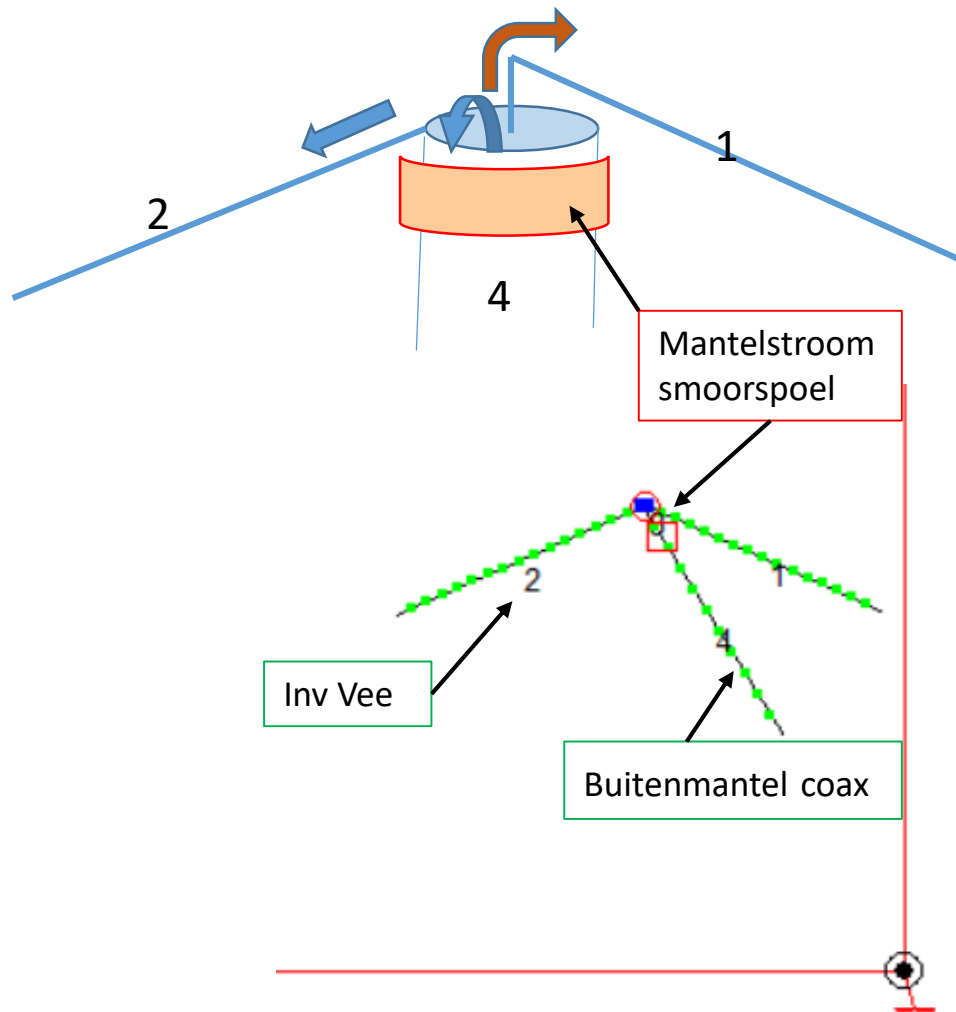
- Split source en gewone source (wanneer gebruiken)
- Aantal segmenten in een draad, wat is het effect
- **Stralende voedingslijn (coax met en zonder choke/balun)**
 - Invloed op SWR
 - Invloed op stralingsdiagram
- Isolatie om een draadantenne
- Hoe hoog hang je een 80m NVIS antenne



Praktijkvoorbeeld:

- Invloed van 160m vertical op een ontvang-antenne (b.v. K9AY-loop)

Dipoolantenne met coax gevoed (extra)



- Coax stromen:

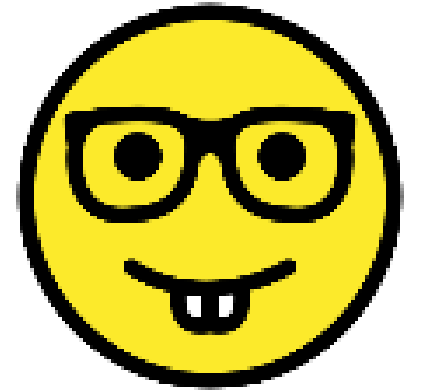
- Binnen-ader stroom
- Buitenmantel (binnenkant) stroom
 - antenedraad
 - buitenkant coax zonder CMC

- Simulatie:

- Extra draad (wire 4) aan één van de dipooldraden (wire 1 of 2) vast maken. Deze stelt dan de buitenkant van de coaxkabel voor. Je kunt hier een mantelstroom smoorspoel in simuleren (Load van $100 + j1000$ of zo)
- Bereken FF plot (in 3D)
- Bereken Src Dat (voedings impedantie en SWR)

Typische dingen van dipool antennes:

- Split source en gewone source (wanneer gebruiken)
- Aantal segmenten in een draad, wat is het effect
- Stralende voedingslijn (coax met en zonder choke/balun)
 - Invloed op SWR
 - Invloed op stralingsdiagram
- **Isolatie om een draadantenne**
- Hoe hoog hang je een 80m NVIS antenne



Praktijkvoorbeeld:

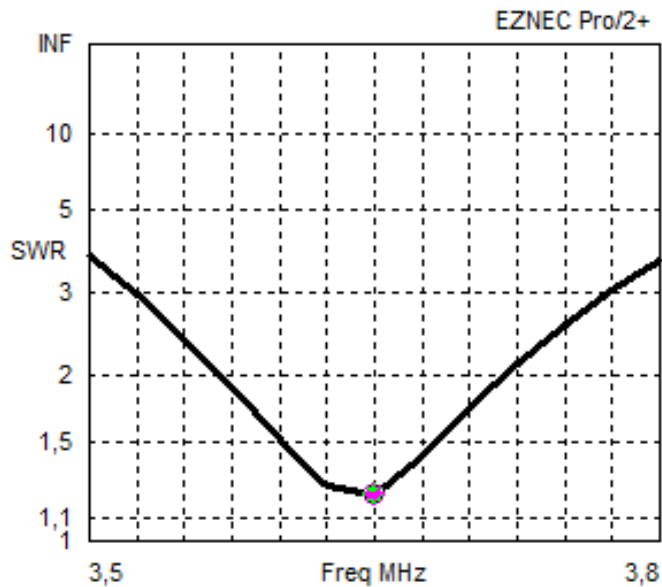
- Invloed van 160m vertical op een ontvang-antenne (b.v. K9AY-loop)

80m dipool, 12m boven normale grond

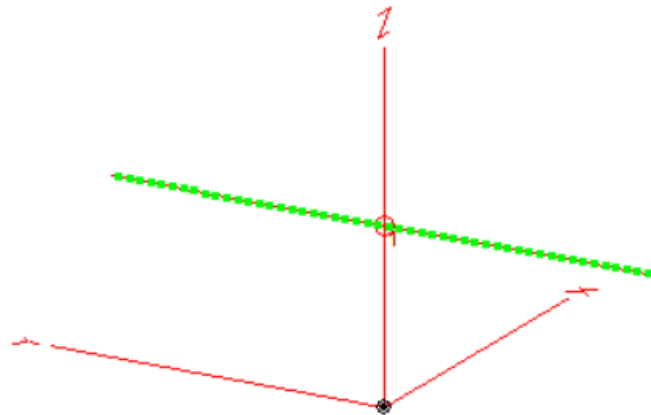
Koperdraad – 2,5 mm²

Links: **kaal** koperdraad

Rechts: **PVC** isolatie - 0,75mm dik

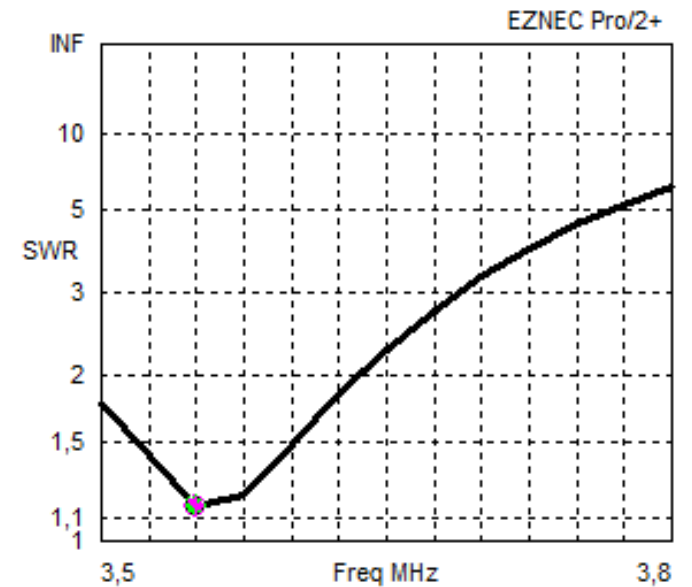


Freq 3,65 MHz Source # 1
SWR 1,2 Z0 50 ohms
Z 59,62 at 3,37 deg.
= 59,52 + j 3,51 ohms
Refl Coeff 0,0926 at 18,4 deg.
= 0,08786 + j 0,02923
Ret Loss 20,7 dB



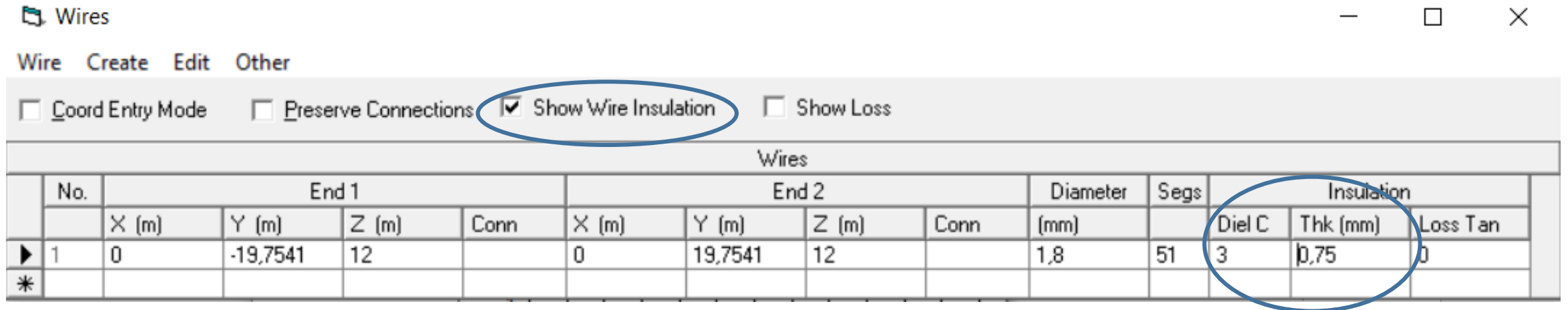
Met isolatie:

- 100kHz omlaag
- $\approx -3,5\%$



Freq 3,55 MHz Source # 1
SWR 1,15 Z0 50 ohms
Z 55,54 at -5,1 deg.
= 55,32 - j 4,941 ohms
Refl Coeff 0,06889 at -40,18 deg.
= 0,05263 - j 0,04444
Ret Loss 23,2 dB

Gegevens 80m dipool



Wires

Wire Create Edit Other

Coord Entry Mode Preserve Connections Show Wire Insulation Show Loss

Wires														
	No.	End 1				End 2				Diameter (mm)	Segs	Insulation		
		X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn	X (m)	Y (m)	Z (m)	Conn			Diel C	Thk (mm)	Loss Tan
▶	1	0	-19,7541	12		0	19,7541	12		1,8	51	3	0,75	0
*														

Lengte dipool: 39,5m

Hoogte: 12m

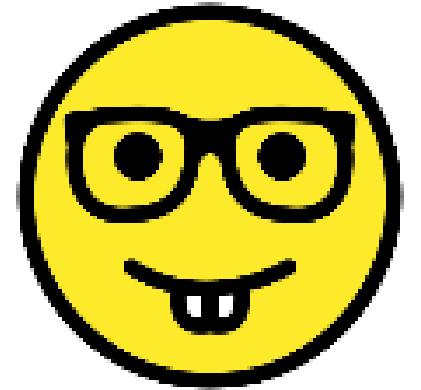
Grond: gemiddelde grond (average ground)

Koperdraad met PVC isolatie: $\epsilon_r = 3$

(Koperverliezen staan aangevinkt in het hoofdmenu)

Typische dingen van dipool antennes:

- Split source en gewone source (wanneer gebruiken)
- Aantal segmenten in een draad, wat is het effect
- Stralende voedingslijn (coax met en zonder choke/balun)
 - Invloed op SWR
 - Invloed op stralingsdiagram
- Isolatie om een draadantenne
- Hoe hoog hang je een 80m NVIS antenne



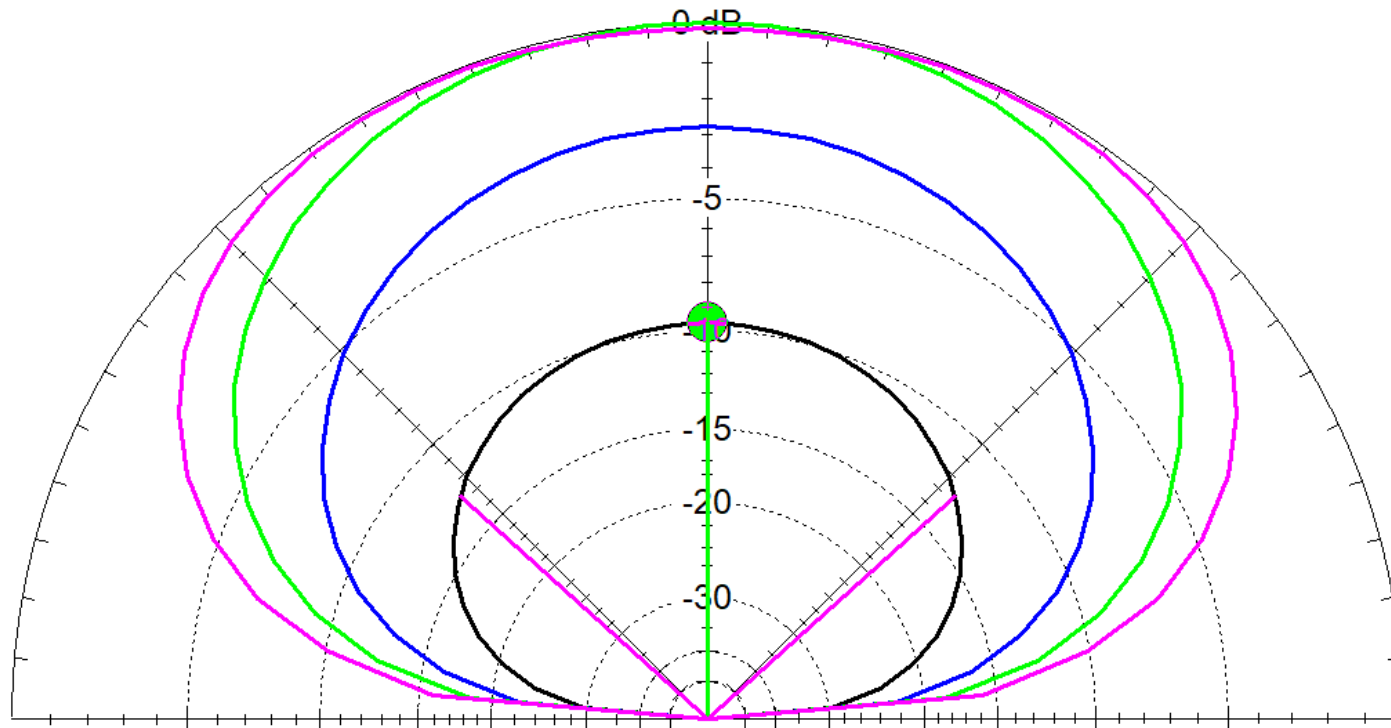
Praktijkvoorbeeld:

- Invloed van 160m vertical op een ontvang-antenne (b.v. K9AY-loop)

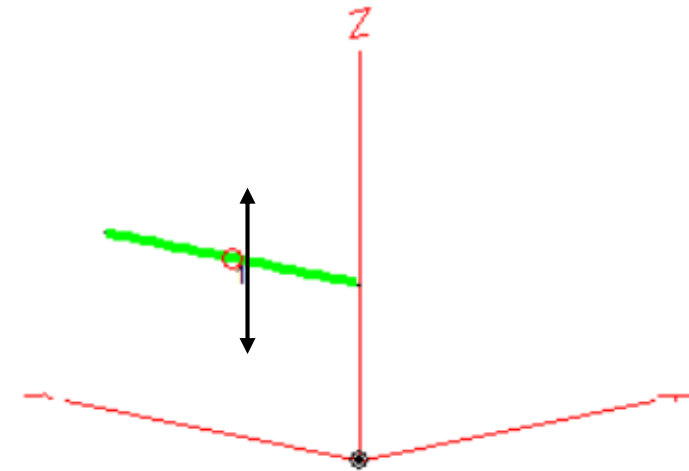
De zelfde 80m dipool op verschillende hoogten Hoe hoog voor goede **NVIS**?

Total Field

- * 80m 2m hoog
- 80m dipool h= 6m
- 80m dipool h=12m
- 80m dipool h=20m



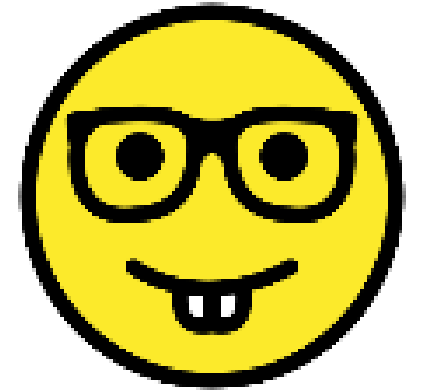
EZNEC Pro/2+



3,65 MHz

Opm: straler op 6m, reflector op 1m: ruim 2 dB extra gain voor 6m NVIS

Typische dingetjes m.b.t. dipool antennes



- Split source en gewone source (wanneer gebruiken)
- Aantal segmenten in een draad, wat is het effect
- Stralende voedingslijn (coax met en zonder choke/balun)
 - Invloed op SWR
 - Invloed op stralingsdiagram
- Isolatie om een draadantenne
- Hoe hoog hang je een 80m NVIS antenne

Praktijkvoorbeeld:

- Invloed van 160m vertical op een ontvang-antenne (b.v. K9AY-loop)
(TN2MS DXpedition naar Congo)

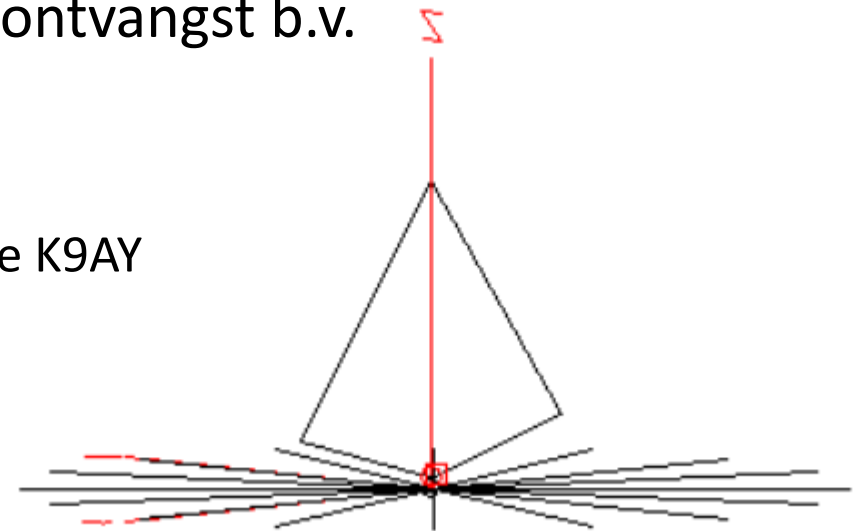
TN2MS DXpedition Frans Congo

- RX: K9AY loop
- TX: 160m vertical

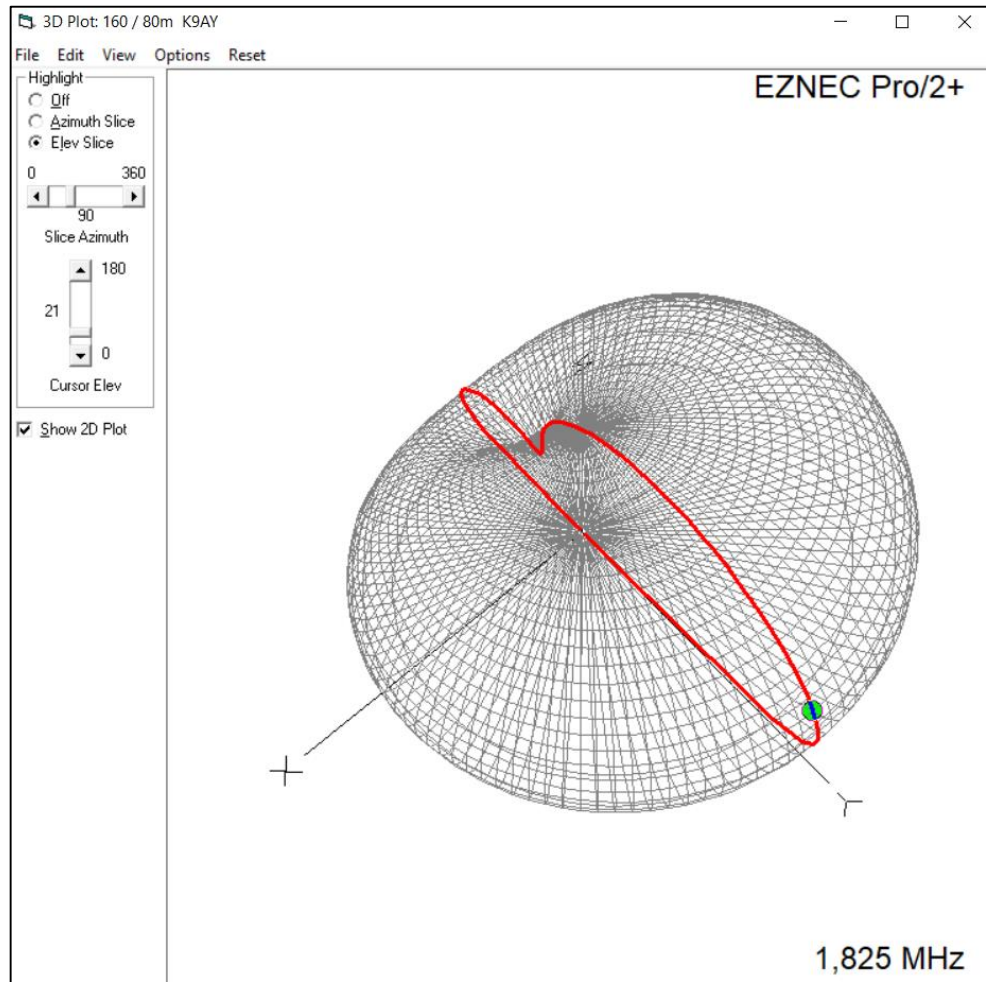
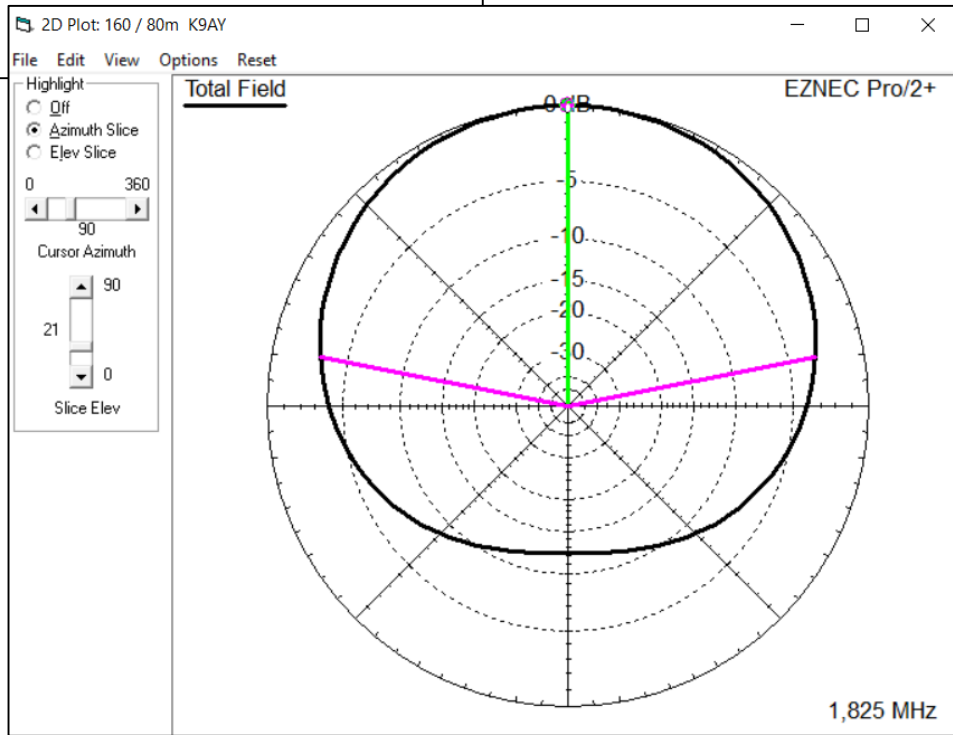
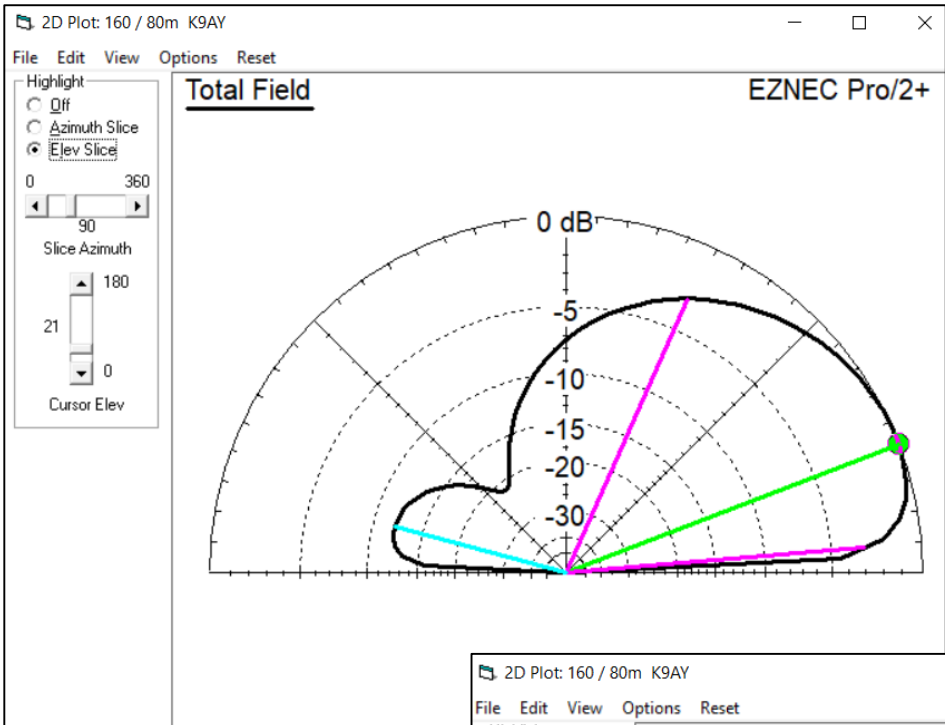


De (luister)antenne (K9AY) en de omgeving

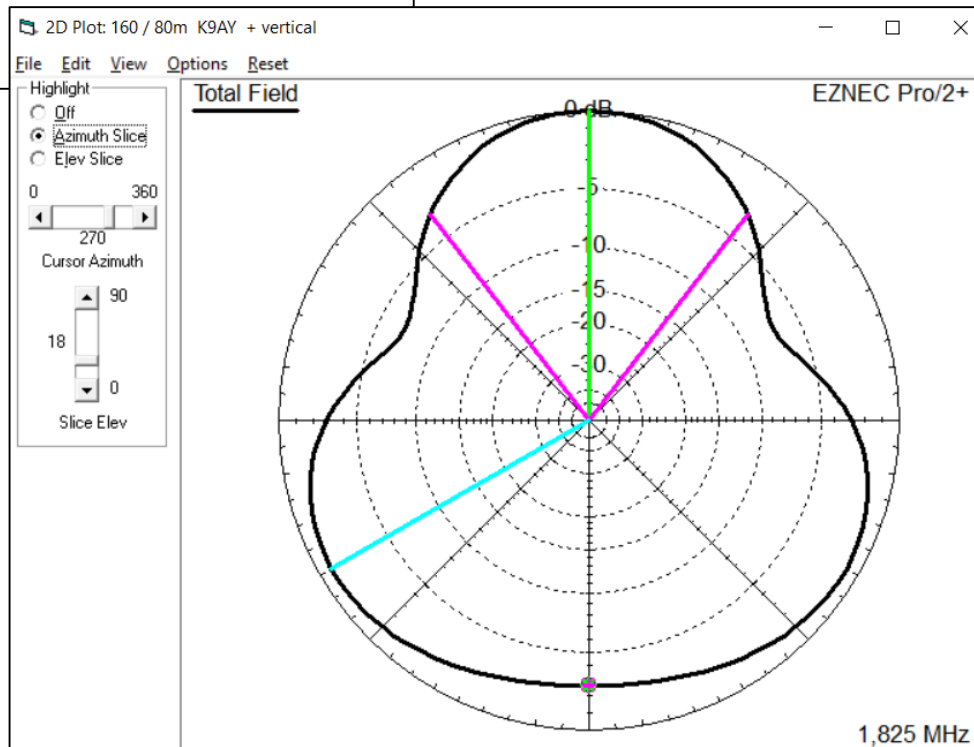
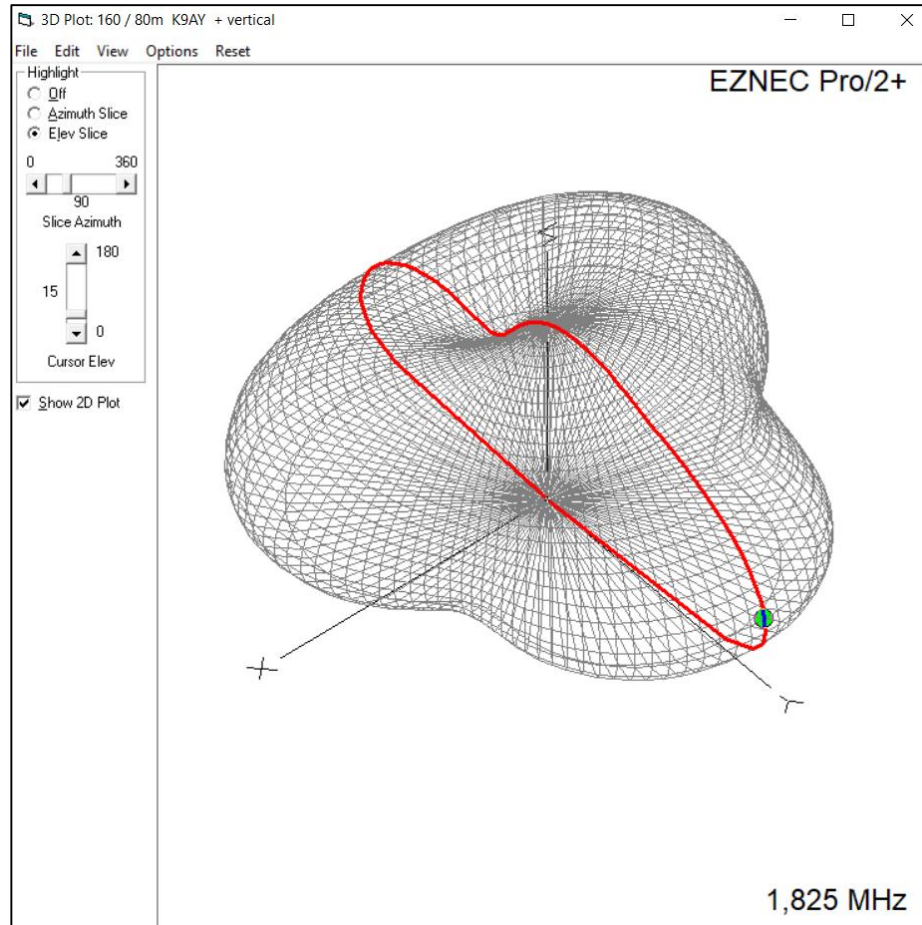
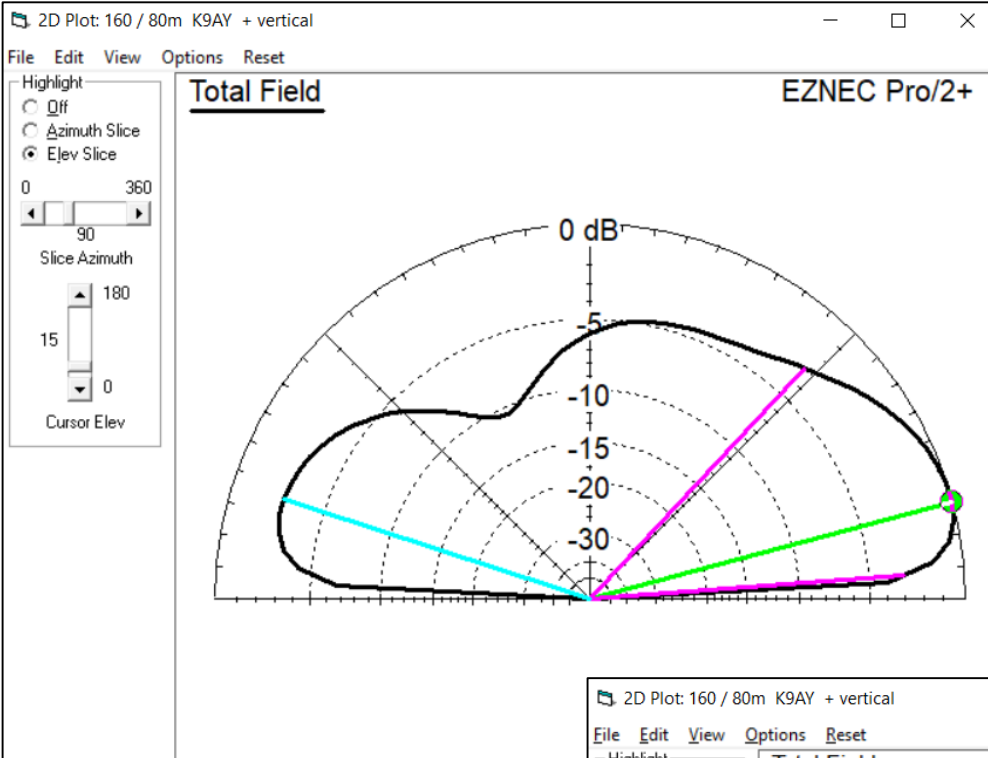
- We vergelijken het stralings/ontvangstdiagram van een K9AY loop voor 160m:
 - Zonder enige omgevingsfactoren (uitgangspunt)
 - Met een 160m vertical in de richting van de ontvangst b.v.
 - Op ca. 60m afstand ←
 - Op 120m afstand
 - Op 60m afstand, maar aan de 'achterkant' van de K9AY
 - Hoe kunnen we eventuele effecten tegen gaan?



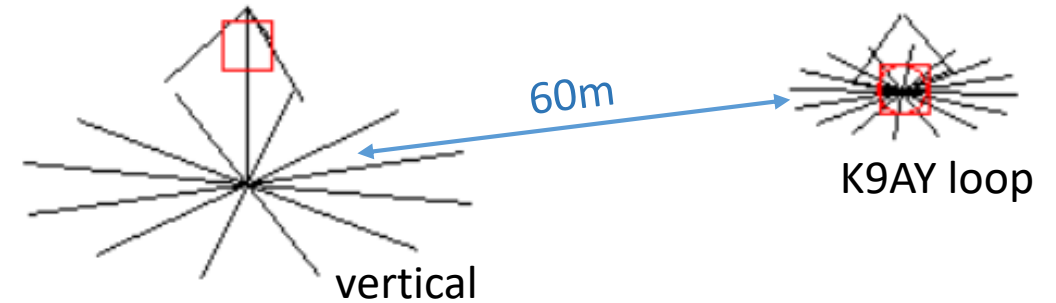
160m K9AY loop



160m K9AY loop + ¼ golf vertical, op 60m afstand in de ontvangrichting



Simulaties K9AY en vertical



Conclusies:

- De vertical (elektrische kwart golf in resonantie) heeft veel invloed als deze in de luisterrichting staat (op 60m)
- Dit geldt ook op wat grotere afstand (120m)
- Er is weinig invloed als de vertical aan de 'achterkant' van de K9AY-antenne staat.
- Er is weinig invloed als de vertical 'uit – tune' wordt gehaald door de onderkant los te koppelen of (in dit geval) flink te verstemmen door de verlengspoel kort te sluiten.

De ultieme tip

Lees het manual

Voedingsimpedantie

- Je wil:
 - De voedingsimpedantie van de antenne weten
 - Een betrouwbare SWR simulatie
- Let op:
 - Bron in het midden van een inverted-Vee antenne (makkelijk te simuleren)
 - Bronimpedantie in een End-Fed wire (random LW of een HWEF) is lastige simulatie. **Zie manual.**
 - Radialen onder een vertical

Let op: Check het model met 3D plot. Die rapporteert de **'Average Gain'**.

Die 'Average Gain', gesimuleerd met de antenne in free space/ bij ideale grond, zero loss, moet praktisch =1 zijn. Indien niet, dan is het model niet helemaal betrouwbaar. Dit kan te maken hebben met de segmentatie van de wires of de plaatsing van de bron (source).

Stralingsdiagram

- Je wil:
 - Een realistisch stralingsdiagram
 - Dat de verwachte performance ook realiteit wordt
- Let op:
 - Omgevingsfactoren als metalen objecten, andere antennes
 - Grondtype
 - Meestralende coax (!?!)
 - Een dB is een dB?
dBi, dBd, dB t.o.v. andere antenne,

Wat hap-snap regels voor EZNEC berekeningen

(zie o.a. de EZNEC-handleiding en de pagina 'Nice Reads')



- **Segment lengte** / hoeveel segmenten in een wire:
 - 0,001 – 0,05 golflengte dus bijvoorbeeld:
Halve golf dipool antenne: min 10 – max 500 segmenten (31 segmenten werkt goed)
 - Segment tenminste 8x langer dan de draaddikte
 - Segmenten mogen elkaar niet overlappen en draden mogen niet kruisen in hetzelfde vlak
 - Waar draden aan elkaar vast zitten, houdt in de rakende draden dan ongeveer dezelfde segmentlengte aan
- **Draaddikte:**
 - Diameter maximaal 1/30 golflengte
 - Tapering (stepped diameter) maakt NEC2 onnauwkeuriger, maar in de EZNEC wrapper zit hiervoor een corrigerend algoritme
 - Radialen OP de grond in EZNEC (=NEC2), dus niet IN de grond, minimaal 2 draaddikten tot het grondvlak (EZNEC)
 - Waar draden elkaar verbonden zijn, houd dan ongeveer dezelfde dikte aan indien mogelijk.

Enkele foutmeldingen door EZNEC

- Source 1: Segment connects to multiple wires
 - De bron bevindt zich in het laatste segment van een draad waar meerdere draden samenkomen.
 - Oplossing: verplaats de bron (source) een segment verder van het eind.
Let op: de segmenten moeten kort zijn anders verplaats je de aansluiting te ver fysiek gezien.
 - Iets vergelijkbaars kan ook optreden bij het aansluiten van transmissielijnen
 - Deze fout is meestal niet kritisch. EZNEC-5 rapporteerde dit destijds niet.
- The description does not contain any sources. It must include at least one
 - Is duidelijk. Oplossing: plaats een bron (source)
- Wire x segment too short. $L = \dots$ etc
 - Blijkbaar te veel segmenten in een wire gedefinieerd (gaat om lengte segment t.o.v. golflengte)
 - Oplossing: reduceer het aantal segmenten
- Wire x segment too long. $L = \dots$ etc
 - Blijkbaar te weinig segmenten in de draad (gaat om lengte segment t.o.v. golflengte)
 - Oplossing: verhoog het aantal segmenten
- Wire x and y intersect at other than a segment junction or end
 - Draden x en y kruisen elkaar, liggen op elkaar
 - Draden mogen elkaar niet raken als ze niet op dat raakpunt verbonden zijn
 - Oplossing: verplaats een draad

EZNEC

- Ga gewoon doen
- Leer van de resultaten
- Niemand kan je wat op de mouw spelden over antennes
(immers... je kunt het controleren of hebt het al eens eerder gesimuleerd)
- Ontwerp en bouw eens een dipoolantenne of een GP en zie verschil of juist de overeenkomst tussen een EZNEC simulatie en een praktijk meting.



Nice reads: 

- <https://eznec.com/>
- <http://on5au.be/content/amod/amod56.html>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Numerical Electromagnetics Code](https://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_Electromagnetics_Code)
- <https://www.arrl.org/files/file/Technology/tis/info/pdf/9102018.pdf>
- <http://www.w8io.com/mininec.htm>
- Emoji's: <https://emojiter.com/> (OpenMoji)

Meer informatie op pa3a.nl EZNEC pagina:

<https://pa3a.nl/antenna-design-with-ez nec/>

