

ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ 2

ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΝΟΜΟΥ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Ονοματεπώνυμο: Αντώνης Μπατσαλιάς

ΑΕΜ:8865

Εξάμηνο φοίτησης:8ο

Θεσσαλονίκη 28/5/2019

Αντικείμενο Εργασίας

Το αντικείμενο της εργασίας που αναλάβαμε στο πλαίσιο του μαθήματος Ασύρματος Τηλεπικοινωνία 2 περιλαμβάνει τα παρακάτω:

1. το σχεδιασμό της ψηφιακής τηλεοπτικής ραδιοκάλυψης του νομού Χαλκιδικής
2. την επιλογή και το σχεδιασμό της ραδιοκάλυψης των αναμεταδοτών, που πιθανόν θα απαιτηθούν
3. το σχεδιασμό των ραδιοζεύξεων μεταξύ studio και πομπών/αναμεταδοτών
4. την επιλογή του εξοπλισμού (κεραίες, πομποί κλπ)
5. το σχεδιασμό του αλεξικέραυνου/-ων και των γειώσεων με την επιλογή των αντίστοιχων υλικών.

Ο ΝΟΜΟΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

Η Χαλκιδικής είναι ένας πολύ γραφικός νομός που βρίσκεται στην κεντρική Μακεδονία , ενώ συνορεύει μονάχα με την Θεσσαλονίκη. Ο πληθυσμός της πόλης σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ανέρχεται στους 105.908 κατοίκους καθιστώντας την τη 34^η μεγαλύτερη χώρα της Ελλάδας πληθυσμιακά ενώ η έκτασή της είναι 2.923 τετραγωνικά χιλιόμετρα , γεγονός το οποίο την φέρνει στην 17^η θέση των πόλεων με τη μεγαλύτερη έκταση. Πρωτεύουσα της είναι ο Πολύγυρος. Στον νομό Χαλκιδικής συναντά κανείς 5 δήμους μετά την εφαρμογή του προγράμματος Καλλικράτη (οι δήμοι από 14 έγιναν 5) .Συγκεκριμένα υπάρχει ο δήμος Αριστοτέλη (με έδρα την Ιερισσό) , ο δήμος Κασσάνδρας (πρώτο πόδι ,με έδρα την Κασσάνδρεια) , ο δήμος Προποντίδας (με έδρα τα Νέα Μουδανιά) , ο δήμος Πολυγύρου (με έδρα τον Πολύγυρο) καθώς και ο δήμος Σιθωνίας (δεύτερο πόδι , με έδρα τη Νικήτη). Οι κάτοικοι ανά δήμο δίνονται στο παρακάτω πίνακάκι (πάλι με βάση την απογραφή του 2011):

Δήμος	Πληθυσμός
Αριστοτέλη	20061
Κασσάνδρας	16165
Προποντίδας	32601
Πολυγύρου	23152
Σιθωνίας	12935

Οι πιο σημαντικοί οικισμοί της Χαλκιδικής είναι οι παρακάτω και θα συμπεριλάβουμε αυτούς στις μηκοτομές της ευρυεκπομπής μας.

Περιοχή Κάτοικοι

Νέα Καλλικράτεια 6504

Νέα Μουδανιά 6475

Πολύγυρος 5456

Ιερισσός 3587

Νικήτη 3128

Νέα Τρίγλια 2905

Νέος Μαρμαράς 2856

Αρναία 2767

Άγιος Νικόλαος 2019

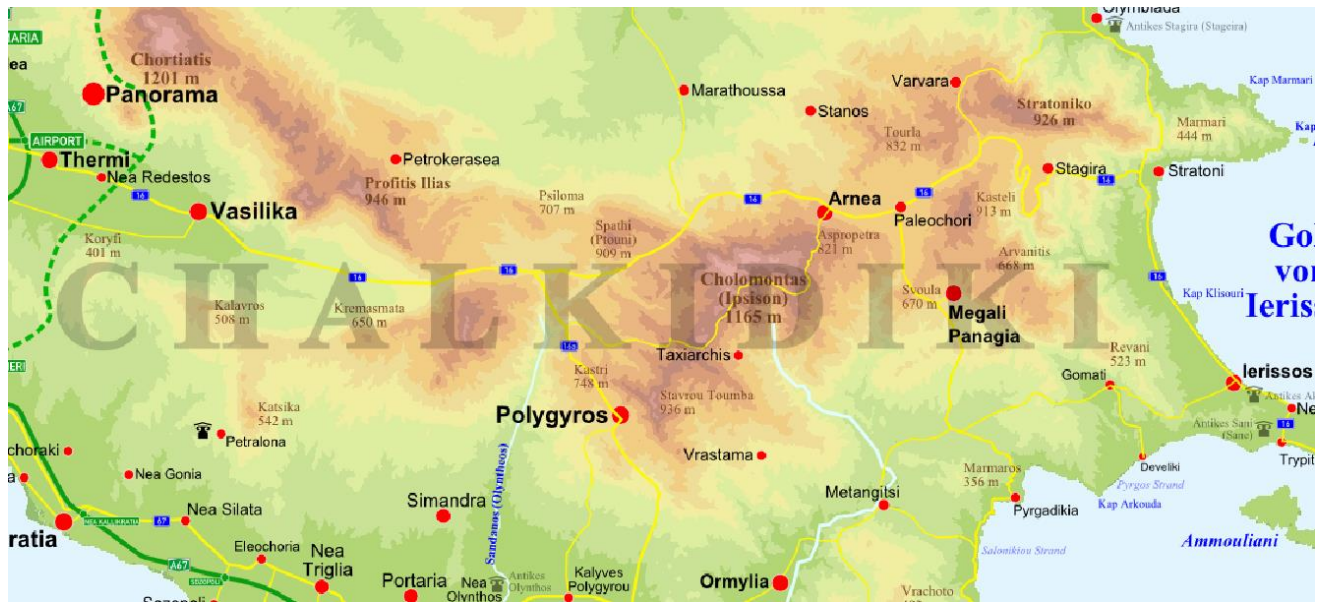
Πευκοχώρι 2010



Στον παρακάτω χάρτη με σκούρο καφέ είναι οι ορεινές περιοχές του νομού. Βλέπουμε ότι το πρώτο πόδι είναι σε

πολύ μικρό βαθμό ορεινό (είναι μία σχεδόν πεδινή περιοχή δηλαδή) , το δεύτερο πόδι είναι σε μία περιοχή του ορεινό ενώ τα μεγαλύτερα υψώματα της Χαλκιδικής βρίσκονται στο υπόλοιπο (κεντρικό και βόρειο θα λέγαμε) κομμάτι του νομού.





Κάποιες από τις μεγαλύτερες κορυφές είναι:

- Το Ύψιστον στο βουνό Χολωμόντα στα 1165 μέτρα.
- Η Σταυρού Τούμπα κοντά στο χωριό Ταξιάρχης του οποίου η κορυφή είναι στα 936 μέτρα
- Το Στρατόνικο που βρίσκεται κοντά στα Στάγिरα στα 926 μέτρα.
- Το Καστέλι πάλι κοντά στα Στάγिरα στα 913 μέτρα
- Το Πτούνι στο βουνό Σπαθί (κοντά στο Χολωμόντα) στα 909 μέτρα.

Να σημειώσουμε ότι και το δεύτερο πόδι διαθέτει ανάλογα ψηλά μέρη με ψηλότερο το Αστραποκαμένο που η κορυφή του βρίσκεται στα 817 μέτρα με τον Ψήλο να το ακολουθεί στα 753 μέτρα:



Πρότυπα (ψηφιακής τηλεόρασης) που υιοθετούνται:

Σύμφωνα με το φύλλο 1963 της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως και απόφασης Αριθμ.716-003 στις 25/6/2014 έχουμε τα παρακάτω όσον αφορά τα πρότυπα:

“Ο Κάτοχος Δικαιωμάτων Χρήσης Ραδιοσυχνοτήτων οφείλει να ακολουθεί τεχνολογία με χαρακτηριστικά μετάδοσης όμοια ή αποδοτικότερα από το πρότυπο μετάδοσης DVB-T(ETSI EN 300 744) με συμπίεση MPEG-4.Ο Κάτοχος Δικαιωμάτων Χρήσης Ραδιοσυχνοτήτων οφείλει να λάβει εκ των προτέρων όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να είναι δυνατή η αναβάθμιση του δικτύου του σε DVB-T2”.Το πρότυπο για την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση στην Ελλάδα, όπως και στην υπόλοιπη Ευρώπη, είναι το DVB-T. Στις 6 Φεβρουαρίου 2015 η Ελλάδα ολοκλήρωσε επιτυχώς τη μετάβαση της στα συγκεκριμένα πρότυπα. Τώρα ας δούμε κάποια χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου προτύπου. Το πρότυπο DVB-T χρησιμοποιεί διαμόρφωση COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). Αυτή η διαμόρφωση μεταδίδει ένα ανθεκτικό σήμα

με δυνατότητα διαχείρισης δύσκολων συνθηκών καναλιού όπως η αντιμετώπιση της παραμόρφωσης του σήματος λόγω χαμηλής αυτοσυσχέτισης. Το DVB-T έχει τεχνικά χαρακτηριστικά που το κάνουν πολύ ευέλικτο σύστημα:

3 επιλογές διαμόρφωσης (QPSK, 16QAM, 64QAM)

5 διαφορετικούς ρυθμούς FEC (forward error correction)

4 επιλογές Guard Interval(διαστήματα προστασίας ώστε οι διακριτές μεταδόσεις να μην αλληλεπιδρούν μεταξύ τους)

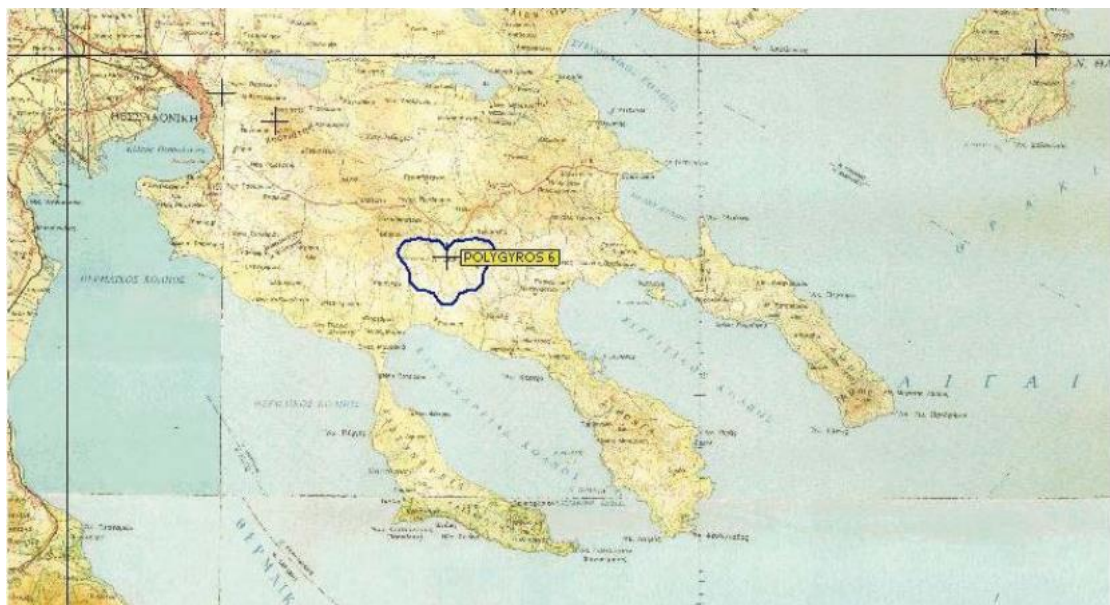
Μπορεί να λειτουργήσει σε κανάλια εύρους 6, 7 ή 8MHz (με video στα 50Hz ή 60Hz) γεγονός το οποίο είναι χαρακτηριστικό κομβικής σημασίας , λόγω του εύρους των ραδιοδιαύλων από τη νομοθεσία όπως θα δούμε παρακάτω.

Να σημειώσουμε ότι σύμφωνα με την απόφαση 42800/5-10-2012 η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται είναι 64-QAM ενώ το FEC είναι $\frac{3}{4}$ και το GI είναι $\frac{1}{8}$ για μοντέλο σταθερής λήψης.

Νομικό Πλαίσιο

Σύμφωνα με την υπουργική απόφαση 42800/5-10-2012 καθορίστηκε ο Χαρτών Συχνοτήτων επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής. Η χώρα χωρίστηκε σε 34 περιοχές στις οποίες ανατέθηκε ένας αριθμός(allotment , στην Χαλκιδική αυτός ο αριθμός ήταν ο 6).Έτσι κάθε μία από τις 34 περιοχές αντιστοιχεί πλέον σε ένα μονοσυχνικό δίκτυο το οποίο θα περιείχε έναν αριθμό διαύλων καθώς και έναν αριθμό κέντρων εκπομπής , ανάλογα με την έκταση του κάθε νομού και των πολιτικών αλλά και γεωμορφολογικών του χαρακτηριστικών. Παρακάτω οι γεωγραφικές περιοχές ραδιοκάλυψης των επιτρεπτών κέντρων εκπομπής .Να σημειώσουμε ότι στην

δεύτερη φωτογραφία που βρίσκεται παρακάτω έχουμε
‘κυκλωμένη’ την περιοχή στην οποία έπρεπε να χτιστεί το
κέντρο εκπομπής σύμφωνα με την υπουργική απόφαση:



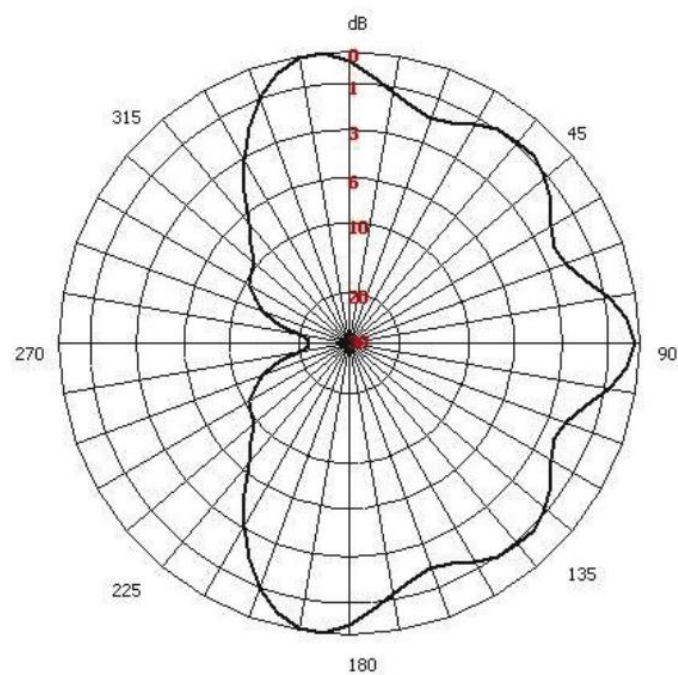
Παρακάτω βλέπουμε τα στοιχεία του κέντρου εκπομπής της Χαλκιδικής καθώς και την EIRP ανά επιτρεπτό κέντρο εκπομπής καθώς και το αντίστοιχο οριζόντιο πολικό διάγραμμα:

ALLOTMENT 6 (ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ)

Απαραίτητα Κέντρα Εκπομπής

Ονομασία		ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ	Στοιχεία Κεραίας				
Συντεταγμένες (ΕΓΣΑ87)	Μήκος	454627	ΠΛΕΥΡΑ Α	ΠΛΕΥΡΑ Β	ΠΛΕΥΡΑ Γ	ΠΛΕΥΡΑ Δ	Κλίση προς ορίζοντα
	Πλάτος	4469640					
Υψόμετρο (m)		899	90	180	270	-	
EIRP (dBW)		32					

3 κατευθύνσεις - 90°



Οι ραδιοδίαυλοι χωρίστηκαν σε 40 μεταξύ των συχνοτήτων 470-790MHz.Κάθε δίαυλος έχει εύρος 8MHz και ανάλογα με τον αριθμό του διαύλου καθορίστηκε και η μέγιστη τιμή της μέγιστης ενεργού ιστροπικά ακτινοβολούμενης ισχύος(EIRP) , που είναι ένα από τα κριτήρια τα οποία πρέπει να ικανοποιούμε και κατά την ευρυεκπομπή αλλά και κατά τη ραδιοζεύξη.Το αριθμητικό εύρος των δίαυλων είναι 21-60 ενώ ανάλογα με τον αριθμό του δίαυλου προσθέτουμε τα αντίστοιχα dB στην EIRP.

Δίαυλοι	Ζώνη Συχνοτή- των	dB
21-27	470-526 MHz	0
28-34	526-582 MHz	1
35-41	582-638 MHz	2
42-48	638-694 MHz	3
49-56	694-750 MHz	4
57-60	750-790 MHz	5

Συγκεκριμένα στον νομό Χαλκιδικής ανατέθηκαν οι δίαυλοι με τα νούμερα 25(502-510MHz)-31(550-558MHz)-34(574-582MHz)-38(606-610MHz)-46(670-678MHz)-49(694-702MHz)-50(702-710MHz)-54(734-742MHz) ενώ χρειάστηκε να δημιουργηθεί ένα μονάχα κέντρο εκπομπής στην πρωτεύουσα του νομού , τον Πολύγυρο, επιλογή η οποία είναι λογική ως προς το σκεπτικό ότι ο Πολύγυρος καταλαμβάνει κεντρική θέση στο νομό καθώς και ότι είναι τοποθετημένος σε ένα από τα μεγαλύτερα υψόμετρα του. Για τη ραδιοκάλυψη μας

επιλέγουμε το δίαυλο 25 άρα η συχνότητα μας είναι 502MHz(ως η μέση τιμή του φάσματος του διαύλου). Αυτή η συχνότητα δεν θα ισχύει πάντως για τις ραδιοζεύξεις μας από το στούντιο. Η επιλογή της συχνότητας της ραδιοζεύξης καθορίστηκε από την υπουργική απόφαση 623/026 στις 28-12-2011 η οποία καθόρισε ως ζώνη συχνοτήτων για ψηφιακές δισημειακές ραδιοζεύξεις για μεταφορά τηλεοπτικού προγράμματος τα 10-10.68Ghz.Επιλέγεται η συχνότητα των 10.5 Ghz που αντιστοιχούν σε μήκος κύματος 2.85cm.

Ζώνη Συχνοτήτων (MHz) (N) ¹	Χρήσεις (N)	Εύρος Διαύλου (MHz) (N)	Ελάχιστη Χωρητικότητα Διαύλου (Mbps) (N)	Πλάνο Συχνοτήτων (N) ²	Δικαίωμα Χρήσης (N)
	Δισημειακές Ραδιοζεύξεις			Παράρτημα Β9 του Κανονισμού όρων χρήσης [20]	
7425–7725	Ψηφιακές Δισημειακές Ραδιοζεύξεις	7	8	Σχέδιο Διαυλοποίησης Παράρτημα Β11 του Κανονισμού όρων χρήσης [20]	Απαιτείται
		14	2x8		
		28	34		
7725–8275	Ψηφιακές Δισημειακές Ραδιοζεύξεις	29,65	34	Σχέδιο Διαυλοποίησης Παράρτημα Β12 του Κανονισμού όρων χρήσης [20]	Απαιτείται
8275–8500	Ψηφιακές Δισημειακές Ραδιοζεύξεις	7	8	Σχέδιο Διαυλοποίησης Παράρτημα Β13 Κανονισμού όρων χρήσης [20]	Απαιτείται
		14	2x8		
10000–10680	Ψηφιακές Δισημειακές Ραδιοζεύξεις για μεταφορά τηλεοπτικού προγράμματος	5	-	Σχέδιο Διαυλοποίησης Παράρτημα Β14 Κανονισμού όρων χρήσης [20]	Απαιτείται
		10	-		
		20	-		
10700–11700	Ψηφιακές Δισημειακές Ραδιοζεύξεις	40	155	Σχέδιο Διαυλοποίησης Παράρτημα Β15 Κανονισμού όρων χρήσης [20]	Απαιτείται
12750–13250	Ψηφιακές Δισημειακές Ραδιοζεύξεις	1,75	2	Σχέδιο Διαυλοποίησης Παράρτημα Β16 Κανονισμού όρων χρήσης [20]	Απαιτείται
		3,5	2x2		
		7	8		
		14	2x8		
14500–15350	Ψηφιακές Δισημειακές Ραδιοζεύξεις	28	34	Σχέδιο Διαυλοποίησης Παράρτημα Β17 Κανονισμού όρων χρήσης [20]	Απαιτείται
		3,5	2x2		
		7	8		
		14	2x8		
		28	34		

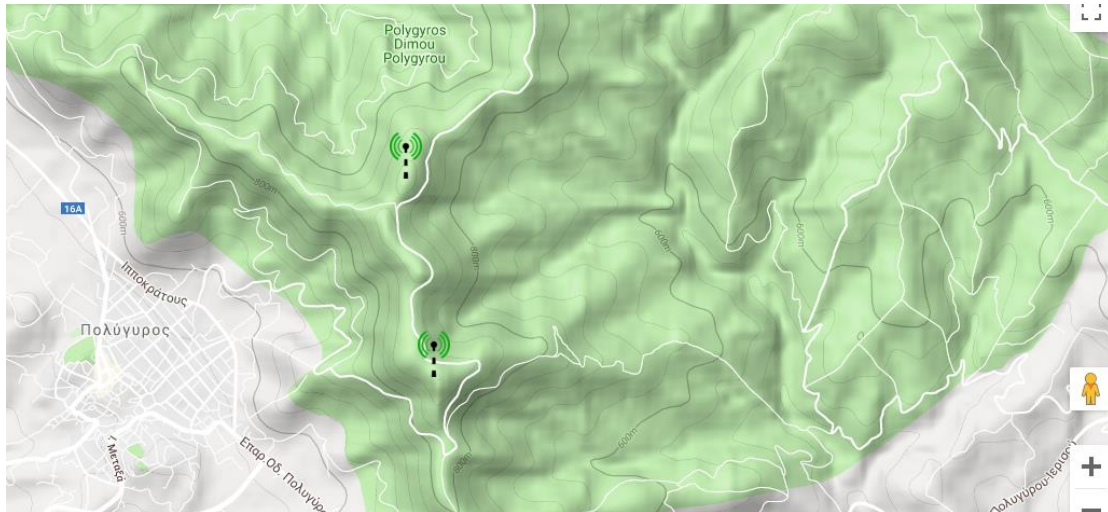
Επιλογή Κέντρου Εκπομπής

Με βάση την περιοχή που μας περιορίζει το που θα τοποθετήσουμε το κέντρο εκπομπής αποφασίζουμε να τοποθετήσουμε το κέντρο εκπομπής στην περιοχή η οποία

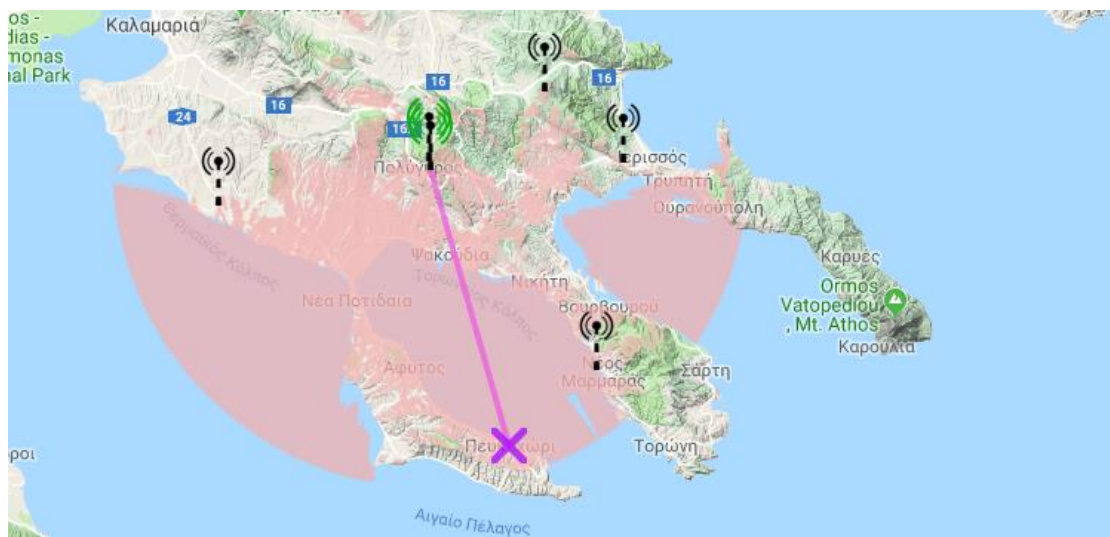
αντιστοιχεί σε γεωγραφικό πλάτος $40^{\circ}23'27.0''N$, σε γεωγραφικό μήκος $23^{\circ}27'54.0''E$ και σε υψόμετρο 942 μέτρων. Η τοποθεσία αυτή βρέθηκε με τη βοήθεια της ιστοσελίδας HeyWhatsThat.

Κέντρο Εκπομπής	Τοποθεσία	Ύψος	Γ.Πλάτος	Γ.Μήκος
Πρώτο	Πολύγυρος	921 μέτρα	$40^{\circ}22'43.29''N$	$23^{\circ}28'2.07''E$

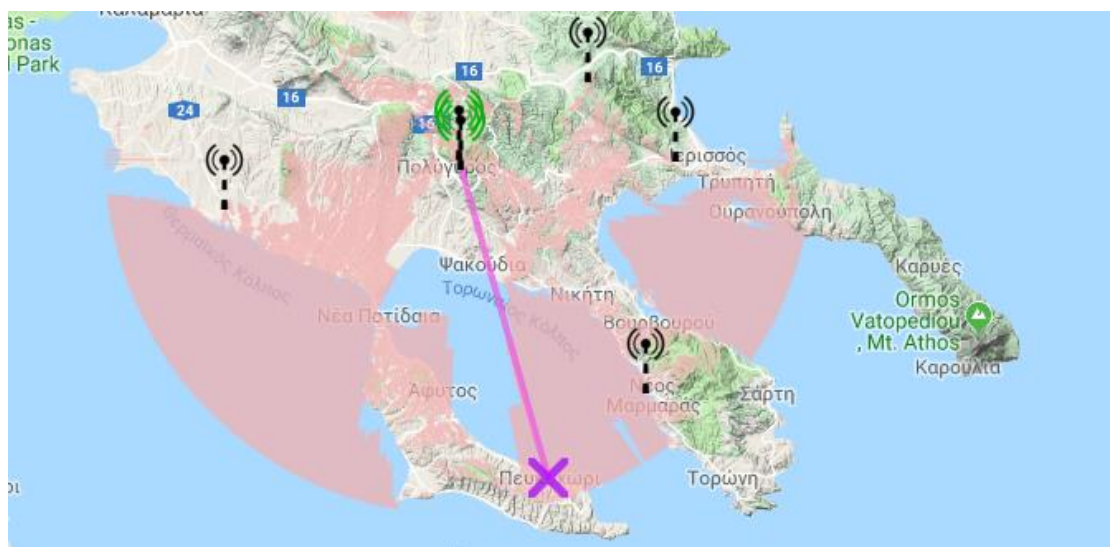
Να σημειωθεί ότι στην αρχή επιχειρήθηκε η τοποθέτηση του πομπού στο μεγαλύτερο υψόμετρο της περιοχής που έπρεπε να τοποθετηθεί με βάση την υπουργική παρέμβαση 42800/5-10-2012. Το σημείο αυτό βρέθηκε ότι βρισκόταν στα 942 μέτρα και είχε Γ.Πλάτος και Γ.Μήκος $40^{\circ}23'27.0''N$ και $23^{\circ}27'54.0''E$ αντίστοιχα. Παρόλα αυτά επιλέχθηκε να τοποθετηθεί το κέντρο εκπομπής στα 921 μέτρα διότι από εκεί πέρα τα μέρη της Χαλκιδικής στα οποία υπήρχε οπτική επαφή ήταν συγκριτικά περισσότερα και αποδεικνύεται από τις παρακάτω φωτογραφίες. Να σημειώσουμε ότι η πρώτη φωτογραφία απεικονίζει τους δύο πιθανούς σταθμούς εκπομπής με τον σταθμό που 'επικράτησε' να βρίσκεται νοτιότερα σε σύγκριση με τον άλλον σταθμό.



Σημεία οπτικής επαφής της θέσης που επιλέχθηκε:



Σημεία οπτικής επαφής της θέσης που δεν επιλέχθηκε:



Με τη βοήθεια των μηκοτομών μεταξύ του κέντρου εκπομπής στον Πολύγυρο και των οικισμό , αποφασίστηκε να τοποθετηθούν αναμεταδότες για την ικανοποίηση του οικισμού της Αρναίας , του Αγίου Νικολάου , της Ιερισσού και της Νέας Καλλικράτειας.

Τοποθέτηση Στούντιο

Πρέπει να αποφασίσουμε που θα τοποθετήσουμε το στουντιο με το οποίο θα γίνει η ραδιοζεύξη μεταξύ αυτού και του κέντρου εκπομπής μας το οποίο έχει τοποθετηθεί στον Πολύγυρο. Το πολύ θετικό είναι ότι υπάρχει μόνο ένα κέντρο εκπομπής και έτσι δε θα χρειαστεί να βρούμε μία συμβιβαστική λύση ή να τοποθετήσουμε αναμεταδότες ώστε να ικανοποιούνται (αν υπήρχαν) όλα τα κέντρα εκπομπής .Για αυτό θα τοποθετήσουμε το studio όσο πιο κοντά γίνεται στο κέντρο εκπομπής ώστε να έχουμε τις ελάχιστες απώλειες μετάδοσης. Επίσης σκεπτόμενοι τις διαστάσεις των διάφορων εγκαταστάσεων βάζουμε το στούντιο να βρίσκεται σε απόσταση 65 μέτρων(4037823 N , 23467525 E) από το κέντρο εκπομπής.

Παραδοχές

Η πρώτη παραδοχή η οποία αναφέρθηκε και προηγουμένως είναι ότι σύμφωνα με την απόφαση 42800/5-10-2012 η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται στον πομπό είναι 64-QAM ενώ το FEC(forward error correction) είναι $\frac{3}{4}$ και το GI (διάστημα προστασίας) είναι $\frac{1}{8}$.

Η δεύτερη παραδοχή έχει να κάνει με την επιλογή της συχνότητας της ραδιοκάλυψης .Βλέπουμε ότι πάλι με βάση την υπουργική απόφαση 42800/5-10-2012 δόθηκαν κάποιοι

ραδιοδίαυλοι εύρους 8MHz στην Χαλκιδική η οποίοι αναφέρθηκαν .Με βάση αυτούς θα επιλεχθεί ο δίαυλος νούμερο 25 με κεντρική συχνότητα 506MHz η οποία είναι και η επιλεγόμενη συχνότητα το οποίο αντιστοιχεί σε μήκος κύματος 0.6m.

Η τρίτη παραδοχή αφορά ότι η γη θα θεωρείται επίπεδη για αποστάσεις πομπού δέκτη μικρότερες των $d = \frac{80}{\sqrt[3]{f}} = 10.03 \text{ km}$

ενώ για αποστάσεις μεγαλύτερες αυτής θα θεωρείται σφαιρική.

Η τέταρτη παραδοχή έχει σχέση με τις απώλειες των καλωδιώσεων (ομοαξονικού καλωδίου+κονέκτορα) που πρέπει να ληφθούν υπόψη .Αυτές θεωρούνται 4dB.

Η πέμπτη παραδοχή είναι η θεώρηση της επιφάνειας του εδάφους του νομού Χαλκιδικής ως μίας μη λείας επιφάνειας (ανώμαλης δηλαδή) , πράγμα που σημαίνει ότι το ανακλώμενο κύμα είναι αμελητέο και έτσι μόνο το απευθείας κύμα φτάνει από τον πομπό στο δέκτη.

Στην έκτη παραδοχή θεωρούμε ότι η κεραία του κέντρου εκπομπής (πομπού) ανυψώνεται στα 15 μέτρα που είναι πολύ μεγαλύτερο από τα 0.6 μέτρα που είναι το μήκος κύματος και έτσι αφού το ύψος της κεραίας είναι πολύ μεγαλύτερο από το μήκος κύματος του η/μ σήματος θεωρούμε αμελητέο και το κύμα επιφανείας .Να προστεθεί ότι η κεραίες λήψης θεωρούμε ότι είναι ανυψωμένες στα 6 m (ταράτσα σπιτιού).

Η έβδομη παραδοχή αφορά τις απώλειες ελεύθερου χώρου οι οποίες υπολογίζονται από τη σχέση $L=122+20\log d-20\log f(\text{dB})$,όπου d η απόσταση πομπού δέκτη σε km και f το μήκος κύματος σε cm.

Η όγδοη παραδοχή έχει να κάνει με τις απώλειες αστικού χώρου στις οποίες ισχύουν τα παρακάτω: (Ο όρος Ch για την περίπτωση της Χαλκιδικής αντιστοιχεί πάντα σε προάστια).

ΜΟΝΤΕΛΟ HATA - OMURA

Περιορισμοί:

Συχνότητες: 150 – 1500 MHz

Απόσταση ρ/ζ: 1 - 20 km

h_t 30 – 200 m

h_r 1 - 10 m

Πόλωση: Κατακόρυφη

$$L = 69.55 + 26.16 \log f_{\text{MHz}} - 13.82 \log h_{\text{eff}} - c(h_r) + (44.9 - 6.55 \log h_{\text{eff}}) \log d_{\text{km}}$$

$$C(h_r) = (1.10 \cdot \log f - 0.70) h_r - (1.56 \cdot \log f - 0.80) \quad \text{Προάστια}$$

$$C(h_r) = 8.29 (\log 1.54 h_r)^2 - 1.1 \quad \text{Αστικό } f < 200 \text{ MHz}$$

$$C(h_r) = 3.20 (\log 11.75 h_r)^2 - 4.97 \quad \text{Αστικό } f > 200 \text{ MHz}$$

$$L_{\text{rural}} = L - 2 \{ \log f_{\text{MHz}} / 28 \}^2 - 5.4$$

$$L_{\text{open}} = L - 4.78 (\log f_{\text{MHz}})^2 + 18.33 \log f_{\text{MHz}} - 40.94$$

143

Όσον αφορά την ένατη και τελευταία παραδοχή, αφού η συχνότητα της ραδιοκάλυψης είναι μικρότερη από 3GHz θεωρούμε ότι τα συστατικά της ατμόσφαιρας δεν προκαλούν απορρόφηση της η/μ ενέργειας και έτσι δεν έχουμε επιπρόσθετες απώλειες.

Η χρήση της τροπόσφαιρας ως μέσο διάδοσης δεν είναι εφικτή. Ο κύριος λόγος είναι ότι εκμεταλλευόμαστε την ιονόσφαιρα για ζεύξεις αποστάσεων μεγαλύτερων των 500 km αποστάσεις που προφανώς δε συναντά κανείς στη Χαλκιδική. Επίσης, επειδή η συχνότητα της ευρυεκπομπής είναι 506MHz δε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αλλά και να ασχοληθούμε

με την ιονόσφαιρα ως μέσο μετάδοσης , γνωρίζοντας ότι η ιονόσφαιρα για συχνότητες $f < 100\text{Mhz}$ αποτελεί μέσο διάδοσης

Μηκοτομές και υπολογισμός απωλειών του κύριου πομπού

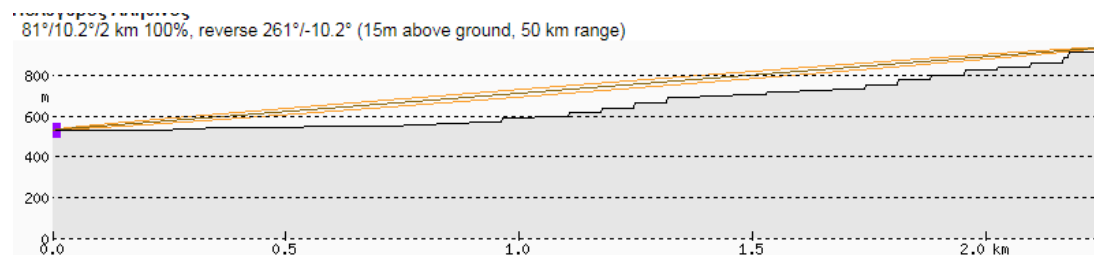
Οι μηκοτομές αφορούν τους σημαντικότερους οικισμούς του νομού.

Να σημειώσουμε ότι η μέγιστη απόσταση ζεύξης οπτικής επαφής της ευρυεκπομπής δίνεται από τη σχέση $d_{max} = 3.57 * (\sqrt[2]{h_1} + \sqrt[2]{h_2})(km)$ όπου h_1, h_2 άθροισμα υψομέτρου που βρίσκεται η κεραία εκπομπής και λήψης αντίστοιχα + το ύψος της κεραίας.

Ο σταθμός βρίσκεται στα 921 μέτρα και η κεραία εκπομπής είναι ανυψωμένη στα 15 μέτρα άρα $h_1=936$ μέτρα και για το h_2 θα θεωρήσουμε ότι ισούται με 6 μέτρα (ταράτσα ενός σπιτιού που είναι η περίπτωση όπου ο δέκτης έχει το μικρότερο δυνατό ύψος άρα το d_{max} θα πάρει τη μικρότερη δυνατή τιμή). Έτσι $d_{max}=118km$ το οποίο είναι υπεραρκετό για τα δεδομένα του νομού με βάση πάντα βέβαια και τη θέση στην οποία τοποθετήθηκε το κέντρο ευρυεκπομπής , η οποία είναι αρκετά κεντρική . Πάντως η θεώρηση οριακής οπτικής επαφής δεν είναι και ότι καλύτερο πρακτικά. Θεώρηση ύπαρξης οπτικής επαφής μεταξύ δύο σημείων σημαίνει ότι το μεγαλύτερο κομμάτι της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας φτάνει αναλλοίωτο από τον πομπό στο δέκτη. Για να διαπιστώσει κανείς αν η οπτική επαφή είναι ουσιαστική (δηλαδή να φτάνει το μεγαλύτερο αν όχι όλο το μέρος της η/μ ενέργειας από τον πομπό στο δέκτη) μπορεί να βοηθηθεί από τα ελλειψοειδή

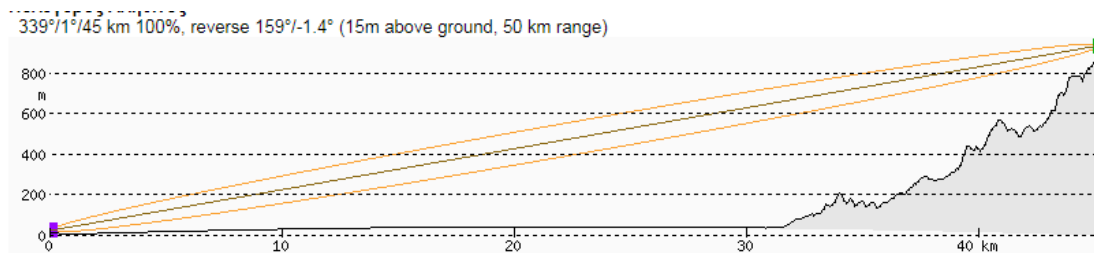
Fresnel στα οποία όταν βρεθεί στο εσωτερικό τους κάποιο εμπόδιο σημαίνει ότι η ζεύξη θα έχει απώλειες λόγω περίθλασης . Επειδή υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού του μεγέθους αυτών των απωλειών , τα ελλειψοειδή αυτά μας βοηθούν να εκτιμήσουμε την ποιότητα της ζεύξης και να κρίνουμε αν απαιτείται η βοήθεια αναμεταδότη ή αν μπορεί να γίνει απευθείας η ζεύξη χωρίς προβλήματα. Πάνω στα ελλειψοειδή Fresnel στηρίζεται και η υλοποίηση των μηκοτομών μέσω του λογισμικού HeyWhatsThat. Παρακάτω όλες οι μηκοτομές:

Πομπός Πολυγύρου-Πολύγυρος



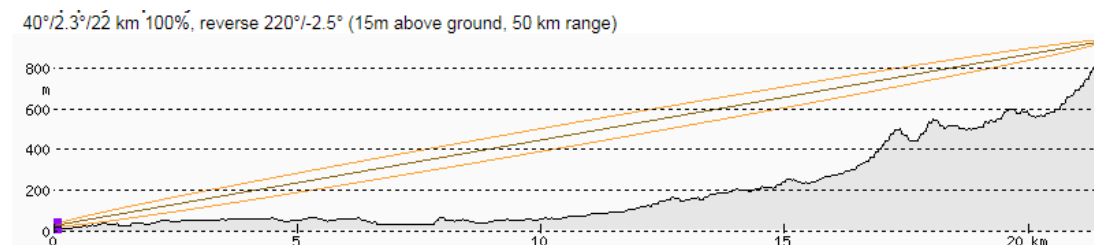
Να σημειώσουμε ότι τα $81^{\circ} / 10.2^{\circ} / 2\text{km} / 100\%$ αντιστοιχούν στο άνοιγμα της αζιμουθιακής γωνίας , στο άνοιγμα της γωνίας ορίζοντα, στην απόσταση πομπού δέκτη και στο ποσοστό της ζώνης Fresnel που δεν επηρεάζεται από εμπόδιο. Όταν έχουμε 100% δε χρειάζεται να υπολογίσουμε απώλειες λόγω περίθλασης σε εμπόδιο .Οι απώλειες θα υπολογιστούν με τη βοήθεια του μοντέλου hata-omura αφού η απόσταση είναι κάτω από 20km και προκύπτουν 130 dB. Δεξιά πάντα στη φωτογραφία βρίσκεται ο πομπός ενώ στα αριστερά ο δέκτης.

Πομπός Πολυγύρου – Πευκοχώρι



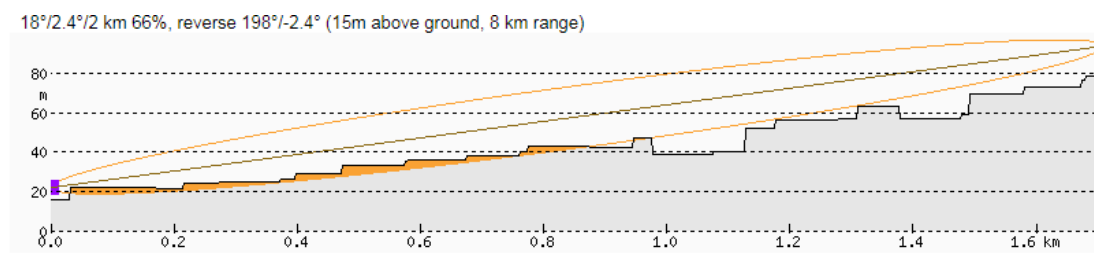
Αφού το περιβάλλον του πευκοχωρίου θα λέγαμε ότι δεν είναι αστικό καθώς και η απόσταση είναι μεγαλύτερη των 20km(45km) οι απώλειες είναι ουσιαστικά αυτές του ελεύθερου χώρου οι οποίες υπολογίζονται 115dB.

Πομπός Πολυγύρου-Νέα Μουδανιά



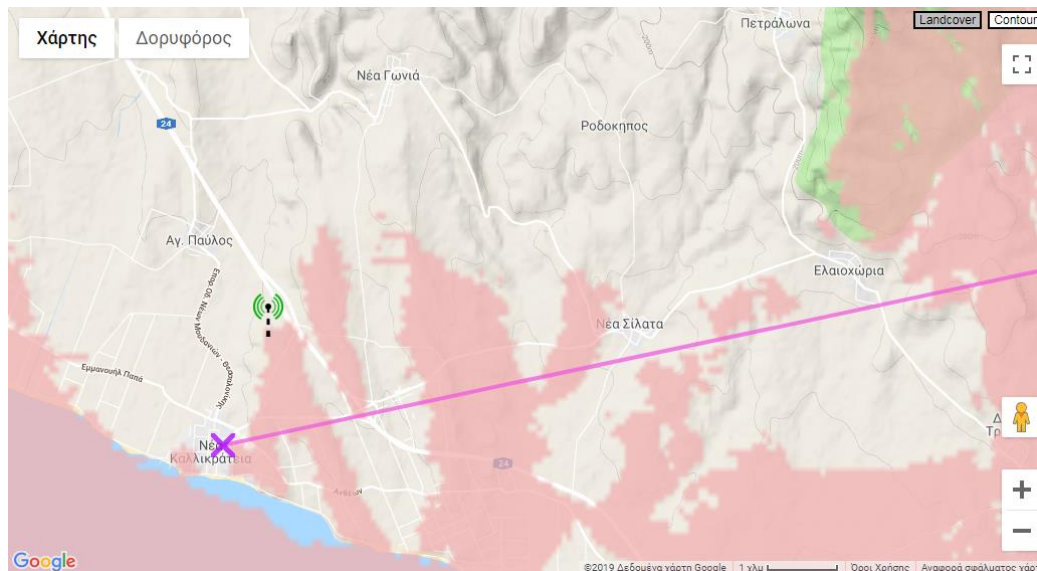
Παρότι το περιβάλλον των Νέων Μουδανίων είναι αστικό , έχουμε απόσταση μεγαλύτερη των 20km άρα με βάση τις απώλειες ελεύθερου χώρου έχουμε $L=100\text{dB}$.

Πομπός Πολυγύρου-Νέα Καλλικράτεια

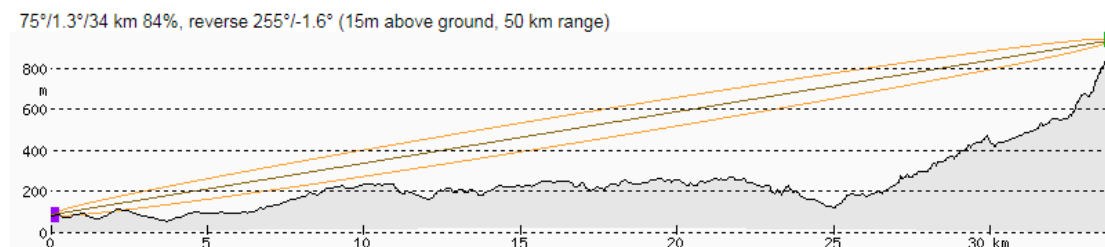


Βλέπουμε ότι υπάρχουν αρκετά εμπόδια τα οποία εισέρχονται στη ζώνη Fresnel και έτσι θα υπάρχουν αρκετές απώλειες λόγω περίθλασης , άρα θα τοποθετήσουμε έναν αναμεταδότη στην παρακάτω τοποθεσία. Ένας ακόμα λόγος για την τοποθέτηση του αναμεταδότη είναι ότι υπάρχουν λίγα σημεία

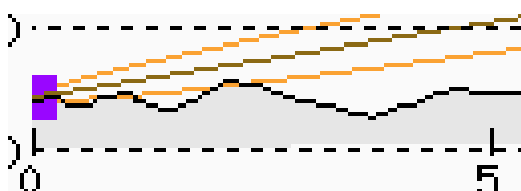
οπτικής επαφής μεταξύ του πομπού του Πολυγύρου και της Νέας Καλλικράτειας (Στην παρακάτω φωτογραφία φαίνονται τα σημεία οπτικής επαφής του κέντρου εκπομπής με την Καλλικράτεια).



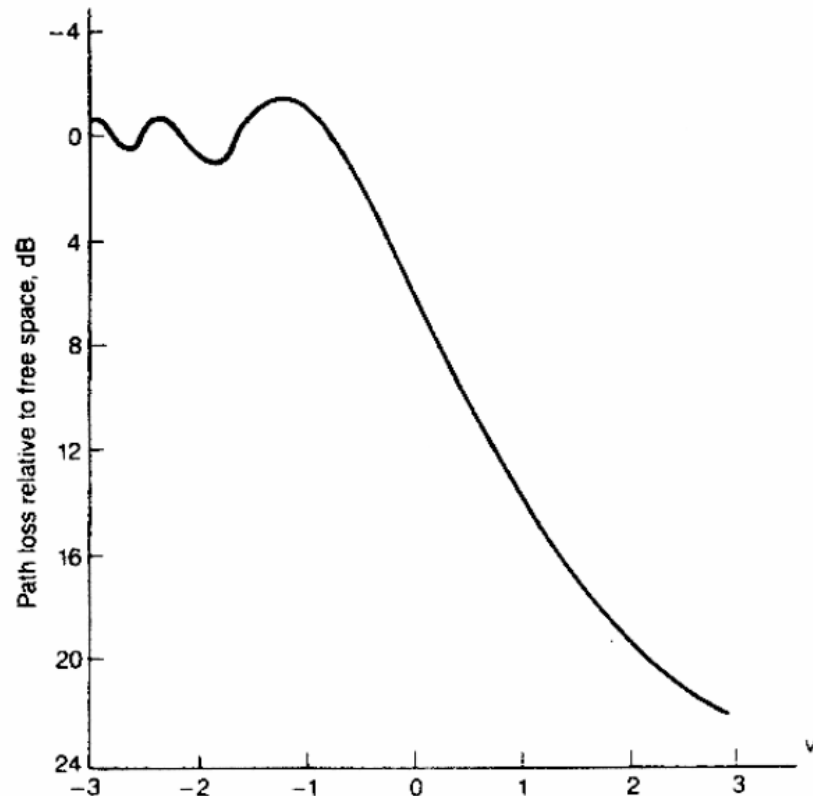
Πομπός Πολυγύρου-Αναμεταδότης



Βλέπουμε ότι υπάρχουν 2 εμπόδια ένα περίπου σε απόσταση 2.5 χιλιομέτρων από τον αναμεταδότη και ένα γύρω στο 1 km από τον αναμεταδότη. Θεωρούμε τις διαστάσεις των εμποδίων πολύ μικρότερες σε σχέση με το μήκος της ζεύξης και έτσι μπορούμε να αντιμετωπίσουμε τα εμπόδια ως αιχμηρά αντικείμενα.



Αφού πρώτα υπολογίσουμε την παράμετρο Fresnell-Kirchoff στη συνέχεια με τη βοήθεια του παρακάτω διαγράμματος θα υπολογίσουμε τις απώλειες:



Είναι $v = h \cdot (2(d_1 + d_2) / (\lambda \cdot d_1 \cdot d_2))^{1/2}$

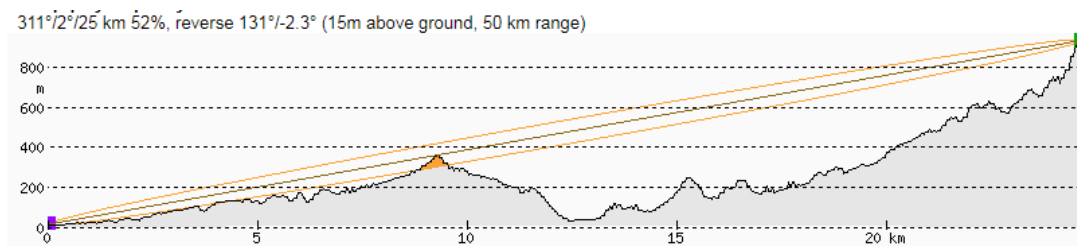
,όπου h το πόσο απέχει το εμπόδιο από την ευθεία που ενώνει πομπό και δέκτη (αρνητικό αν δεν τέμνει την ευθεία που ενώνει πομπό και δέκτη αλλιώς θετικό), d1 απόσταση εμποδίου από πομπό, d2 απόσταση εμποδίου από δέκτη και λ μήκος κύματος. Να αναφέρουμε ότι αν δε υπάρχει τομή του εμποδίου με την ευθεία που ενώνει πομπό δέκτη είναι πιθανό να έχουμε ακόμα και ενίσχυση του σήματος.

Για το πρώτο εμπόδιο $v = -30 \cdot (2 \cdot (3400) / (0.6 \cdot 3150 \cdot 250))^{1/2} = -0.21$ που αντιστοιχούν σε απώλειες περίπου 4 dB

Και για το δεύτερο εμπόδιο $v = -20 * (2 * 3400) / (0.6 * 3250 * 150))^{1/2} = -0.14$ που αντιστοιχούν περίπου σε απώλειες 4.2 dB.

Η απώλειες ελεύθερου χώρου είναι 110 dB άρα θα έχουμε συνολικές απώλειες $110 + 8.2 = 118.2$ dB.

Πομπός Πολύγυρου-Νικήτη



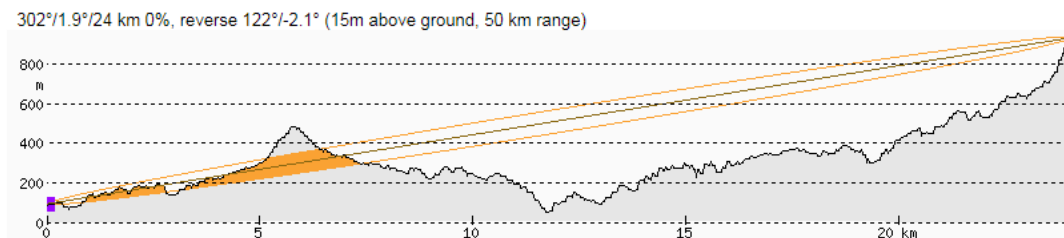
Βλέπουμε ότι υπάρχει ένα εμπόδιο στα 9km το οποίο επηρεάζει τη ζεύξη. Πάλι θεωρώντας τις διαστάσεις του εμποδίου πολύ μικρότερες σε σύγκριση με την απόσταση πομπού-δέκτη, μπορούμε να αντιμετωπίσουμε το εμπόδιο ως αιχμηρό άρα:

$V = -2 * (2 * 2500 / (0.6 * 900 * 1600))^{1/2} \approx 0$ άρα με βάση το διάγραμμα εισάγονται απώλειες 6dB.

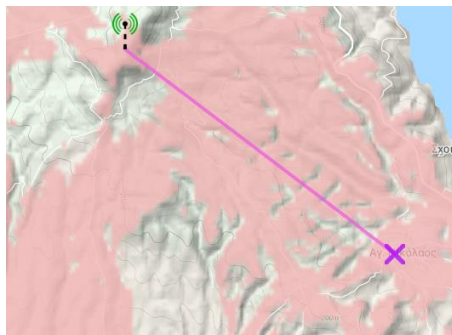
Οι απώλειες ελεύθερου χώρου είναι 104 dB άρα έχουμε συνολικά απώλειες των 110dB.

Πομπός Πολυγύρου-Άγιος Νικόλαος

Βλέπουμε πως ούτε που υπάρχουν σημεία οπτικής επαφής μεταξύ των δύο καθώς και τα εμπόδια που προκύπτουν είναι μεγάλης έκτασης άρα θα χρειαστούμε αναμεταδότη.

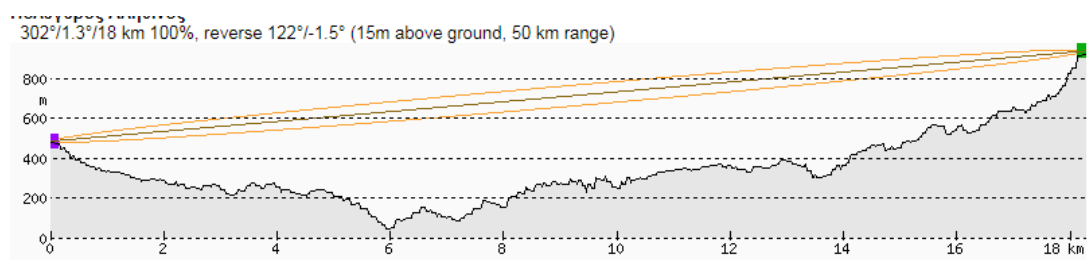


Ο αναμεταδότης τοποθετείται στο παρακάτω σημείο:



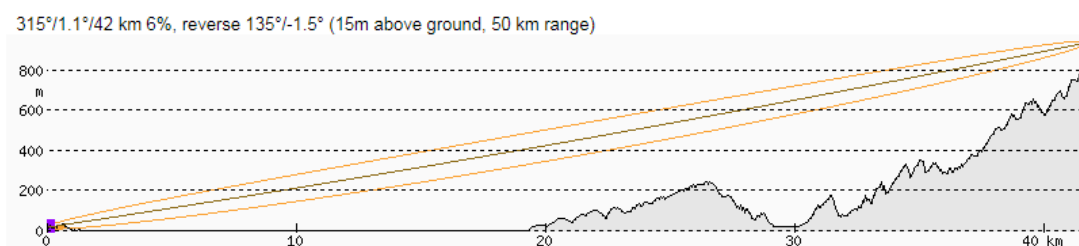
Άρα έχουμε λοιπόν:

Πομπός Πολυγύρου-Αναμεταδότης Αγίου Νικολάου



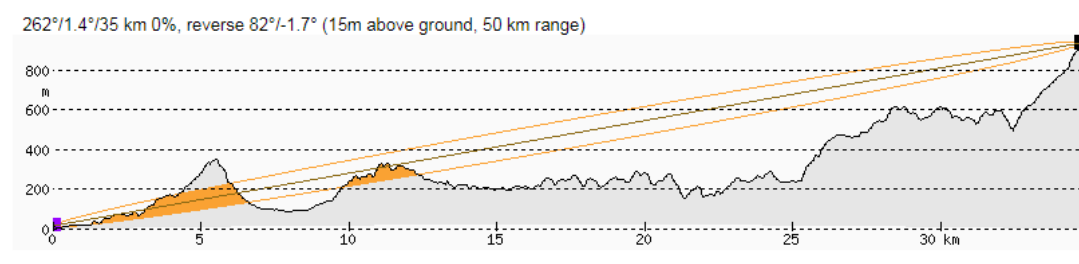
Ο αναμεταδότης δε βρίσκεται σε αστική περιοχή άρα θεωρούμε απώλειες ελεύθερου χώρου που προκύπτουν 97dB.

Πομπός Πολυγύρου-Νέος Μαρμαράς



Όπως και πριν έχουμε $n = -2 * (2 * 42000 / (0.6 * 500 * 41500)) \sim -0.16$ που αντιστοιχούν σε απώλειες 4dB. Αυτές αν προστεθούν στις απώλειες ελεύθερου χώρου έχουμε $L = 114 + 4 = 118\text{dB}$.

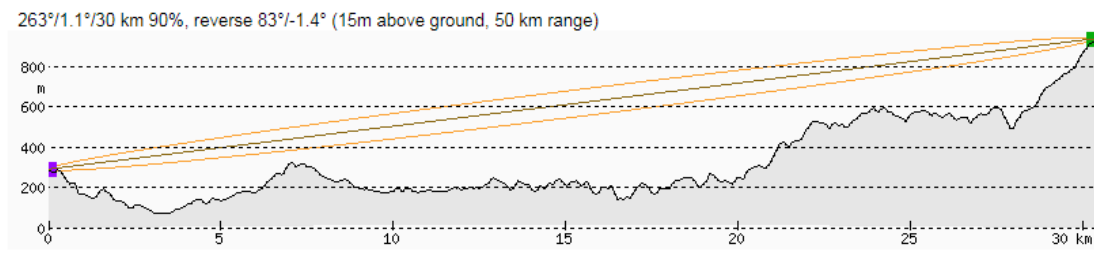
Πομπός Πολυγύρου-Ιερισσός



Βλέπουμε ότι τα εμπόδια που προκύπτουν θα εισάγουν μεγάλες απώλειες μετάδοσης άρα η χρήση αναμεταδότη είναι αναπόφευκτη (ο οποίος τοποθετείται όπως παρακάτω).

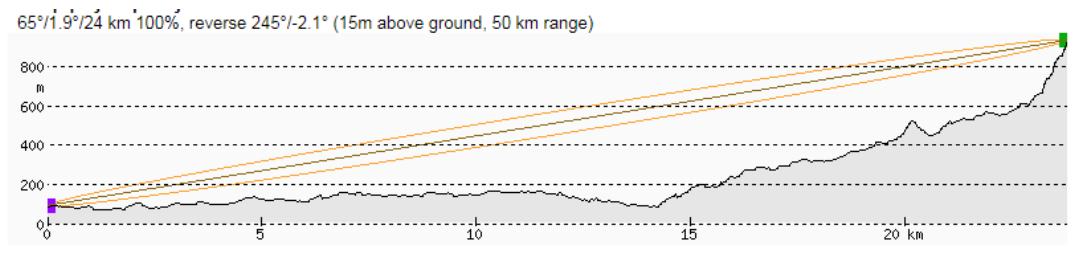


Πομπός Πολυγύρου-Αναμεταδότης Ιερισσού



Θεωρούμε μηδενικές απώλειες εμποδίων άρα $L=L(\text{ελεύθερου χώρου})=108\text{dB}$.

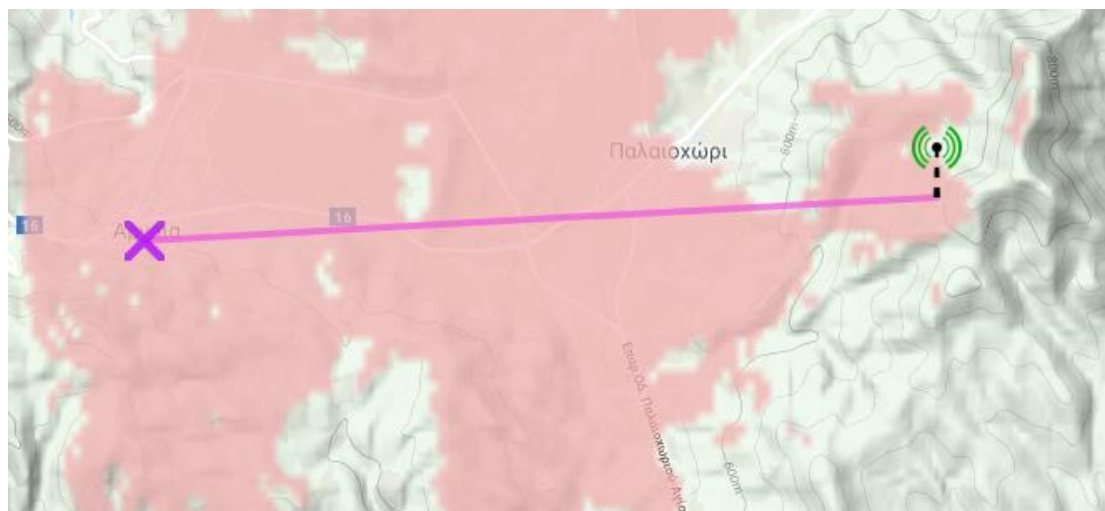
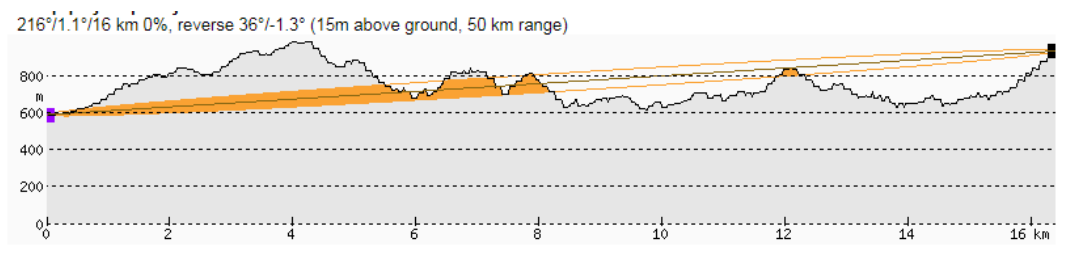
Πομπός Πολυγύρου-Νέα Τρίγλια



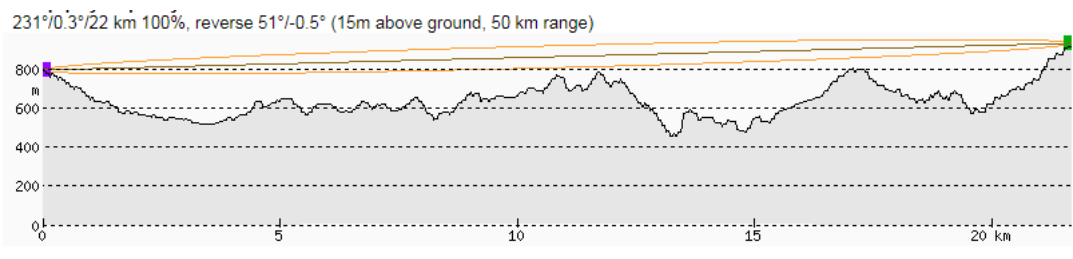
Για τον ίδιο λόγο που αναφέρθηκε για την Ιερισσό οι απώλειες είναι 103dB.

Πομπός Πολυγύρου-Αρναία

Η χειρότερη περίπτωση (εξυπακούεται η χρήση αναμεταδότη):



Πομπός Πολυγύρου-Αναμεταδότης Αρναίας



Με απώλειες 101dB.

Επιπρόσθετες απώλειες

Να σημειωθεί ότι και μέσω του ομοαξονικού καλωδίου θα υπάρχουν απώλειες οι οποίες φαίνονται παρακάτω (όπως και τα χαρακτηριστικά του ομοαξονικού καλωδίου):

Εμείς αφού βρισκόμαστε στα 504 Hz θα έχουμε απώλειες 9dB άνα 100 μέτρα και αν υποθέσουμε ότι το μήκος του ομοαξονικού καλωδίου είναι 25 μέτρα αφού η κεραία από μόνη της είναι ανυψωμένη στα 15 μέτρα, τότε οι απώλειες θα είναι $0.25 \times 9 = 2.15\text{dB}$. Θεωρούμε και απώλειες κοννέκτορα περίπου 2 dB για αυτό καταλήξαμε στη θεώρηση απωλειών λόγω καλωδιώσεων 4dB.



RG8

Construction	Material	Diameter(inch/mm)	
Inner Conductor	Solid Bare Copper	0.108	2.74
Dielectric	Foam PE	0.285	7.24
First Shield	Bonded Aluminium Foil	0.291	7.39
Second Shield	90% Tinned Copper Braid	0.32	8.13
Jacket	Out door/indoor PE/PVC	0.405	10.29

Electrical Characteristics

Capacitance(pF/m)	78.4
Impedance(Ω)	50.0
Velocity of Propagation(%)	84.0
Conductor DCR(Ohm/km)	4.6
Outer shield DCR(Ohm/km)	5.4
Retrun Loss(dB)	≥ 20
Shielding Effectiveness(dB)	> 90
Max Operating Voltage(RMS)	8000
Operating Temp Range($^{\circ}\text{C}$)	-40 to 85

Attenuation (20 $^{\circ}\text{C}$)

Frequency(Mhz)	Max Attenuation(dB/100ft)	Max Attenuation(dB/100m)
30	0.7	2.2
50	0.9	2.9
150	1.5	5.0
220	1.9	6.1
450	2.7	8.9
900	3.9	12.8
1500	5.1	16.8
1800	5.7	18.6
2000	6.0	19.6
2500	6.8	22.2
5800	10.8	35.5

Ποιότητα σήματος πομπού

Τώρα για να υπολογίσουμε κάποιες παραμέτρους οι οποίες θα προσδιορίσουν την ποιότητα του σήματος θα στηριχθούμε στη νομοθεσία ώστε να βρούμε ποιες παραμέτρους θα υπολογίσουμε. Με βάση την κοινή υπουργική απόφαση με αριθμό 53571/3839(ΦΕΚ Αρ 1105, Τεύχος Δεύτερο, 6-9-2000) η οποία στηρίχθηκε στη Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης (L199,1999/519/EC) αλλά και στις κατευθυντήριες γραμμές που εξεδόθησαν από την ICNIRP (INTERNATIONAL COMMISSION OF NON IONIZING RADIATION PROTECTION) τα όρια έκθεσης σε η/μ πεδίο δε πρέπει να υπερβαίνουν το 70% των παρακάτω τιμών:

Άρα για $f=502 \text{ MHz}$ έχουμε

$E_{\max}=1,375 \cdot 0.7 \cdot (504)^{(1/2)}=21.6 \text{ V/m}$ ενώ αν θεωρήσουμε

χαρακτηριστική αντίσταση του κενού τα 377Ω έχουμε

$P_{\max}=E_{\max}^2/2\eta=0.63 \text{ W/m}^2$ ενώ για $f=1500 \text{ MHz}$

$E_{\max}=37.5 \text{ V/m}$ και $P_{\max}=1.9 \text{ W/m}^2$:

Με βάση αυτό το όριο μπορούμε να ικανοποιήσουμε έναν ακόμα περιορισμό ο οποίος μας δόθηκε από την υπουργική απόφαση 42800/5-10-2012 για τη μέγιστη ενεργό ιστροπικά ακτινοβολούμενη ισχύ (EIRP). Αφού έχουμε το δίαυλο 25 δεν απαιτείται προσαύξηση της μέγιστης EIRP που θα βρούμε:

Για την EIRP ισχύει:

$$EIRP = P_t - L_c + G_a ,$$

Όπου: P_t η ισχύς εκπομπής(dBm) , L_c οι απώλειες καλωδιώσεων(ομοαξονικό καλώδιο+ κοννέκτορας) τις οποίες θεωρούμε 4 dB και G_a το κέρδος της κεραίας εκπομπής(dBi).

Μόνο η ισχύς εκπομπής είναι άγνωστη .Για την ισχύ εκπομπής ισχύει:

$P_t = S + L_c + L_s - G_r - G_t$, όπου S η ευαισθησία του δέκτη G_r το κέρδος της κεραίας ως κεραία λήψης και G_t το κέρδος της κεραίας ως κεραία εκπομπής.

Άρα πρέπει να υπολογίσουμε την ευαισθησία του δέκτη η οποία δίνεται από τη σχέση $S = N \cdot SNR$, όπου N ο θερμικός θόρυβος ο οποίος οφείλεται στην τυχαία θερμική κίνηση των ηλεκτρονίων και δίνεται από τη σχέση $N = k \cdot T \cdot B$, όπου k η σταθερά του Μπολτσμαν T η θερμοκρασία σε Κέλβιν και B το εύρος ζώνης που στην περίπτωση μας είναι 8MHz άρα για $T = 300K$:

$$N = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 300 \cdot 8 \cdot 10^6 = 3.31 \cdot 10^{-14}$$

Το SNR θα το βρούμε από το παρακάτω πινακάκι θεωρώντας $BER = 2 \cdot 10^{-4}$ (επειδή κοιτώντας το πρότυπο DVB-T(ETSI EN 300 744) . Βλέπουμε ότι το σημείο τομής με την κόκκινη καμπύλη είναι 17 dB άρα θα λέγαμε ότι η ευαίσθησια του δέκτη είναι $S = 3.31 \cdot 17 \cdot 10^{-14} = 3.57 \cdot 10^{-13} = -90dBm$. Άρα για κάθε σταθμό εκπομπής μπορούμε να υπολογίσουμε την EIRP μέσω της P_{max} (μέγιστη ισχύς εκπομπής) για να δούμε αν είμαστε εντός ορίων.

Άρα γενικά θα ισχύει $P_t = -90 + 4 + L_s - G_r - G_t = -86 + L_s - G_r - G_t$ και σε περίπτωση ευρυεκπομπής και σε περίπτωση ραδιοζεύξης φυσικά.

Αρχικά ασχολούμαστε με την ευρυεκπομπή:

Σταθμός Εκπομπής Πολυγύρου:

Να σημειωθεί ότι $EIRP_{max} = P_{max} * 4 * \pi * r^2$, όπου r η μέγιστη απόσταση από κατοικημένη περιοχή.

Θα υπολογίσουμε τις μέγιστες απώλειες έτσι ώστε να βρούμε τη μεγαλύτερη δυνατή τιμή του EIRP για να διαπιστώσουμε αν είμαστε εντός ορίων:

Μέγιστες απώλειες 130dB για τη ζεύξη με το αστικό περιβάλλον του Πολύγυρου άρα, $G_t = 14.15\text{dBi}$, $G_r = 14\text{dBi}$:

$$P_t = -86 + 130 - G_r - G_t = 44 - 28.15 = 15.85\text{dBm} = 0.015\text{W}$$

$$EIRP = P_t(\text{dBm}) + G_t(\text{dBi}) - 4 = 15.85 + 14.15 - 4 = 26\text{dBW}$$

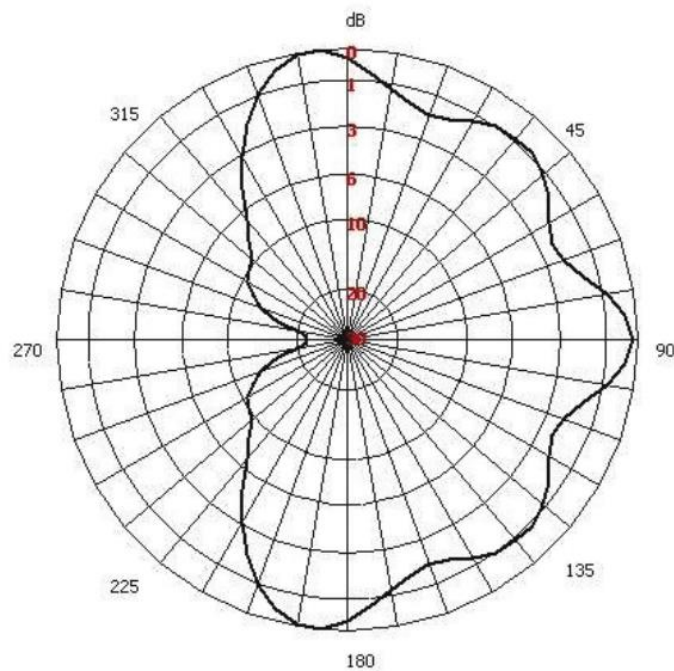
$$EIRP_{max} = P_{max} * 4 * \pi * r^2 = 0.63 * 4 * \pi * 400 = 1266048\text{W} = 91\text{dBW} > EIRP(r \sim 400\text{m} \text{ αφού ο Πολύγυρος βρίσκεται στα } 560 \text{ μέτρα και ο σταθμός εκπομπής είναι στα } 921 \text{ μέτρα}).$$

Ικανοποιούνται τα όρια σε όλες τις περιπτώσεις.

Επιλογή εξοπλισμού Πομπού

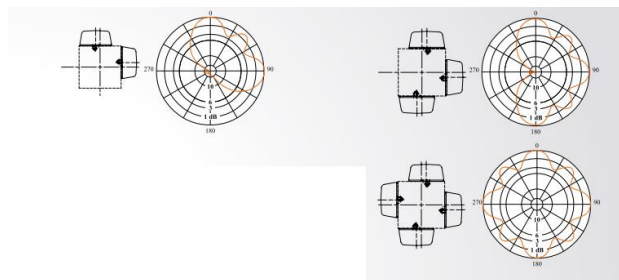
Σύμφωνα με την υπουργική απόφαση ΦΕΚ 42800/5-10-2012 το οριζόντιο πολικό διάγραμμα της κεραίας του κέντρου εκπομπής πρέπει να είναι έτσι:

3 κατευθύνσεις - 90°



Η κεραία που επιλέγουμε για το κέντρο εκπομπής του Πολυγύρου είναι η UTV-01/UTV-05 UHF PANEL ANTENNA της εταιρίας SIRA. Αυτή η κεραία από κατευθυντική μπορεί να γίνει η κεραία που επιθυμούμε προσθέτοντας πάνελ σε κάθε στρώμα (bay) . Σύμφωνα με το εγχειρίδιο πληροφοριών της κεραίας θα επιλέξουμε να βάλουμε 6 πανελ σε 2 στρώματα (3 πάνελ ανά στρώμα) και η κεραία μας έχει ως οριζοντιο διάγραμμα ακτινοβολίας το επιθυμητό. Η κεραία μας ικανοποιεί το φάσμα του διαύλου , έχει οριζόντια πόλωση , το κέρδος όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα για 2 bays και 3 πανελς είναι 10.3 dB. Παρόλα αυτά επειδή το κέρδος δίνεται αναφορικά με το κέρδος διπόλου μισού μήκους κύματος πρέπει να προσθέσουμε 2.15 dB ώστε το κέρδος μας να δίνεται αναφορικά με το κέρδος της ιστροπικής κεραίας άρα θα έχουμε κέρδος 12.45dB. Για την αντικεραυνική της προστασία , όλα τα μεταλλικά της μέρη γειώθηκαν. Η κεραία θα τροφοδοτείται από το ομοαξονικό καλώδιο RG-8 coaxial

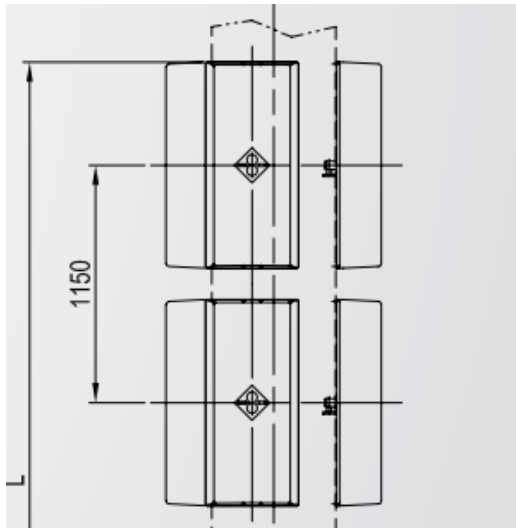
cable ενώ ο κονέκτορας είναι τύπου 7/16 F 90 . Στην τρίτη φωτογραφία φαίνεται η κεραία.



ELECTRICAL DATA	
FREQUENCY RANGE	470 ÷ 860 MHz
IMPEDANCE	50 ohm
CONNECTOR	EIA flange according to system power rating
POWER RATING	The antenna system can accept any power according to requirements
VSWR	≤ 1.05 in the operating channels
POLARIZATION	Horizontal
GAIN	Refer to table
HORIZONTAL PATTERN	Any type according to requirement
VERTICAL PATTERN	Null fill, beam tilt and special requirements to order
OTHER FEATURES	The antenna system can be supplied in split feed configuration (two equal halves). Each half can accept full power.

MECHANICAL DATA	
HEIGHT OF ARRAY	Subject to number of bays
TOTAL NET WEIGHT	Refer to table
WIND LOAD	Refer to table
PRESSURIZABLE	Yes
MOUNTING HARDWARE	Available upon request

TECHNICAL DATA							
NUMBER OF BAYS	PANELS PER BAY	GAIN dB (1)	GAIN TIMES (1)	WEIGHT kg (2)	ANTENNA HEIGHT L M	WIND LOAD (3) KN	WIND LOAD (4) KN
2	1	15.1	32.8	38	2.15	1.74	4.98
	2	12.2	16.6	84		3.82	7.06
	3	10.3	10.9	122		4.73	7.97
	4	9.1	8.2	168		4.6	7.84

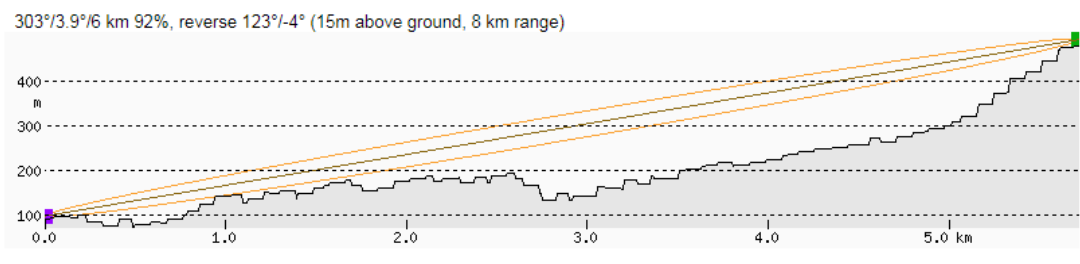


Μηκοτομές Αναμεταδοτών

Παρακάτω οι μηκοτομές των αναμεταδοτών που επιλέχθηκαν να 'βοηθήσουν' την ευρυεκπομή.

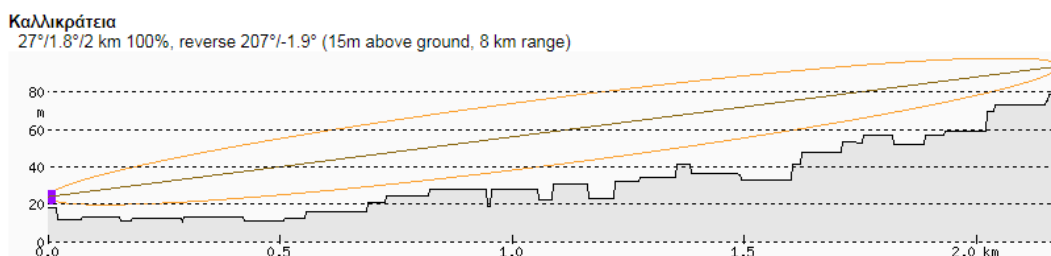
Αναμεταδότης Αγίου Νικολάου-Άγιος Νικόλαος

Βλέπουμε ότι τα όποια εμπόδια εισέρχονται εντελώς οριακά στη ζώνη Fresnel άρα θεωρούμε μηδενικές απώλειες περίθλασης , και επειδή οι 2019 κάτοικοι του οικισμού σε συνδυασμό με το περιβάλλον του μας κάνει να θεωρήσουμε απώλειες ελεύθερου χώρου οι οποίες είναι 75dB.



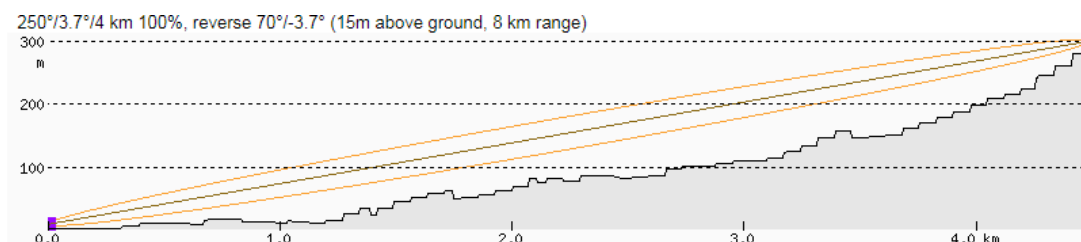
Αναμεταδότης Νέας Καλλικράτειας-Νέα Καλλικράτεια

Η απώλειες θα υπολογιστούν με τη βοήθεια του hata-omura και θα είναι 130dB.



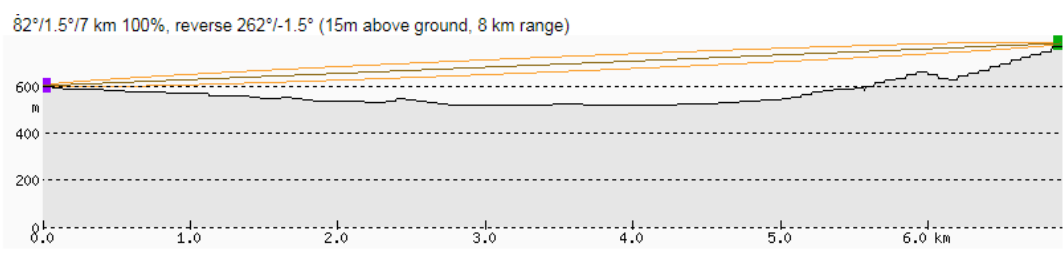
Αναμεταδότης Ιερισσού-Ιερισσός

Επειδή και εδώ πέρα το περιβάλλον της Ιερισσού δε θα λέγαμε ότι παραπέμπει σε αστικό περιβάλλον θα πάρουμε απώλειες ελεύθερου χώρου οι οποίες είναι $L=67\text{dB}$.



Αναμεταδότης Αρναίας-Αρναία

Πάλι λόγω μη αστικού περιβάλλοντος έχουμε μόνο απώλειες ελεύθερου χώρου οι οποίες είναι 79 dB.



Ποιότητα σήματος αναμεταδοτών

Με ακριβώς την ίδια λογική με πριν:

Αναμεταδότης Νέας Καλλικράτειας

Απώλειες ζεύξης με Καλλικράτεια 135dB

$$P_t = -86 + 135 - G_r - G_t = 49 - 28.15 = 20.85 \text{ dBm} = 0.15 \text{ W}$$

$$\text{EIRP} = P_t(\text{dBm}) + G_t(\text{dBi}) - 4 = 31 \text{ dBW}$$

$$\text{EIRP}_{\text{max}} = P_{\text{max}} * 4 * \pi * r^2 = P_{\text{max}} * 4 * \pi * 500^2 = 1978200 = 92.96 \text{ dBm} > \text{EIRP}$$

Αναμεταδότης Αγίου Νικολάου

Απώλειες ζεύξης Αγίου Νικολάου 75dB

$$P_t = -86 + 75 - 28.15 = -37.15 \text{ dBm} = 15 \mu\text{W}$$

$\text{EIRP} = P_t(\text{dBm}) + G_t(\text{dBi}) - 4 = -27 \text{ dBW}$ αρνητικό , αρα είμαστε καλυμμένοι αφού $\text{EIRP}_{\text{max}} > 0$.

Αναμεταδότης Αρναίας

Απώλειες ζεύξης 79dB

$$P_t = -86 + 79 - 28.15 = -33.15 \text{ dB} = 48 \mu\text{W}$$

$EIRP = -33.15 + 14.15 - 4 = -23 \text{ dBW}$ αρνητικό , άρα είμαστε καλυμμένοι ξανά.

Αναμεταδότης Ιερισσού

Απώλειες ζεύξης 108dB

$P_t = -86 + 105 - 28.15 = -9.15 \text{ dBm} = 121 \mu\text{W}$

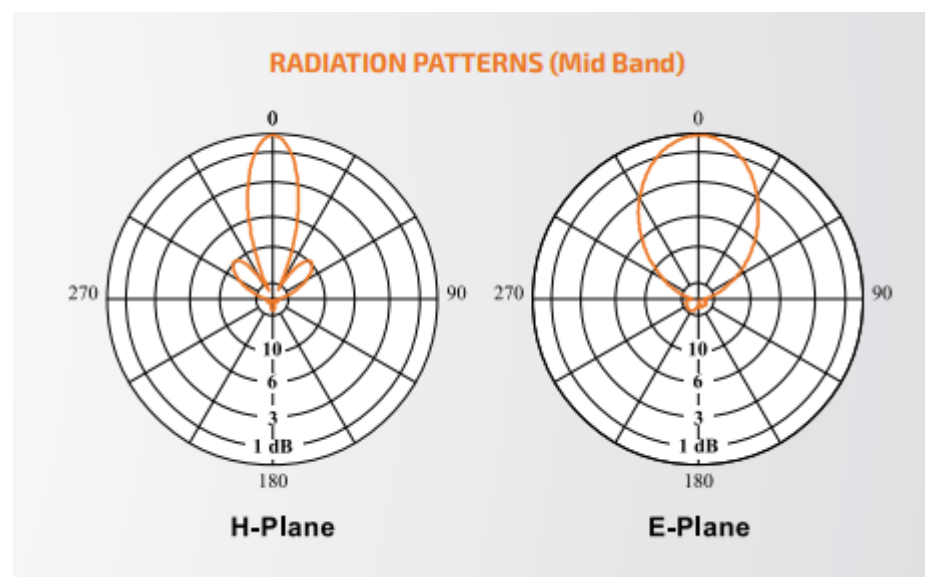
$EIRP = -9.15 + 14.15 - 4 = 1.15 \text{ dBW}$

$EIRP_{\max} = 0.63 * 4 * 3.14 * 6000^2 = 114.15 \text{ dBW} > EIRP$

Ικανοποιούνται τα όρια σε όλες τις περιπτώσεις.

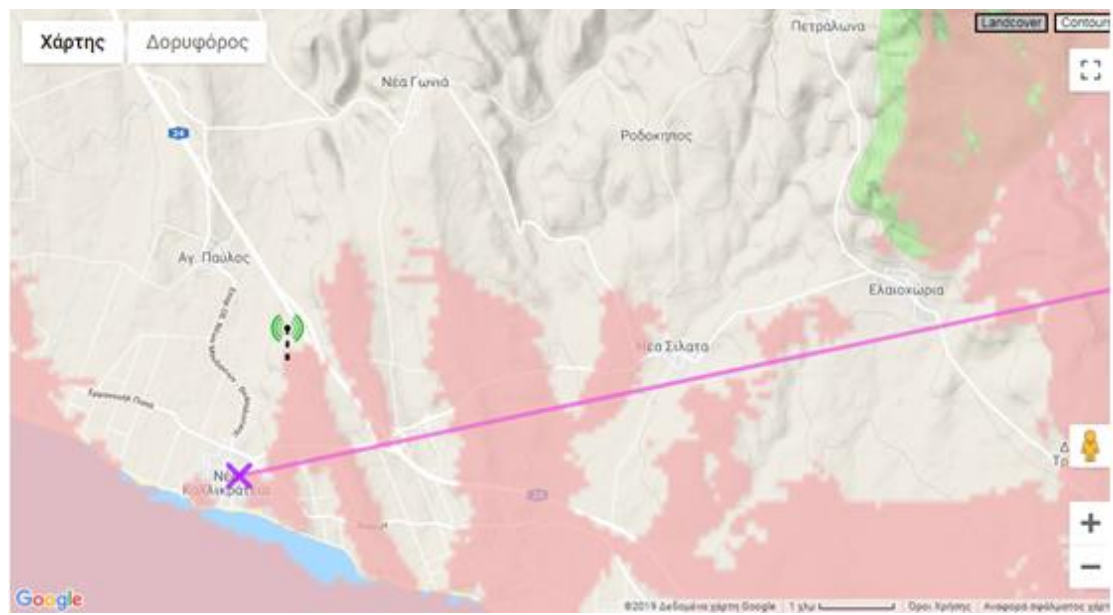
Επιλογή εξοπλισμού αναμεταδοτών

Για τις κεραίες των αναμεταδοτών δεν υπάρχει περιορισμός άρα η λογική λέει ότι θα επιλέξουμε κεραία η οποία θα είναι κατευθυντική , ώστε να στοχεύει τον οικισμό για τον οποίο τοποθετήθηκε ο αναμεταδότης. Επίσης πρέπει να ικανοποιείται το φάσμα του διαύλου που επιλέξαμε 502-510Mhz.



Για τους αναμεταδότες θα χρησιμοποιήσουμε ακριβώς την ίδια κεραία με πριν. Θα τοποθετήσουμε απλώς 1 πάνελ και η κεραία μας θα γίνει κατευθυντική όπως φαίνεται παραπάνω. (Να σημειωθεί ότι σε αυτή τη περίπτωση το κέρδος αναφορικά με τη κεραία διπόλου μισού μήκους κύματος είναι 12 dB άρα αν γίνει η αναγωγή της αναφοράς ως προς τον ιστροπικό ακτινοβολητή θα έχουμε κέρδος $12+2.15=14.15\text{dB}$:

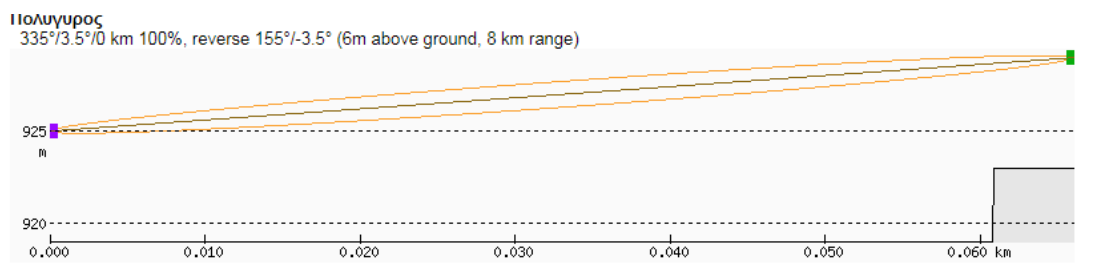
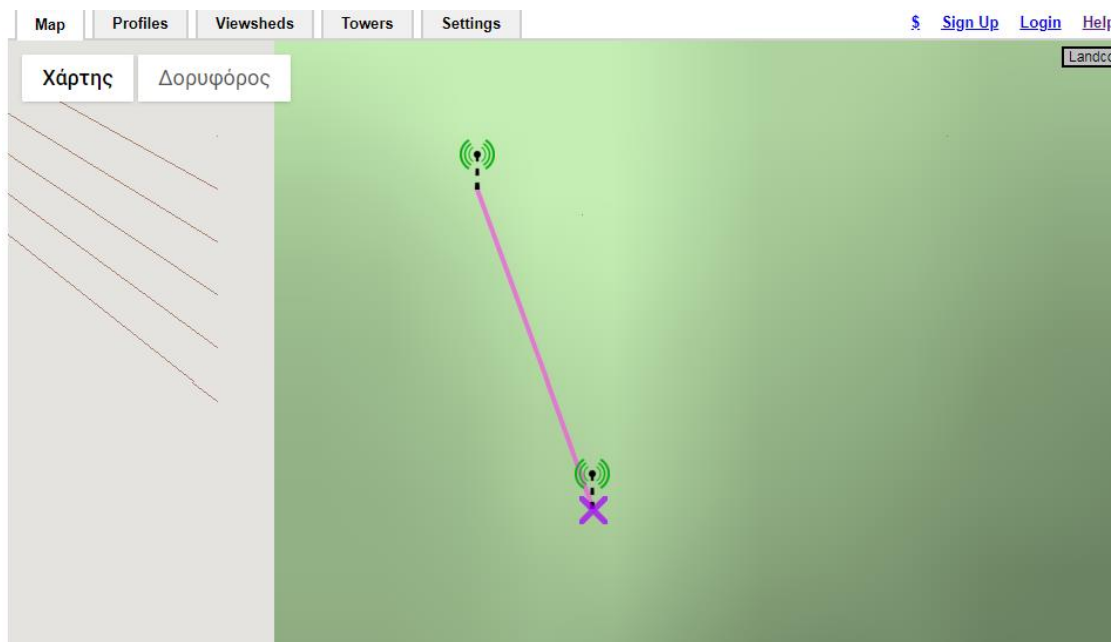
Όσον αφορά τον αναμεταδότη της Νέας Καλλικράτειας ο κύριος λοβός θα πρέπει να έχει κλίση -20 (όπου + η ανθρωπολογική φορά) μοιρών από το Νότο ώστε να στοχεύει στο αστικό περιβάλλον της Νέας Καλλικράτειας. Όσον αφορά τον αναμεταδότη της Αρναίας ο κύριος λοβός θα πρέπει να έχει κλίση περίπου 90 μοίρες από τον βορρά ώστε να στοχεύει την Αρναία. Όσον αφορά τον οικισμό του Αγίου Νικολάου ο κύριος λοβός θα πρέπει να έχει κλίση 30 μοίρες από το Νότο ώστε να στοχεύει επιτυχημένα. Ενώ για την η Ιερισσό η αντίστοιχη κλίση πρέπει να είναι 120 μοίρες από τον Νότο. Παρακάτω και οι φωτογραφίες που μας κάνουν να βγάλουμε αυτά τα συμπεράσματα (Η πρώτη φωτογραφία αντιστοιχεί στην Νέα Καλλικράτεια , η δεύτερη στην Αρναία , η Τρίτη στον Άγιο Νικόλαο και η Τέταρτη στην Ιερрисό:





Studio

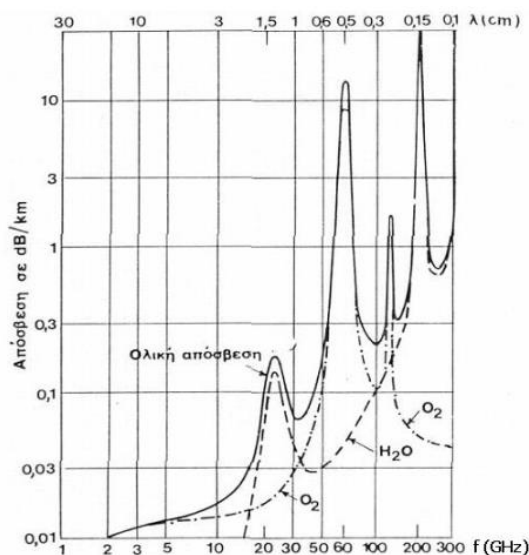
Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως , τοποθετούμε το studio όσο πιο κοντά γίνεται στο κέντρο εκπομπής ώστε να έχουμε τις ελάχιστες απώλειες μετάδοσης. Επίσης σκεπτόμενοι τις διαστάσεις των διάφορων εγκαταστάσεων βάζουμε το στούντιο να βρίσκεται σε απόσταση 65 μέτρων(4037823 N , 23467525 E) από το κέντρο εκπομπής. Να ξανά τονίσουμε ότι για να μην τεθεί ως εμπόδιο στην εκπομπή του κέντρου εκπομπής, η κεραία του στούντιο ανυψώνεται στα 5 μέτρα. Επίσης αφού τα 5 μέτρα είναι πολύ μεγαλύτερα του μήκους κύματος (2.85 εκατοστά) και η γη δεν είναι λεία , τα κύματα επιφανείας και ανάκλασης απαλείφονται και άρα κατά τη διάρκεια της ραδιοζεύξης έχουμε μόνο το απευθείας κύμα.



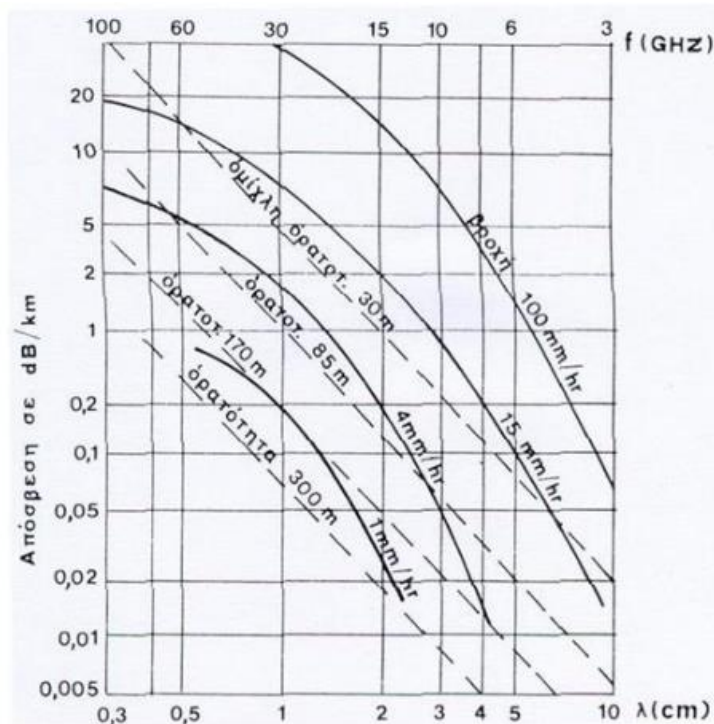
Η ζώνη Fresnel που είναι ανεμπόδιστη από εμπόδια είναι 100% όπως προέκυψε από τη μηκοτομή με τη βοήθεια του λογισμικού-site HeyWhatsThat θεωρώντας προφανώς επίπεδη Γη λόγω της υπερβολικά μικρής απόστασης .Να σημειωθεί ότι μπορούμε να θεωρήσουμε τη Γη επίπεδη για αποστάσεις μικρότερες των $d=80/f^{(1/3)}=3.65\text{km}$.

Η επιλογή της συχνότητας της ραδιοζεύξης καθορίστηκε από την υπουργική απόφαση 623/026 στις 28-12-2011 η οποία καθόρισε ως ζώνη συχνοτήτων για ψηφιακές δισημειακές ραδιοζεύξεις για μεταφορά τηλεοπτικού προγράμματος τα 10-

10.68GHz.Επιλέγεται η συχνότητα των 10.5 GHz που αντιστοιχούν σε μήκος κύματος 2.85cm.Άρα οι απώλειες ελεύθερου χώρου είναι 27.8dB.Παρόλα αυτά εκτός από τις απώλειες ελεύθερου χώρου πρέπει να λάβουμε υπόψη και τις απώλειες που οφείλονται στην απορρόφηση από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο και τους υδρατμούς (πρώτο διάγραμμα) καθώς και στις απώλειες που οφείλονται στην απορρόφηση και σκέδαση της ενέργειας από τη βροχή , το χαλάζι και την ομίχλη (δεύτερο διάγραμμα) . Αυτές θα υπολογιστούν με βάση τα δύο παρακάτω διαγράμματα :



Σχήμα 6.29: Καμπύλες αποσβέσεως που οφείλεται στο ατμοσφαιρικό οξυγόνο και τους υδρατμούς.



μα 6.30: Απώλεια σκεδάσεως που οφείλεται στη βροχή (συνεχόμενη γραμμή) και στην ομίχλη (διακεκομμένη γραμμή).

Βλέπουμε ότι αφού η συχνότητα είναι 10.5Ghz και $\lambda=2.85\text{cm}$ από το πρώτο διάγραμμα παίρνουμε απώλειες 0.02dB/km λόγω απορρόφησης από οξυγόνο και υδρατμούς (η συνεχής και μαύρη καμπύλη μας δίνει το άθροισμα των απωλειών λόγω οξυγόνου και υδρατμών. Τώρα ας βρούμε τις απώλειες από το δεύτερο διάγραμμα. Να σημειώσουμε πως οι βροχές με 50mm/hr είναι ένα σπάνιο καιρικό φαινόμενο το οποίο οδηγεί σε πλημμύρες. Επίσης οι βροχές με ρυθμό $\geq 6\text{mm/hr}$ θεωρούνται ισχυρές και πολύ συχνά συνοδεύονται με χαλάζι. Άρα για τις απώλειες λόγω σκεδάσεως βροχής θα βρούμε το σημείο τομής του μήκους κύματος με την καμπύλη 15mm/hr το οποίο αντιστοιχεί σε 1 dB/km. Για ομίχλη με ορατότητα 30m έχουμε απώλειες 0.2dB/km. Άρα έχουμε συνολικές απώλειες 1.22dB/km και λόγω του ότι η απόσταση της ραδιοζεύξης είναι 0.06km έχουμε επιπρόσθετες απώλειες $1.22 \cdot 0.06 = 0.072\text{dB}$, οι οποίες είναι υπερβολικά μικρές. Άρα έχουμε συνολικές απώλειες 27.87dB.

Ποιότητας Σήματος Στούντιο

Στούντιο

Απώλειες ζεύξης 22.83dB

$P_t = -86 + 22.83 - 54$ (αφού $G_r = G_t = 27\text{dBi}$) $= -117.17\text{dBm} = 1917\text{picoW}$

$EIRP = -117.17\text{dBm} + 27 - 4 = -94.17\text{dBW}$ αρνητικό άρα είμαστε εντάξει.

Βλέπουμε ότι συνολικά όλοι οι σταθμοί-αναμεταδότες καλύπτουν τα όρια.

ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΤΟΥΝΤΙΟ

Για το στούντιο αφού είμαστε σε διαφορετικές συχνότητες θα χρησιμοποιήσουμε άλλου είδους κεραία για την πραγματοποίηση της ραδιοζεύξης. Αυτή θα είναι η 10.5Ghz Parabolic Antenna της εταιρίας CableFree. Η εταιρία προσφέρει κεραίες με δύο διαφορετικές διαμέτρους, η μία των 35 εκατοστών με κέρδος 27dBi και η άλλη των 67 εκατοστών με κέρδος 35dBi. Θα επιλέξουμε αυτή των 35 εκατοστών διότι στο εγχειρίδιο με τα χαρακτηριστικά της κεραίας αναφέρεται ότι αυτή ικανοποιεί ραδιοζεύξεις απόστασης μέχρι και 20 χιλιόμετρα και η απόσταση των 65 μέτρων παραείναι μικρή. Να σημειωθεί ότι η ίδια κεραία θα τοποθετηθεί και για λήψη στο κέντρο εκπομπής του Πολύγυρου, μιας και οι κεραίες αυτές ικανοποιούν τις point to point ζεύξεις. Η κεραία αυτή μπορεί να στείλει σήμα με διαμόρφωση 64-QAM άρα είμαστε σύμφωνοι και με τη νομοθεσία. Τις κεραίες αυτές θα τις τροφοδοτεί το ομοαξονικό καλώδιο που είδαμε προηγουμένως και άρα με βάση το πινακάκι θα έχουμε

απώλειες 1.3 dB , αν υποθέσουμε ότι το μήκος του καλωδίου θα είναι 10 μέτρα αφού η κεραία ανυψώνεται στα 5 μέτρα.

10.5GHz Parabolic antennas:

- High Gain 10.5GHz Parabolic 27dBi (35cm)
- High Gain 10.5GHz Parabolic 35dBi (67cm)

These antennas are suitable either for Point to Point links, or for client site antennas for Point to Multipoint applications.

Longer range links can be implemented using the larger antennas.

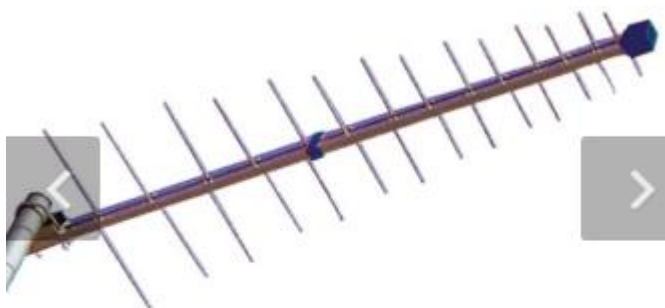
Conversely, shorter links use the smaller antennas.



CableFree 10.5GHz Parabolic Antenna
67cm diameter

ΚΕΡΑΙΕΣ ΛΗΨΗΣ

Ως κεραία λήψης σε όλους τους οικισμούς αλλά και στους αναμεταδότες θεωρούμε πως έχουμε την λογαριθμική κεραία Engel AN6008 εξωτερικού χώρου UHF και κέρδος 14 dB.



ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Ο σχεδιασμός της αντικεραυνικής προστασίας είναι ιδιαίτερα σημαντικός, διότι αποτρέπει τις επιπτώσεις (λόγω θερμικών , μηχανικών αλλά και ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων) που προκαλούνται έπειτα από ηλεκτρικές εκκενώσεις τόσο για τον άνθρωπο όσο και στις κατασκευές. Ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ) δεν είναι ικανό να εμποδίσει έναν κεραυνό από το σχηματισμό του ,αλλά μπορεί να τον διοχετεύσει ελεγχόμενα στη γη περιορίζοντας σημαντικά τις επιζήμιες επιπτώσεις του.

Αρχικά θα δούμε αν είναι απαραίτητη η προσθήκη ενός ΣΑΠ . Απαιτείται η σύγκριση της συχνότητας άμεσων κεραυνικών πληγμάτων της κατασκευής N_d και της αποδεκτής συχνότητας κεραυνικών πληγμάτων της κατασκευής N_c . Αν και μόνο αν $N_d > N_c$ τότε χρειαζόμαστε ΣΑΠ αποτελεσματικότητας $E \geq 1 - N_c/N_d$ και επιλέγουμε την αποδεκτή στάθμη προστασίας σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4.1: Σχέση μεταξύ στάθμης προστασίας και αποτελεσματικότητας ενός ΣΑΠ. Πηγή: IEC 61024-1-1:1993, (p.25, Table 3)

Στάθμη Προστασίας	Αποτελεσματικότητα ΣΑΠ
I	0.98
II	0.95
III	0.90
IV	0.80

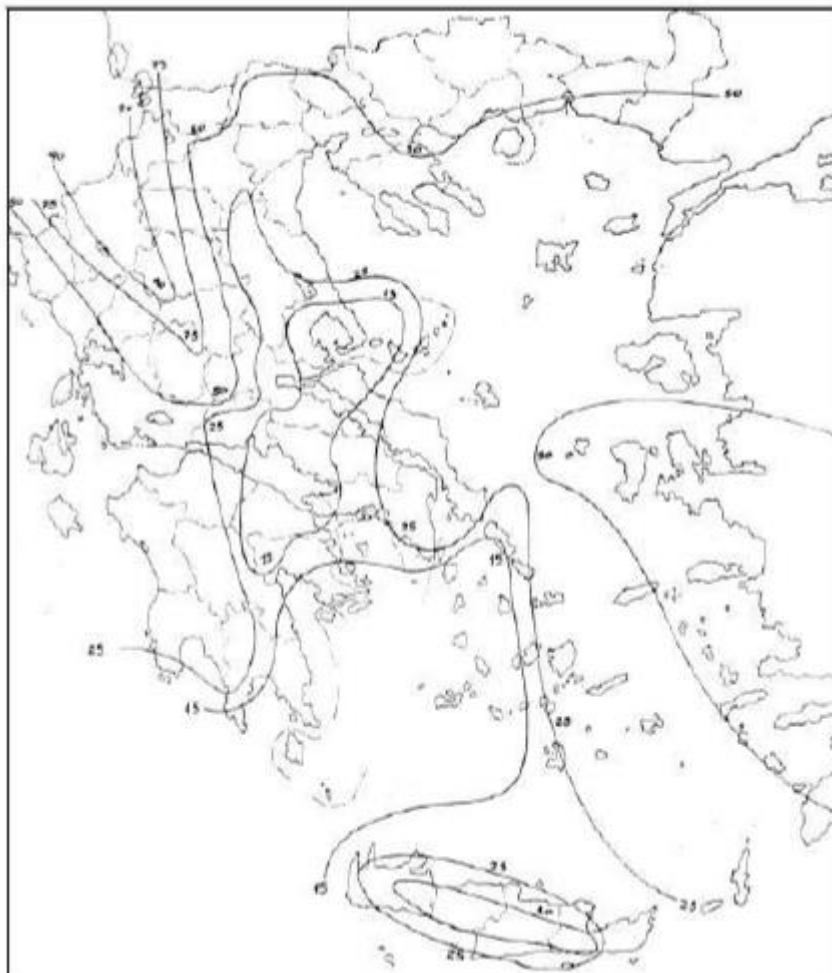
$$\text{Ισχύει } N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6}$$

,όπου N_g : η μέση ετήσια πυκνότητα πληγμάτων κεραυνού στο έδαφος και A_e : είναι η ισοδύναμη συλλέκτρια επιφάνεια της κατασκευής.

$$\text{Είναι } N_g = 0.04 \cdot T_d^{1.25}$$

,όπου Td ο αριθμός ημερών καταιγίδας ανά έτος (μία μέρα λογίζεται ως μέρα καταιγίδας αν τη συγκεκριμένη μέρα έβρεξε και έγινε αντιληπτή μία ή περισσότερες βροντές κεραυνών (ή οι ίδιοι κεραυνοί!)).

Από τον παρακάτω χάρτη ισοκεραυνικών επιφανειών για το νομό Χαλκιδικής βλέπουμε ότι ισχύει Td=50 άρα Ng=5.32 πλήγματα κεραυνού ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο ανά έτος.



Επίσης ισχύει

$$A_e = LW + 6H(L + W) + 9\pi W^2$$

Αυτός ο τύπος ισχύει για απομονωμένες κατασκευές. Σύμφωνα με τη θεωρία παρότι έχουμε τοποθετήσει το στούντιο σε απόσταση 65 μέτρων από το κέντρο ευρυεκπομπής μπορούμε

να θεωρήσουμε απομονωμένες και τις δύο κατασκευές γιατί η απόσταση τους είναι μικρότερη από $3 \cdot (h_1 + h_2) = 3 \cdot (15 + 5) = 60$, όπου h_1, h_2 τα δύο ύψη των σταθμών. Επίσης οι υπόλοιποι αναμεταδότες βρίσκονται σε απομονωμένα σημεία. Άρα θεωρώντας βάση του πύργου της κεραίας $2.5 \times 2.5 m^2$ και ύψος 15 μέτρα $A_e = 6815 m^2$

Άρα $N_d = 0.034$ πλήγματα κεραυνού ανά έτος.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παρακάτω πιθανές τιμές των συντελεστών και επιλέγοντας τις καταλληλότερες με βάση το σταθμό εκπομπής μας έχουμε:

Συντελεστής A: χρήση του κτιρίου	
κατοικίες και άλλες κατασκευές συγκρίσιμου μεγέθους	0.3
κατοικίες και άλλες κατασκευές συγκρίσιμου μεγέθους με κεραίες	0.7
εργοστάσια, συνεργεία, εργαστήρια	1.0
κτίρια γραφείων, ξενοδοχεία, πολυκατοικίες	1.2
κτίρια με κόσμο όπως εκκλησίες, θέατρα, μουσεία, εκθεσιακοί χώροι, πολυκαταστήματα, σταθμοί, αεροδρόμια και στάδια	1.3

Συντελεστής Β: υλικά κατασκευής του κτιρίου	
κτίρια χαλύβδινου σκελετού ή οπλισμένου σκυροδέματος ενδοσυνδεδεμένου χαλύβδινου οπλισμού και με μεταλλική σκεπή	0.1
κτίρια χαλύβδινου σκελετού χωρίς μεταλλική σκεπή	0.2
κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος ενδοσυνδεδεμένου χαλύβδινου οπλισμού χωρίς μεταλλική σκεπή	0.4
κτίρια από τούβλα, απλό τσιμέντο, πέτρα χωρίς μεταλλική ή ξύλινη σκεπή	1.0
κτίρια ξύλινου σκελετού χωρίς μεταλλική σκεπή	1.4
κτίρια από τούβλα, τσιμέντο, πέτρα, ξύλινου σκελετού με μεταλλική σκεπή	1.7
κτίρια με ξύλινη σκεπή	2.0

Συντελεστής C: περιεχόμενο του κτιρίου	
κοινές κατοικίες ή κτίρια γραφείων, εργοστάσια και συνεργεία με περιεχόμενο μικρής αξίας ή μη επιρρεπές και ευαίσθητο	0.3
Βιομηχανικά και αγροτικά κτίρια με επιρρεπές, ευαίσθητο περιεχόμενο	0.8
σταθμοί παραγωγής ενέργειας, εγκαταστάσεις φυσικού αερίου, τηλεπικοινωνιακά κέντρα, ραδιοφωνικοί σταθμοί	1.0
βιομηχανικές εγκαταστάσεις ιδιαίτερης σημασίας, αρχαία μνημεία και ιστορικά κτίρια, μουσεία, εκθεσιακοί χώροι τέχνης ή άλλα κτίρια με επιρρεπές, ευαίσθητο περιεχόμενο	1.3
σχολεία, νοσοκομεία, φυλακές, οικότροφεία, κτίρια με κόσμο	1.7

Συντελεστής D: βαθμός απομόνωσης του κτιρίου	
κατασκευή σε περιοχή πυκνής δόμησης ή με πολλά δέντρα παρόμοιου ή μεγαλύτερου ύψους όπως σε μεγάλη πόλη ή σε δάσος.	0.4
κατασκευή σε περιοχή αραιής δόμησης ή με λίγα δέντρα παρόμοιου ύψους	1.0
κατασκευή πλήρως απομονωμένη ή ύψους τουλάχιστον διπλάσιου των γειτονικών κατασκευών ή δέντρων	2.0

Συντελεστής E: μορφολογία του εδάφους	
πεδινή περιοχή ανεξάρτητα του υψομέτρου	0.3
λοφώδης περιοχή	1.0
ορεινή περιοχή μεταξύ 300 m και 900 m	1.3
ορεινή περιοχή μεταξύ 900 m και 1500 m	1.7
ορεινή περιοχή 1500 m και άνω	2.0

Επιλέγουμε A=0.7 B=0.2 C=1 D=2 E=1.7 άρα:

$N'd=0.0166$ άρα αν η αποδεκτή συχνότητα είναι $N_c = 5 * 10^{-5}$ τότε ισχύει $N'd > N_c$ άρα πρέπει να εγκατασταθεί ΣΑΠ αποτελεσματικότητας $E > 1 - \frac{N_c}{N'd} = 0.996$ και σύμφωνα με τον

πίνακα με τον πίνακα αποτελεσματικότητας πρέπει να επιλεγεί ΣΑΠ στάθμης προστασίας Ι.

Το ΣΑΠ μας θα αποτελείται από τον εξωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας , η οποία θα λαμβάνει τον κεραυνό προτού πλήξει την υπό προστασία κατασκευή και θα τον οδηγεί με ασφάλεια στη γη και από την εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας η οποία θα φροντίζει ώστε να ελαχιστοποιούνται οι ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις του ρεύματος του κεραυνού στο εσωτερικό της κατασκευής.

Η εξωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας θα αποτελείται από:

-Το συλλεκτήριο σύστημα το οποίο θα δέχεται τους κεραυνούς. Το δικό μας συλλεκτήριο σύστημα θα αποτελείται από μία ράβδο ύψους 3 μέτρων και θα είναι το παρακάτω μοντέλο της εταιρίας ΠΙΤΤΑΣ:

Αγωγός μονόκλωνος χαλύβδινος επιψευδαργυρωμένος εν θερμώ (St/tZn)



Αγωγός μονόκλωνος χαλύβδινος θερμά
επιψευδαργυρωμένος (St/tZn), με βάρος
επιψευδαργύρωσης τουλάχιστον 350gr/m².
Χρησιμοποιείται ως αγωγός στο συλλεκτήριο σύστημα
αντικεραυνικής προστασίας και ως αγωγός καθόδου
(Κωδικοί προϊόντων: 111111-001, 111111-002).

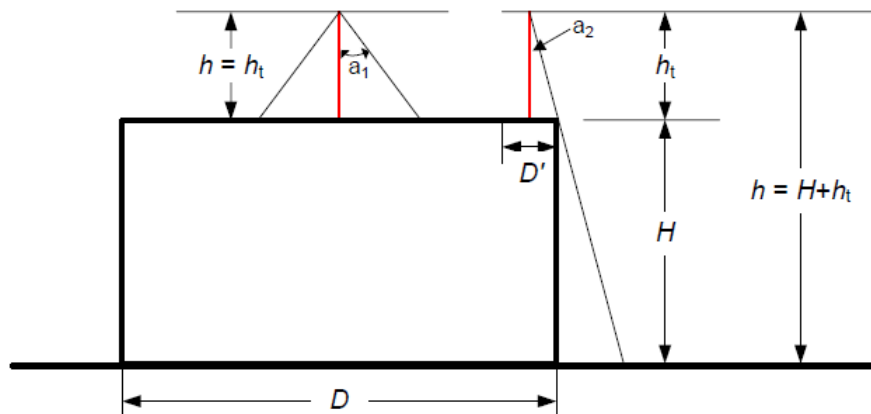
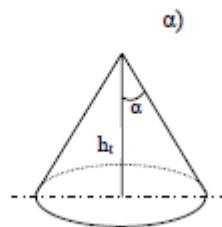
Υλικό	Διάμετρος (mm)	Διατομή (mm ²)	Βάρος ~ gr/m	Πρότυπο	Κωδικός	Τεχνικά χαρακτηριστικά	Δήλωση συμμόρφωσης
St/tZn	Ø 8	50	400	EN 62561-2	111111-001	.pdf	.pdf

Τώρα όσον αφορά τη ζώνη προστασίας του αγωγού αφού η βάση του πύργου μας είναι 2.5X2.5 τότε ισχύει ότι $D=2.5 < 2 \cdot h=3$ άρα αν τοποθετήσουμε τη ράβδο μας στη κορυφή της κατασκευής τότε η ζώνη προστασίας μας είναι ένας κώνος που θα έχει ύψος $3+15=18$ μέτρα ενώ ο κώνος που θα δημιουργείται θα έχει ακτίνα βάσης που ισούται με $h \cdot \tan 25 = 8.5\text{m}$ και έτσι ολόκληρη η κατασκευή θα πρέπει να βρίσκεται εντός της ζώνης προστασίας, οι 25 μοίρες είναι η ημιγωνία κορυφής και επιλέχθηκε έτσι σύμφωνα με το παρακάτω πίνακάκι. Να σημειωθεί ότι το ύψος μας πρέπει να είναι κάτω από 20 μέτρα (δηλαδή μικρότερο από την ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας) και πράγματι είναι.

Πίνακας 5.1: Γωνία προστασίας $\alpha^{(o)}$, ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας $R(m)$ και διαστάσεις πλέγματος αγωγών ανάλογα με τη στάθμη προστασίας. Πηγή: IEC 61024-1:1990, (p.37, Table 1)

Στάθμη Προστασίας	$R(m)$	$h(m)$				Διάσταση πλέγματος (m)
		20	30	45	60	
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20

* Σ' αυτές τις περιπτώσεις εφαρμόζονται οι μέθοδοι της κυλιόμενης σφαίρας και πλέγματος αγωγών.



Σχήμα 5.2: Καθορισμός του ύψους h σύμφωνα με τη μέθοδο της γωνίας προστασίας.

Αυτή η μέθοδος εύρεσης της ζώνης ασφαλείας είναι η μέθοδος της γωνίας προστασίας.

Το επόμενο δομικό στοιχείο της εξωτερικής εγκατάστασης αντικεραυνικής προστασίας είναι το σύστημα καθόδου αγωγού οι οποίοι αποτελούν τη συνέχεια των στοιχείων του

συλλεκτήριου συστήματος. Αρχικά εφόσον έχουμε έναν συλλεκτήριο αγωγό απαιτείται τουλάχιστον ένας αγωγός καθόδου και επιλέγουμε τη σύνδεση του συλλεκτήριου με τέσσερις αγωγούς καθόδου. Επειδή είναι προτιμότερο ο αγωγός καθόδου να είναι ίδιου υλικού με τον συλλεκτήριο αγωγό θα χρησιμοποιήσουμε ακριβώς τον ίδιο αγωγό με πριν (της εταιρίας ΠΙΤΤΑΣ) έτσι ώστε να διατηρείται η ομοιογένεια του υλικού της διαδρομής και να μην υπάρξουν προβλήματα σε περίπτωση που το ρεύμα ερχόμενο συναντήσει απότομες ασυνέχειες του υλικού . Οι τέσσερις αγωγοί τοποθετούνται περιμετρικά στις εξωτερικές παράπλευρες επιφάνειες του κτηρίου σε μέση απόσταση 10 μέτρων σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

αναφορά με τη στάθμη προστασίας. Πηγή: ΔΕΥ 01024-1-1990, (φ.32, Τάβ. 2)

Στάθμη Προστασίας	Μέση απόσταση (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

Εκτός αυτού κατά την είσοδο των αγωγών στο έδαφος θα πρέπει αυτοί να επενδύονται με αντιδιαβρωτική ταινία 20-30 εκατοστά πριν και μετά την είσοδο στο έδαφος , προς αποφυγή της διάβρωσης των αγωγών σε εκείνο το σημείο. Επιλέγεται ταινία της εταιρίας HUNDA για αυτό το σκοπό.



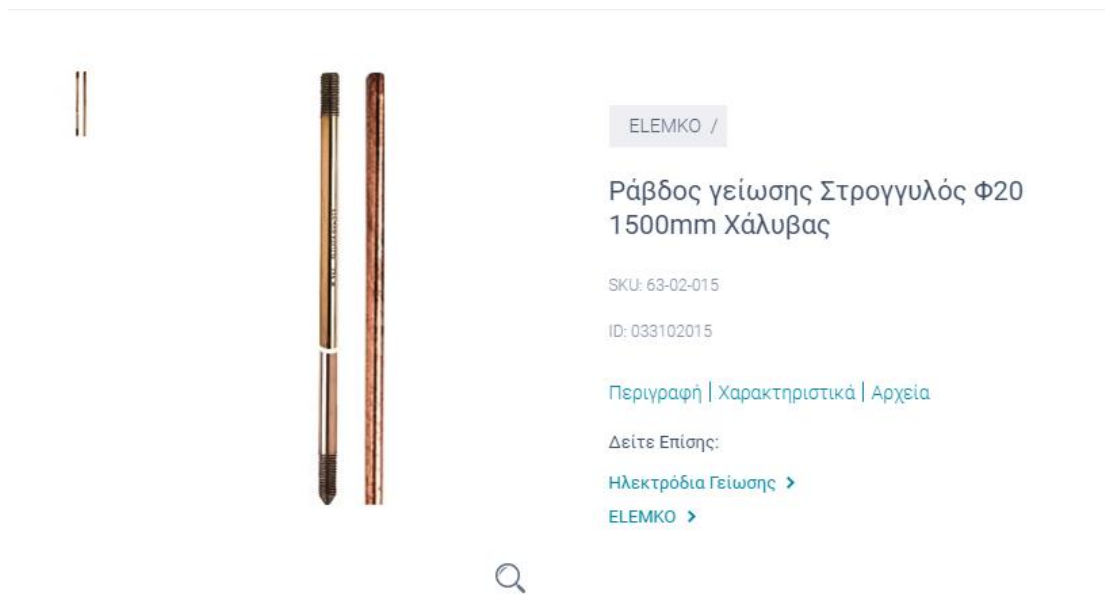
Κλείνοντας έχουμε το σύστημα γείωσης το οποίο διαχέει το ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος μέσω των ηλεκτροδίων γείωσης χωρίς να εμφανίζονται επικίνδυνες υπερτάσεις. Το ελάχιστο μήκος αυτών των τεσσάρων ηλεκτροδίων δίνεται όπως παρακάτω:

Πίνακας 5.4: Ελάχιστο μήκος ηλεκτροδίου γείωσης συναρτήσει της στάθμης προστασίας ενός ΣΑΠ.


Στάθμη Προστασίας	Ελάχιστο μήκος ηλεκτροδίου γείωσης, l_1
I	5 m για $\rho < 500 \Omega \cdot m$ $l_1 (m) = 0.03\rho - 10$ για $500 < \rho (\Omega \cdot m) < 3000$
II ÷ IV	5 m

Επειδή τα κέντρα εκπομπής βρίσκονται σε ορεινό έδαφος όπου η αντίσταση ρ θεωρείται 1000Ω άρα $l(\min) = 0.03 \cdot 1000 - 10 = 35m$. Εμείς θα θεωρήσουμε μήκος ηλεκτροδίου $l = 35m$.

Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο-ράβδο σε κάθεοδο και επιτυγχάνουμε τη γείωση. Το μοντέλο που επιλέγουμε είναι της εταιρίας ΕΛΕΜΚΟ.



Να σημειωθεί ότι το ηλεκτρόδιο θα τοποθετηθεί κάτω από το έδαφος και το πιο συγκεκριμένα ενταφιάζεται σε βάθος μισού μέτρου. Άρα η αντίσταση γείωσης αντιστοιχεί σε αντίσταση γείωσης ράβδου που βρίσκεται κάτω από το έδαφος:

Υπόγεια κατακόρυφη ράβδος		$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{1,36 \cdot d} \cdot \frac{2h + L}{4h + L}$	4.
---------------------------------	---	---	----

Όπου ρ η ειδική ηλεκτρική αντίσταση του εδάφους .Είναι $\rho=1000\Omega$ $L=35m$ $d=0.02m$ $h=0.5m$.

$$\text{Προκύπτει } R = \frac{\rho}{2\pi L} * \ln \left(4L * \frac{2h+L}{(1.36*d)*(4h+L)} \right) = \frac{1000}{2\pi*35} * \ln \left(4 * 35 * \frac{2*0.5+35}{1.36*0.02*(4*0.5+35)} \right) = 28.87\Omega .$$

Η συνολική αντίσταση γείωσης δίνεται από τον τύπο:

$R_{\text{συν}} = R \cdot F / N$,όπου το F καθορίζεται από το πλήθος των αγωγών (4 στην περίπτωση μας) σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Αριθμός ηλεκτροδίων γείωσης	Παράγοντας F
2	1.16
3	1.29
4	1.36
8	1.68
12	1.8
16	1.92
20	2.00
24	2.16

Για $N=4$, $F=1.36$ άρα

$R_{\text{συν}}=9.81 \Omega$ η συνολική αντίσταση γείωσης.

Βιβλιογραφία

<http://www.elemko.gr/documents/sap.asp>

[https://en.m.wikipedia.org/wiki/Sensitivity_\(electronics\)](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Sensitivity_(electronics))

[Διαφάνειες διάδοσης ραδιοκυμάτων στο γήινο χώρο που παραθέσατε](#)

[Σημειώσεις για σχεδιασμό αντικεραυνικής προστασίας του κυρίου Μικρόπουλου](#)

[Οι νομοθεσίες που παραθέσατε στο elearning](#)

http://anamorfosi.teicm.gr/ekp_yliko/e-notes/Data/wireless/main.htm#id52

<https://digitaltvinfo.gr/articles/cover-story/item/2858->

<https://www.kallikratis.org/dimoi-systasi-dimon-nomos-chalkidikis/>

<http://wisp.heywhatsthat.com/?user=free5>

«Στοιχεία θεωρίας κεραιών και διαδόσεων ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων», Σταμάτης Κουρής

Διπλωματική εργασία της φοιτήτριας ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ
ΠΟΥΝΤΟΥΡΕΛΗ

Τα φυλλάδια του εξοπλισμού βρίσκονται στο zip της εργασίας.

UTV-01/UTV-05

UHF PANEL ANTENNA

FEATURES

- horizontal polarization
- broadband 470 ÷ 860 MHz
- 12 dB gain
- directional pattern
- suitable as a component in various arrays



ELECTRICAL DATA

ANTENNA TYPE	UTV-01	UTV-05
FREQUENCY RANGE	470 ÷ 860 MHz	
IMPEDANCE	50 ohm	
CONNECTOR	7/16 F 90° or 7/8" EIA 90°	2 x 7/8" EIA
MAX POWER	1.5 kW (7/16 F 90°) 2.5 kW (7/8" EIA 90°)	2 x 2.5 kW
VSWR	≤ 1.1	≤ 1.1
POLARIZATION	Horizontal	
GAIN (referred to half wave dipole)	12 dB	
HALF POWER BEAMWIDTH	E-Plane ± 32° H-Plane ± 12°	
LIGHTNING PROTECTION	All metal parts DC grounded	

Other models available:

UTV-01/E white radome only

UTV-01/EE white radome only, 7/16 straight Input connector or NF

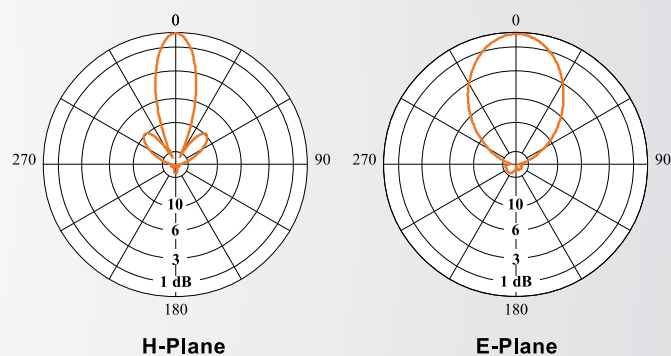
UTV-01/P 5kW 1-5/8" EIA 90° Input connector

UTV-05/D 2x7/8" EIA straight Input connector only

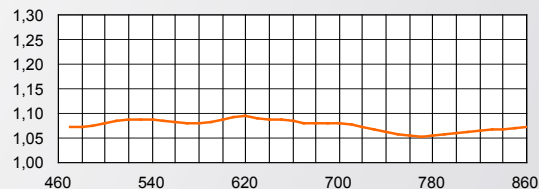
MECHANICAL DATA

DIMENSIONS	1000 x 450 x 280 mm (7/8" EIA 90°)
WEIGHT	14.5 kg
WIND SURFACE	0.45 m ²
WIND LOAD (at 150km/h)	0.62 kN
MAX WIND VELOCITY	220 km/h
MATERIALS	Brass, aluminium, stainless steel, teflon, fiberglass (radome)
ICING PROTECTION	Full radome
RADOME COLOUR	Orange - Green - White (standard)
MOUNTING	Directly on supporting mast or with special pipe clamps

RADIATION PATTERNS (Mid Band)

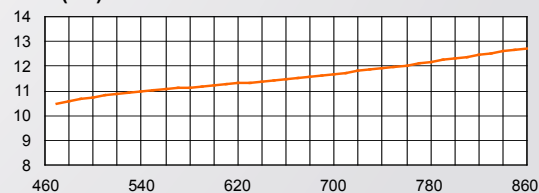


VSWR



FREQ. (MHz)

GAIN (dB)



FREQ. (MHz)

UTV-01/UTV-05

UHF PANEL ANTENNA

FEATURES

- radiating systems with UTV-01/UTV-05 panels
- very high power systems
- omnidirectional or directional patterns
- equal or unequal split ratio power distribution network



UTV-01/64
HALIFAX, CANADA

ELECTRICAL DATA

FREQUENCY RANGE	470 ÷ 860 MHz
IMPEDANCE	50 ohm
CONNECTOR	EIA flange according to system power rating
POWER RATING	The antenna system can accept any power according to requirements
VSWR	≤ 1.05 in the operating channels
POLARIZATION	Horizontal
GAIN	Refer to table
HORIZONTAL PATTERN	Any type according to requirement
VERTICAL PATTERN	Null fill, beam tilt and special requirements to order
OTHER FEATURES	The antenna system can be supplied in split feed configuration (two equal halves). Each half can accept full power.

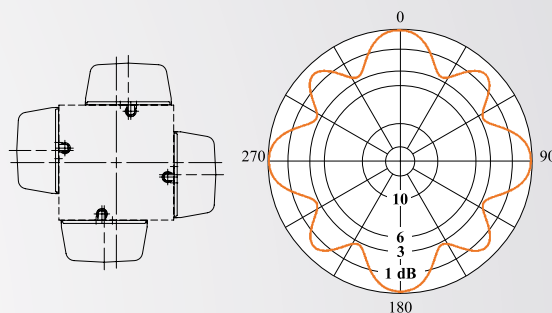
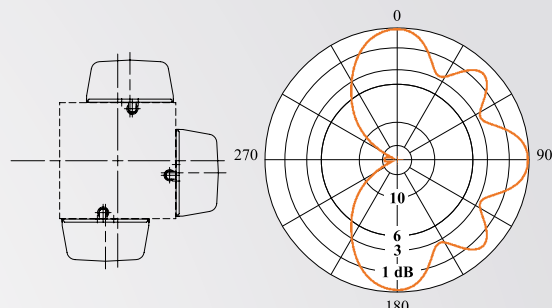
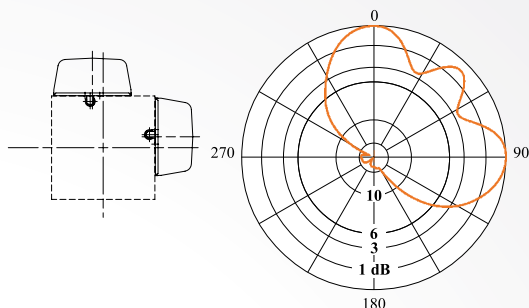
MECHANICAL DATA

HEIGHT OF ARRAY	Subject to number of bays
TOTAL NET WEIGHT	Refer to table
WIND LOAD	Refer to table
PRESSURIZABLE	Yes
MOUNTING HARDWARE	Available upon request

UTV-01/UTV-05

UHF PANEL ANTENNA

HORIZONTAL PATTERNS WITH OFFSET 2,3 AND 4 FACES AT 650 MHz



TECHNICAL DATA

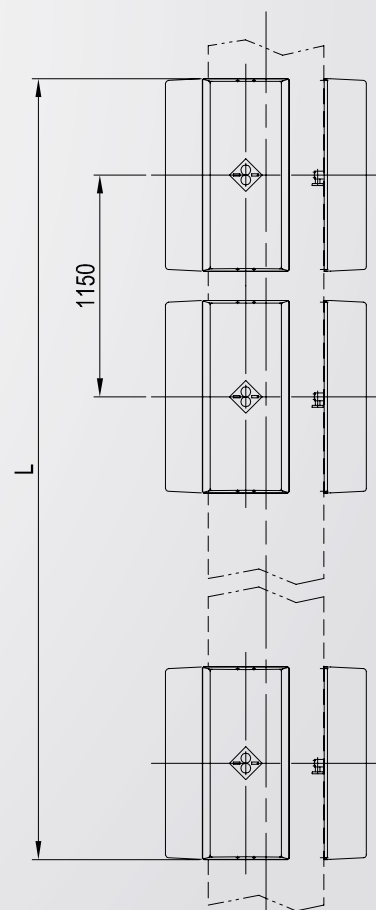
NUMBER OF BAYS	PANELS PER BAY	GAIN dB (1)	GAIN TIMES (1)	WEIGHT kg (2)	ANTENNA HEIGHT L M	WIND LOAD (3) KN	WIND LOAD (4) KN
2	1	15.1	32.8	38	2.15	1.74	4.98
	2	12.2	16.6	84		3.82	7.06
	3	10.3	10.9	122		4.73	7.97
	4	9.1	8.2	168		4.6	7.84
4	1	18.3	68.1	84	4.45	3.59	6.83
	2	15.3	34	168		7.9	11.14
	3	13.5	22.6	281		9.39	12.63
	4	12.3	17	400		9.12	12.36
6	1	20	101.2	122	6.75	5.53	8.77
	2	17	50.6	281		12	15.24
	3	15.3	33.7	378		14.21	17.45
	4	14	25.3	432		13.81	17.05
8	1	21.3	136.4	168	9.05	7.31	10.55
	2	18.3	68.2	400		16.06	19.3
	3	16.6	45.4	432		19.05	22.29
	4	15.3	34.1	583		18.5	21.74
10	1	22.3	172	224	11.35	9.16	12.4
	2	19.3	86.1	418		18.54	21.78
	3	17.6	57.3	672		23.86	27.1
	4	16.3	43	896		23.17	26.41
12	1	23	204	281	13.65	11.03	14.27
	2	20.1	102	432		24.21	27.45
	3	18.3	68	843		28.1	31.34
	4	17.1	51	992		28.2	31.44
16	1	24.3	273.2	400	18.25	14.73	17.97
	2	21.3	136.6	583		32.33	35.57
	3	19.6	91	992		37.92	41.16
	4	18.4	68.3	1263		38.82	42.06

(1) referred to half wave dipole. Losses of power distribution network not included.

(2) without mounting hardware, (for UTV-01).

(3) Without top mast, $v = 150$ km/h (4) With top mast, $v = 150$ km/h

- UP -

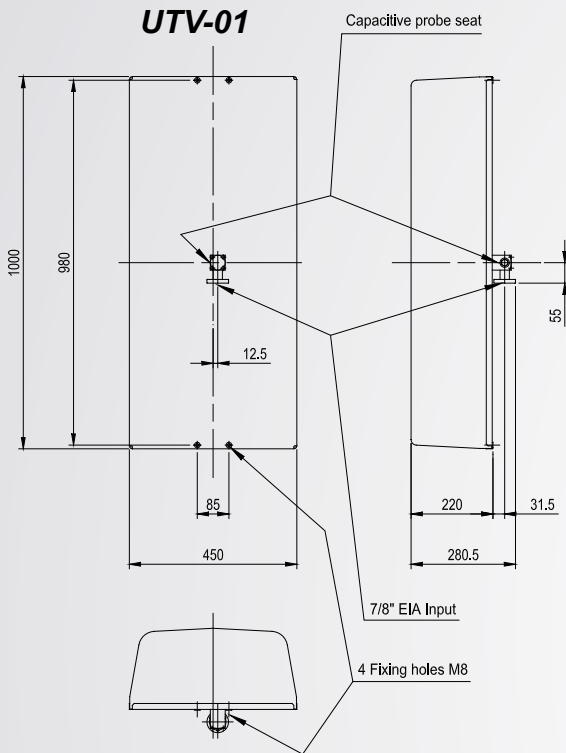


UTV-01/UTV-05

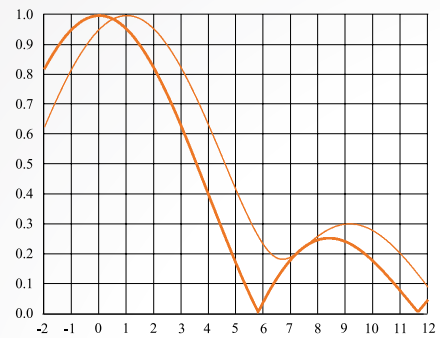
UHF PANEL ANTENNA

DIMENSIONAL DETAILS

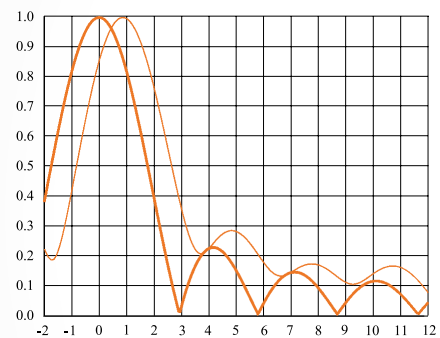
VERTICAL PATTERN



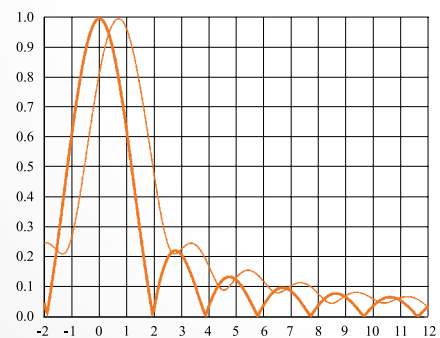
— Without null fill
— With null fill and beam tilt



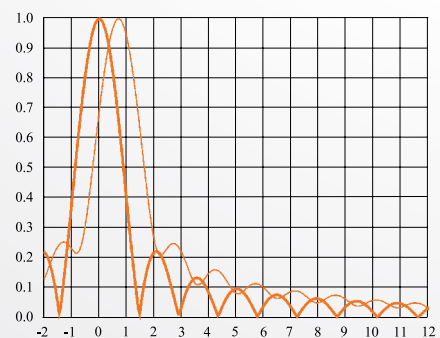
4 BAYS



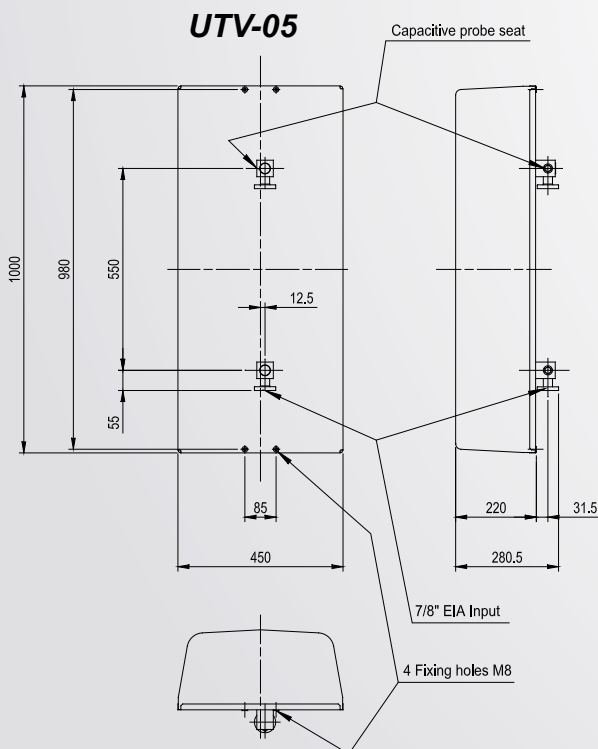
8 BAYS



12 BAYS



16 BAYS



Advanced MIMO OFDM Radio

CableFree 10.5GHz HPR 2x2 MIMO

Overview



About Wireless Excellence

Founded in 1996 and with headquarters in Oxford UK, Wireless Excellence Limited is a leading designer and supplier of outdoor and indoor Broadband Wireless communication products.

With a complete range of solutions including Radio, Microwave, Millimeter-Wave, Free Space Optics, WiFi and 4G/5G/LTE, customers in over 80 countries have chosen Wireless Excellence as the “one stop shop” solution of choice for dependable wireless networking.

About Our OFDM Range

CableFree OFDM Radio solutions deliver the performance, reliable connectivity, and cost-effectiveness that are crucial to modern wireless broadband networks.

Our scalable wireless platform delivers superior performance even in demanding conditions, with the flexibility and features to enable a wide range of applications.

CableFree OFDM Radio technology combines the best hardware and software technology to ensure best possible network performance.

System Features

- Advanced MIMO OFDM Radio Platform
- Raw data rates up to 300Mbps using 2x2 MIMO OFDM
- 10.5GHz band
- Range up to 20km*
- Directional and Sector Antenna options available
- Data Throughput up to 250Mbps*
- Carrier-class OS and resiliency features
- Power-over-Ethernet technology
- Rugged environmental IP67 waterproof enclosure
- 200Km/h Wind Resistance
- LOS Operation
- 2 x 2 MIMO Support
- Modulation up to 64 QAM
- Network interfaces 2x 10/100/1000 GigE
- Optional Fibre Optic SFP Interface with SingleMode (SM), MultiMode (MM), CWDM & DWDM fibre options

*Depends on radio environment and antennas

Applications

- Point-to-Point or Point-to-Multipoint Data network segments
- Wireless ISP or Hotspots
- Resilience for FSO or Fibre links
- Fast Roll-out & Temporary Deployment

Embedded Router Platform

CableFree OFDM radios from Wireless Excellence are high-performance carrier-grade Radio Solutions. They embody state-of-the-art software-defined-radio hardware, coupled with a powerful carrier-class router operating software with advanced Layer 2 Bridging and Layer 3 Routing features:

- High performance CPU, 600MHz MIPS architecture
- IP Bridging
- Layer3 IP Routing
- Advanced Networking features

Enhanced Wireless Performance

CableFree OFDM radios from Wireless Excellence offer major advantages over competing radio products. Examples are:

- Highly configurable – advanced feature set with software defined radio settings
- 300Mbps raw data rate using 2x2 MIMO features offers up to 220-250Mbps throughput
- MIMO OFDM Software-defined radio – ‘state-of-the art’ radio using powerful DSP technology
- Sophisticated Linux-Based software platform
- Extensible Feature Set

Specifications

System Variant	Amber Crystal: WIHPR-MIMO-N-10.5
Performance	
Range	Up to 20km or more with suitable external antennas
Bandwidth	bandwidth up to 250Mbps (300Mbps raw speed) in 2x2 MIMO mode
Power Consumption	10W; 48V fed from Power-over-Ethernet injector; 115/230Vac; optional Uninterruptible Power Supply (UPS)
Operating Temp	-40...+60 deg C
Wireless	
Frequency	10.5GHz: 10.1-10.6GHz (1 MHz step) DFS (Dynamic Frequency Select) feature for regions requiring DFS enabled
Radio Type	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)
Modulation	10.5GHz: OFDM (BPSK, QPSK, 16-, 64- & 256QAM); Dynamic (Adaptable to Conditions)
RF Channels	Software Selectable 5, 10, 20, 40, 80MHz; custom channel widths 7, 14, 28MHz and others
Latency	<3ms
RF Output Power	0-1dBm (standard power version)- TPC (Transmit Power Control), 1dB steps under software control. Maximum power 0dBm. Higher power versions optionally available
Sensitivity @FER=0.08:	54 Mbps OFDM -73 dBm; 48 Mbps OFDM -76 dBm; 36 Mbps OFDM -82 dBm; 24 Mbps OFDM -85 dBm; 18 Mbps OFDM -88 dBm; 12 Mbps OFDM -89 dBm; 11 Mbps OFDM -91 dBm; 9 Mbps OFDM -90 dBm; 6 Mbps OFDM -91 dBm; 5.5Mbps OFDM -92 dBm; 2 Mbps OFDM -93 dBm; 1 Mbps OFDM -94 dBm
Radio Data Rate	10.5GHz (Normal mode): 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps, auto-fallback 10.5GHz (N 2X2 mode): 300, 270, 240, 180, 120, 90, 60, 30 Mbps, auto-fallback
Compatibility	Proprietary modes only work with identical CableFree radios
Radio Architecture	Support ad-hoc, peer-to-peer networks and infrastructure communication to wired Ethernet networks via Access Point
Security	64/128-bit WEP data encryption; WPA, WPA2, TKIP, CCMP, AES; Proprietary modes
Antenna	
Type	For use with External Antennas - waveguide
Gain	Depends on External Antenna
Router Platform	
CPU	600MHz MIPS CPU; 128MB SRAM; 8MB FLASH Memory
System Software	RadioOS- V8+; Remotely Upgradeable via TFTP
Management	Local and Remote configuration, control and administration via Telnet, SSH, HTTP, SNMP protocols
Resilience Features	Network configurations with multiple units allows two complete radio ODU's to be configured with one in 'hot standby' for high-availability applications
Mechanical	
Dimensions (mm)	386x386x70mm
Connectors	External: 10/100/1000 Ethernet: RJ45 ; Waveguide for Antenna. Optional N connector for optional second radio feature
Environmental	IP67
Weight	2kg

Part Numbers

Product Code	Description
HPR-MIMO-N-U-1-10.55	P2P HPR 2x2 MIMO Unit, 10.1-10.6GHz, Single Unit, 300Mbps, 10/100/1000 POE Interface, Waveguide for External antennas
HPR-MIMO-N-B-1-10.55	P2P HPR 2x2 MIMO Bundle, 10.1-10.6GHz, Complete Link, 300Mbps, 10/100/1000 POE Interface, Waveguide for External antennas

T: +44 (0870) 495 9169
E: sales@cablefree.net
W: www.cablefree.net

Wireless Excellence Limited
The Oxford Science Park,
G6, Magdalen Centre
Robert Robinson Avenue,
Oxford OX4 4GA

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΙΩΣΗΣ	
Χαλύβδινη επιψευδαργυρωμένη ράβδος γείωσης Ø20x1500mm Ενδεικτικός κωδικός ΕΛΕΜΚΟ: 63 02 015	
Περιγραφή	
Ράβδος γείωσης, διαμέτρου 20mm και μήκους 1500mm. Κατασκευάζεται από χάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο (St/tZn).	
Τεχνικά χαρακτηριστικά – Οδηγίες εγκατάστασης	
Θέση εγκατάστασης	➤ Εντός εδάφους, εντός σκυροδέματος
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	➤ <0,25 $\mu\Omega\text{m}$
Τάση θραύσεως (εφελκυσμός)	➤ 350 – 770 N/mm ²
Υλικό επιμετάλλωσης	➤ Ψευδάργυρος
Πάχος επιμετάλλωσης	➤ >350 g/m ²
Είδος επιμετάλλωσης	➤ Εν θερμώ
Το ανωτέρω εξάρτημα θα πρέπει να έχει περάσει με επιτυχία τις δοκιμές όπως προβλέπονται από το πρότυπο ΕΛΟΤ IEC/EN 62561-2. Η επιτυχής πραγματοποίηση των δοκιμών αποδεικνύεται με δελτίο αποτελεσμάτων δοκιμών εκδοθέν από εργαστήριο που διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό για την πραγματοποίηση των δοκιμών, ο οποίος πρέπει να αναγράφεται στο δελτίο αποτελεσμάτων δοκιμών.	
Σχέδιο	
	