

**ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΙΙ
ΛΑΓΟΣ ΜΑΡΙΟΣ
8176**



Περιεχόμενα

Σκοπός της μελέτης.....	3
Χαρακτηριστικά νομού Χαλκιδικής.....	3
Γενικά.....	3
Ανάγλυφο.....	4
Πληθυσμιακά.....	5
Πρότυπα-Νομοθεσία.....	7
Σχέδιο Ραδιοκάλυψης.....	10
Εξέταση ραδιοκάλυψης-ραδιοζεύξεων.....	13
Ραδιοκαλύψεις κέντρου εκπομπής και απώλειες.....	15
Επιλογή αναμεταδοτών.....	27
Ραδιοζεύξεις και απώλειες.....	33
Ραδιοκαλύψεις αναμεταδοτών και απώλειες.....	35
Ποιότητα λαμβανόμενου σήματος και ισχύς εκπομπής.....	39
Επιλογή εξοπλισμού.....	43
Κεραίες.....	43
Δέκτες-Καταναλωτές.....	46
Εκπομποί.....	46
Εξοπλισμός ραδιοζεύξης.....	47
Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ).....	51
Εγκατάσταση ΣΑΠ.....	55
Βιβλιογραφία.....	59

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι ο σχεδιασμός της τηλεοπτικής ραδιοκάλυψης του νομού Χαλκιδικής σύμφωνα με την νομοθεσία και τα πρότυπα που ισχύουν στην χώρα μας.

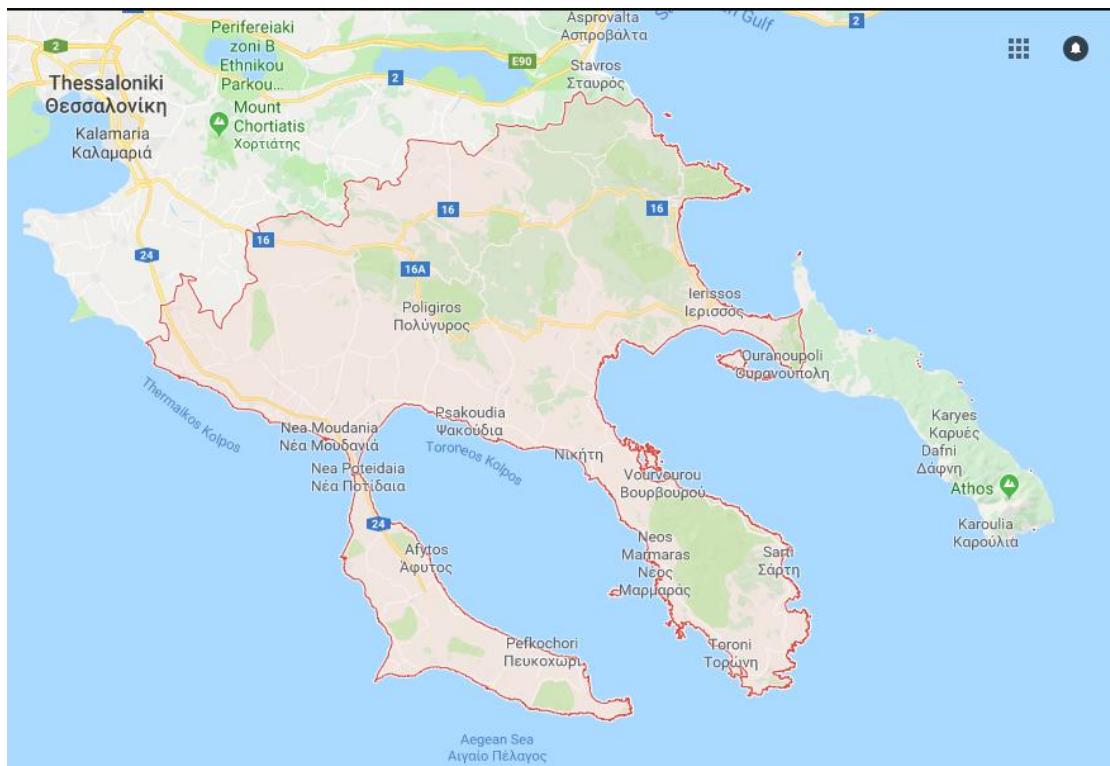
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Ν.ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Η Περιφερειακή Ενότητα Χαλκιδικής είναι μία από τις 74 περιφερειακές ενότητες της Ελλάδας. Αποτελεί τμήμα του γεωγραφικού διαμερίσματος της Μακεδονίας και υπάγεται διοικητικά στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.

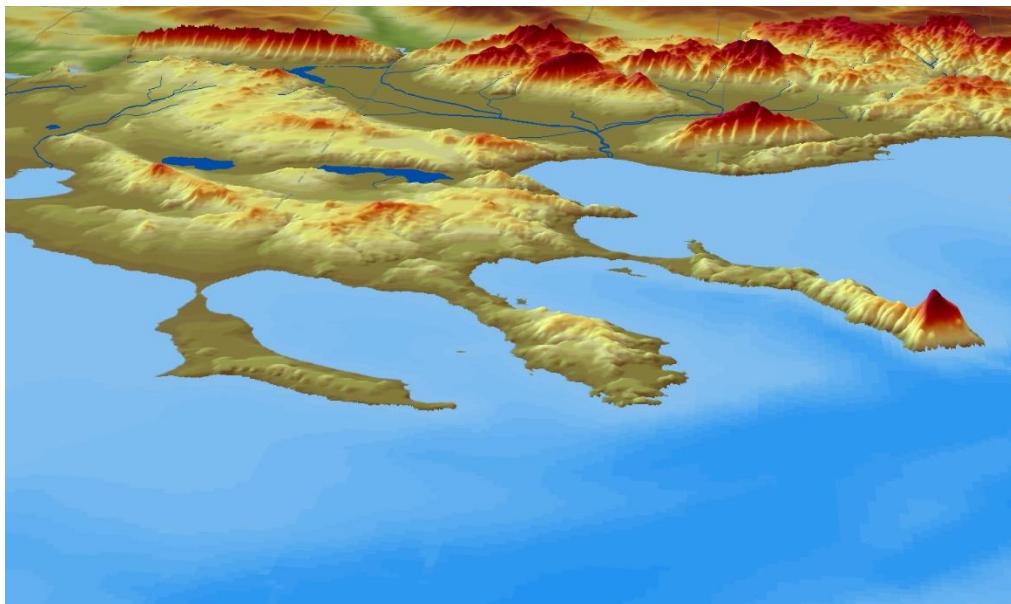
Η Π.Ε. Χαλκιδικής συνορεύει Βόρεια - Βορειοδυτικά με την Π.Ε. Θεσσαλονίκης και ανατολικά με το Άγιο Όρος, ενώ βρέχεται από το Αιγαίο πέλαγος στις υπόλοιπες διευθύνσεις. Περιλαμβάνει γεωγραφικά την χερσόνησο της Χαλκιδικής με το χαρακτηριστικό σχήμα των τριών χερσονήσων ('πόδια της Χαλκιδικής'), πλην του μεγαλύτερου τμήματος της ανατολικότερης χερσονήσου του Αγίου όρους, που είναι διοικητικά ανεξάρτητη.

Πρωτεύοντα του Νομού Χαλκιδικής είναι ο Πολύγυρος με 6.121 κατοίκους. Διοικητικό κέντρο του Αγίου Όρους είναι οι Καρυές. Η χερσόνησος της Χαλκιδικής χωρίζεται διοικητικά στον νομό Χαλκιδικής και στην αυτόνομη μοναστική πολιτεία του Αγίου Όρους. Το βόρειο τμήμα της χερσονήσου ανήκει στον νομό Θεσσαλονίκης.



ΑΝΑΓΛΥΦΟ

Το ανάγλυφο του νομού Χαλκιδικής διαμορφώνεται από μια ορεινή ή ημιορεινή ζώνη που περιλαμβάνει μέρος του βόρειου και του κεντρικού τμήματος. Στο βόρειο τμήμα του νομού απολήγει ο Χορτιάτης με την κορυφή Αδριανό (1.009 μ.), ενώ στο κέντρο περίπου της χερσονήσου υψώνεται ο κατάφυτος Χολομώντας ή Υψίζωνος (1.165 μ.), το κύριο βουνό της Χαλκιδικής, αρκετά εκτεταμένο και με αρκετές δευτερεύουσες κορυφές (Σταυρού Τούμπα 938 μ., Πτούνι 909 μ., Λιαρίγκοβα 821 μ. κ.ά.). Βορειανατολικά βρίσκεται το επίσης κατάφυτο Στρατονικό (820 μ.) που απολήγει, με βορειοδυτική προς νοτιοανατολική κατεύθυνση, έως τον Στρυμονικό κόλπο (ακρωτήριο Ελεύθερον). Μεταξύ Χολομώντα και Στρατονικού υψώνεται το Καστέλι (913 μ.). Στη χερσόνησο του Αγίου Όρους, στο νότιο άκρο της, υψώνεται ο Άθως (2.033 μ.) και στη χερσόνησο της Σιθωνίας, στο κέντρο της, βρίσκεται ο Ίταμος (753 μ.). Χαρακτηριστικό των βουνών της Χαλκιδικής είναι τα πολλά δάση: το μισό σχεδόν έδαφος του νομού καλύπτεται από δάση.

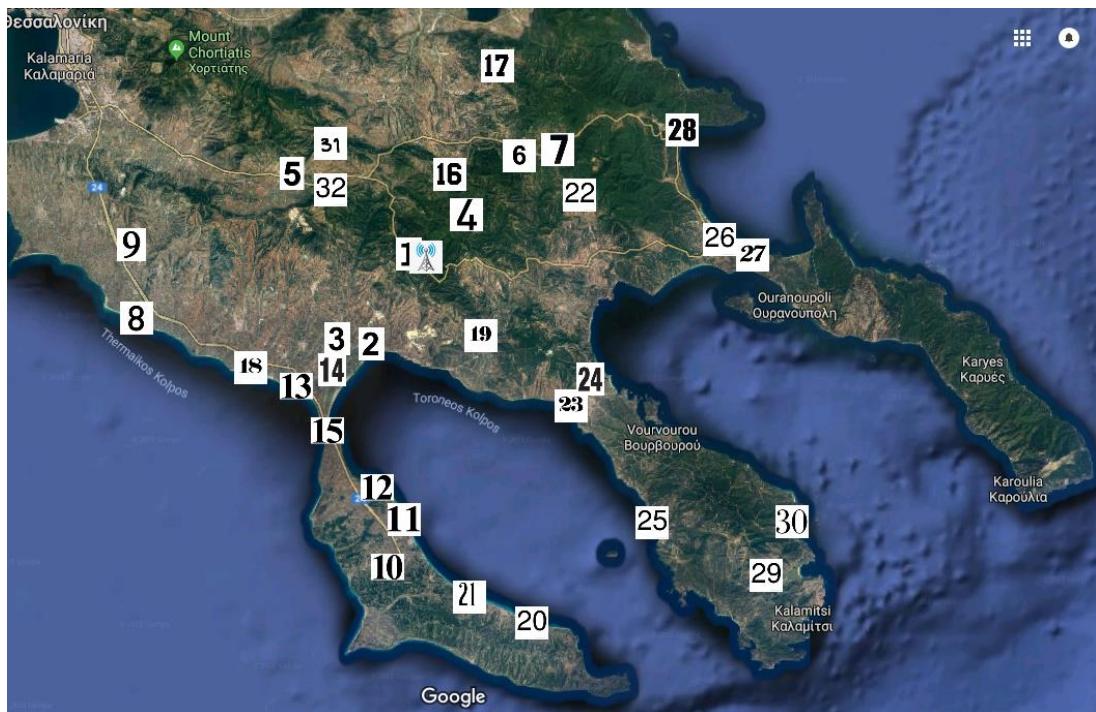


ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, οι 32 σημαντικότεροι πληθυσμιακά οικισμοί (άνω των 1000 κατοίκων που θα μας απασχολήσουν στην ραδιοκάλυψη) είναι οι:

	ΟΙΚΙΣΜΟΙ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
1	Πολύγυρος	5.040
2	Καλύβες Πολυγύρου	1.136
3	Όλυνθος	1.131
4	Ταξιάρχης	1.070
5	Γαλάτιστα	2.662
6	Αρναία	2.253
7	Παλαιοχώρι	1.507
8	Νέα Καλλικράτεια	6.204
9	Λάκκωμα	1.311
10	Κασσάνδρεια	2.801
11	Άφυτος	1.231
12	Νέα Φώκαια	1.721
13	Νέα Μουδανιά	6.475
14	Άγιος Μάμας	1.030
15	Νέα Ποτείδαια	1.588

16	Πορταριά	1.405
17	Σήμαντρα	2.503
18	Φλογητά	1.520
19	Ορμύλια	3.272
20	Πευκοχώρι	1.655
21	Πολύχρονο	1.063
22	Μεγάλη Παναγία	2.727
23	Νικήτη	2.769
24	Άγιος Νικόλαος	1.925
25	Νέος Μαρμαράς	2.854
26	Ιερισσός	3.046
27	Νέα Ρόδα	1.148
28	Στρατώνι	1.174
29	Συκιά	2.353
30	Σάρτη	1.157
31	Νέα Τρίγλια	2.905
32	Νέα Πλάγια	1.249



Πρότυπα

Το πρότυπο που ακολουθούμε για την ραδιοκάλυψη του νομού είναι το Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T). Το πρότυπο DVB-T χρησιμοποιεί διαμόρφωση COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). Αυτή η διαμόρφωση, που χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό υποφερουσών, μεταδίδει ένα ανθεκτικό σήμα με δυνατότητα διαχείρισης δύσκολων συνθηκών καναλιού. 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

Μπορεί να λειτουργήσει σε κανάλια εύρους 6, 7 ή 8MHz (με video στα 50Hz ή 60Hz). Ο συνδυασμός των παραπάνω χαρακτηριστικών επιτρέπει την προσαρμογή ενός δικτύου DVB-T για τη σωστή ισορροπία μεταξύ ανθεκτικότητας και χωρητικότητας. Τα δίκτυα μπορούν να σχεδιαστούν για να αποδίδουν πολλαπλές υπηρεσίες: SDTV, ραδιόφωνο, αμφίδρομες υπηρεσίες, HDTV ή ακόμα και μετάδοση δεδομένων IP.

Νομοθεσία

Με την υπ' αριθμόν 4800/05-10-2012 κοινή υπουργική απόφαση, που δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 2704, καθορίστηκε ο χάρτης συχνοτήτων επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής τηλεοπτικού σήματος. Για την υπηρεσία αυτή διατίθενται συνολικά 40 ραδιοδιάυλοι έυρους 8 MHz κατανεμημένοι στις συχνότητες 470-790MHz .Η διαμόρφωση των σημάτων θα είναι ψηφιακή και συγκεκριμένα 64QAM με διόρθωση λαθών FEC 3/4 και χρόνο ασφαλείας GI 1/8. Η χώρα χωρίζεται σε 34 περιοχές(allotments) και για κάθε περιοχή η νομοθεσία ορίζει τα επιτρεπτά κέντρα εκπομπής και τα κανάλια συχνοτήτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα διάφορα τηλεοπτικά κανάλια. Τέλος, για την επιλογή πιθανών αναμεταδοτών λάβαμε υπόψη μας τα παρακάτω όπως αυτά αναγράφονται στην απόφαση: «Για την γεωγραφικά πληρέστερη και τεχνικά αρτιότερη ραδιοκάλυψη μονοσυχνικού δικτύου επιτρέπεται η εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών συμπληρωματικής κάλυψης (gap fillers), σύμφωνα με τις διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας. Η εγκατάσταση των σταθμών συμπληρωματικής κάλυψης (gap fillers) πραγματοποιείται σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις από τον πάροχο του δικτύου» και «Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των σταθμών συμπληρωματικής κάλυψης (gap fillers) δηλώνονται στην ΕΕΤΤ πριν την εγκατάσταση τους και λειτουργούν αποκλειστικά και μόνο στους ραδιοδιάυλους που επιτρέπεται να

χρησιμοποιήσει ο πάροχος στη συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή σύμφωνα με το δικαίωμα χρήσης ραδιοσυχνοτήτων που κατέχει»

Ακόμη, λάβαμε υπόψη μας την απόφαση υπ' αριθμ. Οικ. 17225/655/10-3-2006 «Εγκριση του Εθνικού Κανονισμού Κατανομής Ζωνών Συχνοτήτων» για την επιλογή της συχνότητας στην οποία θα πραγματοποιούνται οι ραδιοζεύξεις που θα χρειαστούν.

Ο νομός Χαλκιδικής σύμφωνα με την νομοθεσία ανήκει στο allotment 6. Παρακάτω παρουσιάζονται τα σημεία που οριθετούν το allotment 6 σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση 4800/05-10-2012.

6	XALKIDIKI	0	23E4019,77	39N5526,70
6	XALKIDIKI	1	23E2335,79	39N5817,68
6	XALKIDIKI	2	23E0147,80	40N1959,67
6	XALKIDIKI	3	23E0906,77	40N3254,68
6	XALKIDIKI	4	23E2717,72	40N4501,70
6	XALKIDIKI	5	23E4654,68	40N4629,72
6	XALKIDIKI	6	24E1942,67	40N0916,74

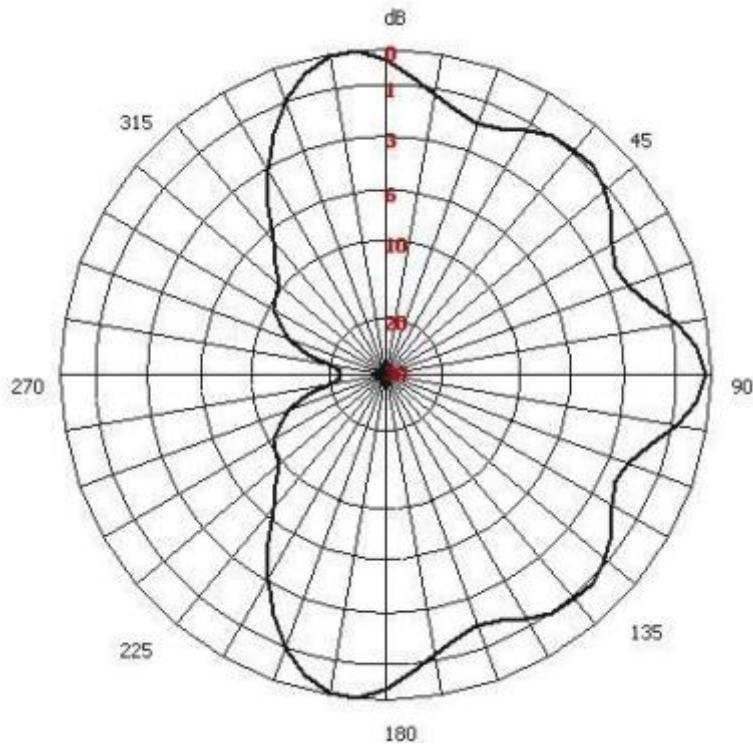


Η Κοινή Υπουργική Απόφαση καθορίζει επίσης τις θέσεις των απαραίτητων κέντρων εκπομπής καθώς και την μέγιστη επιτρεπτή ενεργό ισοτροπικά ακτινοβολούμενη ισχύ (EIRP) αλλά και τα διαγράμματα ακτινοβολίας τους.

Στον νομό Χαλκιδικής υπάρχει ένα κέντρο εκπομπής με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

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					

Το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας που χρησιμοποιείται :



Για καλύτερη αντίληψη της τοποθέτησης της κεραίας με βάση το διάγραμμα ακτινοβολίας της παρουσιάζεται η παρακάτω φωτογραφία όπως δημοσιεύθηκε στην κοινή υπουργική απόφαση 42800/2012.



Σχέδιο Ραδιοκάλυψης

Με βάση την παραπάνω νομοθεσία , ο νομός Χαλκιδικής ανήκει στην περιοχή 6. Στην περιοχή αυτή εκχωρούνται τα κανάλια 50 και 54 για ιδιωτικούς τηλεοπτικούς σταθμούς . Επιλέγουμε το **κανάλι 54** με κεντρική συχνότητα στα **738 MHz** ως τη **συχνότητα εκπομπής** του σταθμού μας.

Επίσης σύμφωνα με την νομοθεσία, η ζώνη 10.7-11.7 GHz είναι η επιτρεπόμενη για δισημειακές ραδιοζεύξεις. Επιλέγονται τα **11 GHz** ως η **συχνότητα** που θα πραγματοποιηθούν οι **ραδιοζεύξεις** που θα χρειαστούν. Προκύπτει $\lambda=2.7$ cm.

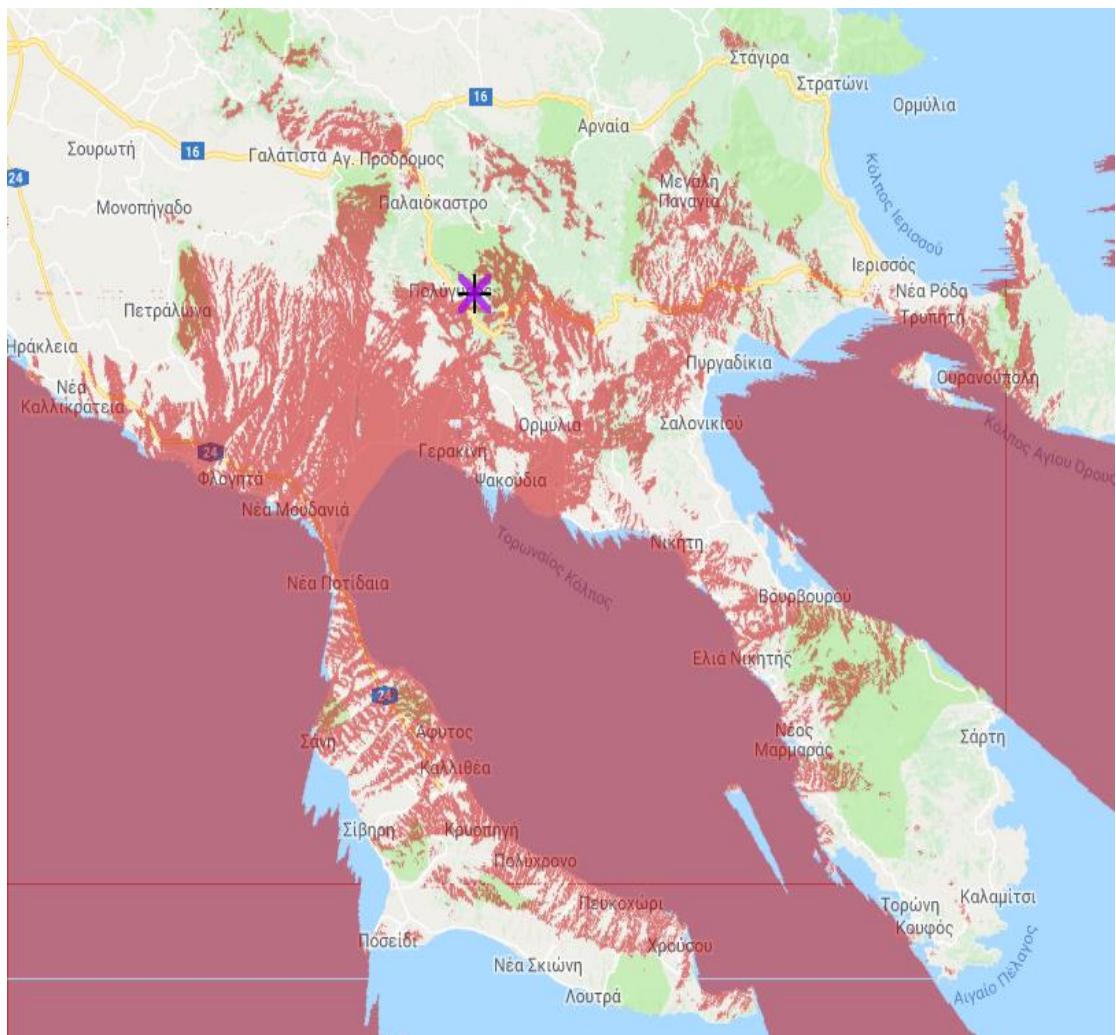
Επίσης η νομοθεσία ορίζει ένα μοναδικό επιτρεπτό κέντρο εκπομπής για το allotment 6 και ως εκ τούτου επιλέγεται ως η θέση τοποθέτησης του κύριου πομπού του νομού. Το κέντρο εκπομπής με κωδική ονομασία "ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ", γνωστό ως "ΤΣΟΥΚΑΛΑΣ" βρίσκεται στη θέση $40^{\circ}22'43.29''\text{N}$ $23^{\circ}28'2.07''\text{E}$ στη περιοχή Σταυρού Τούμπα στη κορυφή Τσουκαλάς, όνομα με το οποίο είναι ευρύτερα γνωστό το συγκεκριμένο κέντρο εκπομπής, του όρους Χολομώντα σε υψόμετρο 921 μ. Είναι το βασικό κέντρο εκπομπής της Χαλκιδικής, καλύπτοντας τον Πολύγυρο, το δυτικό κομμάτι της περιφερειακής ενότητας, συμπεριλαμβανομένων των Νέων Μουδανιών και το εσωτερικό των χερσονήσων Κασσάνδρας και Σιθωνίας, επιτυγχάνοντας έτσι τη μεγαλύτερη πληθυσμιακή κάλυψη για την περιφερειακή ενότητα. Το σήμα από τον Τσουκαλά φτάνει και σε αρκετά σημεία των απέναντι νομών Πιερίας και Ημαθίας.

Αφού είναι ορισμένο από την νομοθεσία, είναι σαφές ότι καλύπτονται οι βασικές απαιτήσεις για ηλεκτροδότηση και υπάρχει ή εύκολη προσέγγιση του για συντήρηση.

Στην εικόνα φαίνεται το κέντρο εκπομπής ‘Τσουκαλάς’.



Παρακάτω παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός χάρτης των περιοχών που καλύπτει το βασικό κέντρο εκπομπής (με κόκκινο οι περιοχές που έχουν line of sight με την κεραία και καλύπτονται επιτυχώς) το οποίο δημιουργήθηκε με τα εργαλεία της ιστοσελίδας <http://heywhatsthat.com/>.



Όπως θα δούμε και στην μελέτη μέσα από τις αντίστοιχες μηκοτομές, η επιλογή του κέντρου εκπομπής ‘Τσουκαλάς’ ως σημείο του κύριου πομπού μας δημιουργεί προβλήματα ραδιοκάλυψης σημαντικών περιοχών όπως η Αρναία, η Ιερισσός, τα Γαλάτιστα καθώς και οικισμών κοντά τους.

Τα studio των κυριότερων τοπικών τηλεοπτικών σταθμών (ATLAS TV, TV SUPER ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ, TV ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ) εκπέμπουν από τα Νέα Μουδανιά, οπότε και εμείς αυτό θα πάρουμε σαν σημείο τοποθέτησης του studio του σταθμού μας.

Από την αντίστοιχη μηκοτομή της ραδιοζεύξης studio - κύριος πομπός (όπως φαίνεται και παρακάτω) καταλαβαίνουμε ότι πραγματοποιείται ζεύξη μεταξύ τους.

Με βάση τα παραπάνω χρειάζεται η τοποθέτηση αναμεταδότη που θα ραδιοκαλύπτει τις περιοχές που δεν εξυπηρετεί ο κύριος πομπός.

Εξέταση ραδιοκάλυψης-ραδιοζεύξεων

Το εργαλείο λογισμικού, που χρησιμοποιήσαμε για την μελέτη της ραδιοκάλυψης των οικισμών και των ραδιοζεύξεων που χρειάστηκαν, είναι το [http://heywhatsthat.com./](http://heywhatsthat.com/).

Για να αποφύγουμε τα πολύπλοκα μοντέλα ραδιοκάλυψης, θεωρούμε ό,τι υπάρχει μόνο το απευθείας κύμα και παραλείπουμε ανακλώμενα, περιθλώμενα κύματα κ.α.

Όσον αφορά τις απώλειες λαμβάνουμε υπόψιν την διάδοση στον ελεύθερο χώρο ,τα εμπόδια που εισέρχονται στα ελλειψοειδή Fresnel πρώτης τάξεως και τις απώλειες P/Z εξωτερικού χώρου (οφείλονται σε εμπόδια που βρίσκονται στη γήινη επιφάνεια (κτήρια, δέντρα κτλ). Για τον υπολογισμό αυτών των απωλειών θα χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο Hata-Okumura.

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

Όπου ,

h_{eff} το βασικό ύψος του πομπού σε μέτρα πάνω από το μέσο ύψος του εδάφους ,

$c(h_r)$ είναι ο διορθωτικός παράγοντας του ύψους της κεραίας και διαφέρει ανάλογα με το περιβάλλον διάδοσης (dense urban, suburban and open)

h_r είναι το ύψος της κινητής κεραίας του δέκτη πάνω από το έδαφος σε μέτρα.

Για μεγάλες πόλεις είναι

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

ενώ για ημιαστικές περιοχές

$$C(hr)= (1.10 * \log f - 0.70) hr - (1.56 * \log f - 0.80)$$

Το μοντέλο έχει κάποιους περιορισμούς, όπως συχνότητα:150 – 1500 MHz, απόσταση πομπού-δέκτη: 1 - 20 km, h_{eff} 30 – 200 m, hr 1 - 10 m.

Επομένως με το μοντέλο θα αναλυθούν όσες περιοχές βρίσκονται σε απόσταση <20km από την κεραία και μόνο για τις κεραίες εκπομπής χαμηλότερες των 200 m.

Όλες οι περιοχές θα θεωρηθούν ημιαστικές ,πλην της πρωτεύουσας, του Πολύγυρου που θα θεωρηθεί αστική . Θεωρούμε ότι οι κεραίες εκπομπής βρίσκονται 15m πάνω από το έδαφος, ενώ οι κεραίες λήψεις 10.

Γνωρίζουμε πως μπορούμε να θεωρήσουμε ότι έχουμε line of sight(LOS) μεταξύ 2 σημείων όταν στο ελλειψοειδές Fresnel πρώτης τάξης δεν υπάρχει κανένα εμπόδιο.

Για τις απώλειες διάδοσης στον ελεύθερο χώρο χρησιμοποιήσαμε τον τύπο:

$$L = 122 + 20\log(d) - 20\log(\lambda) - G_t - G_r$$

όπου d είναι η απόσταση μεταξύ των κεραιών εκπομπής και λήψης σε χιλιόμετρα (km) και λ το μήκος κύματος σε εκατοστά (cm), G_t, G_r τα κέρδη των κεραιών εκπομπής και λήψης.

Για διευκόλυνση στους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε ο online calculator <http://www.qsl.net/pa2ohh/jsffield.htm> .

Τα εμπόδια που εμφανίζονται στις ζεύξεις θεωρούνται αιχμηρά. Η αδιάστατη παράμετρος u, υπολογίζεται με τον εξής τύπο:

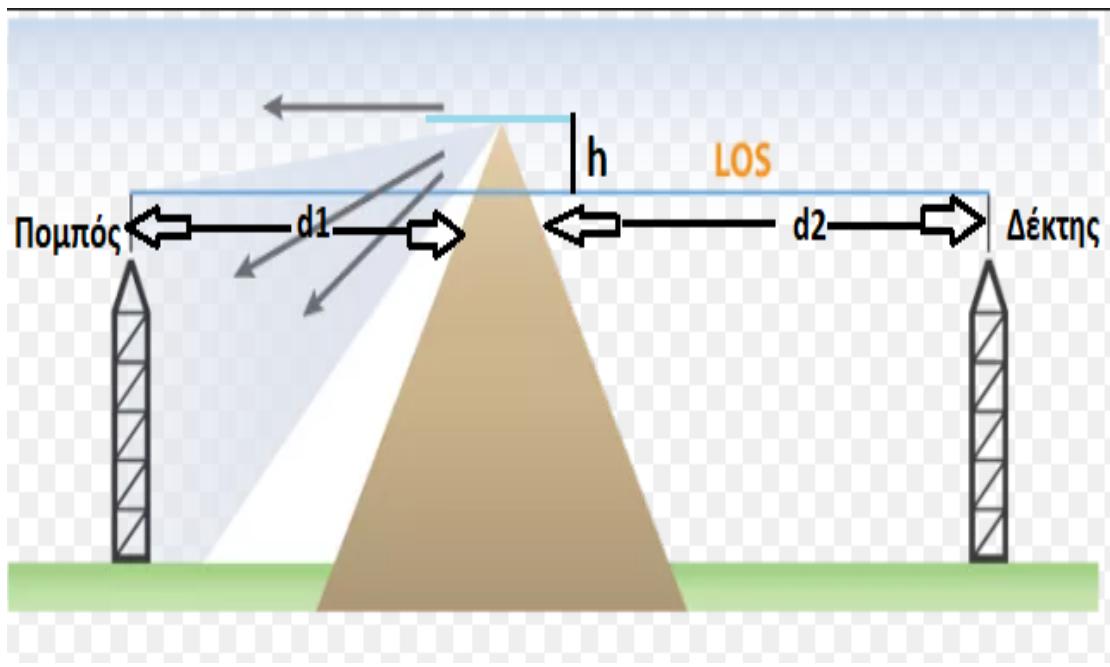
$$u = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{d_1 + d_2}{d_1 * d_2} \right)}$$

όπου:

h : ύψος της κορυφής του εμποδίου υπεράνω της νοητής ευθείας, που συνδέει τα δύο άκρα της διαδρομής. Εάν η κορυφή του εμποδίου βρίσκεται κάτω από αυτήν την γραμμή, το h είναι αρνητικό ειδάλλως είναι θετικό.

d_1 και d_2 : αποστάσεις των δύο ακρών της διαδρομής από την κορυφή του εμποδίου

λ: το μήκος κύματος.



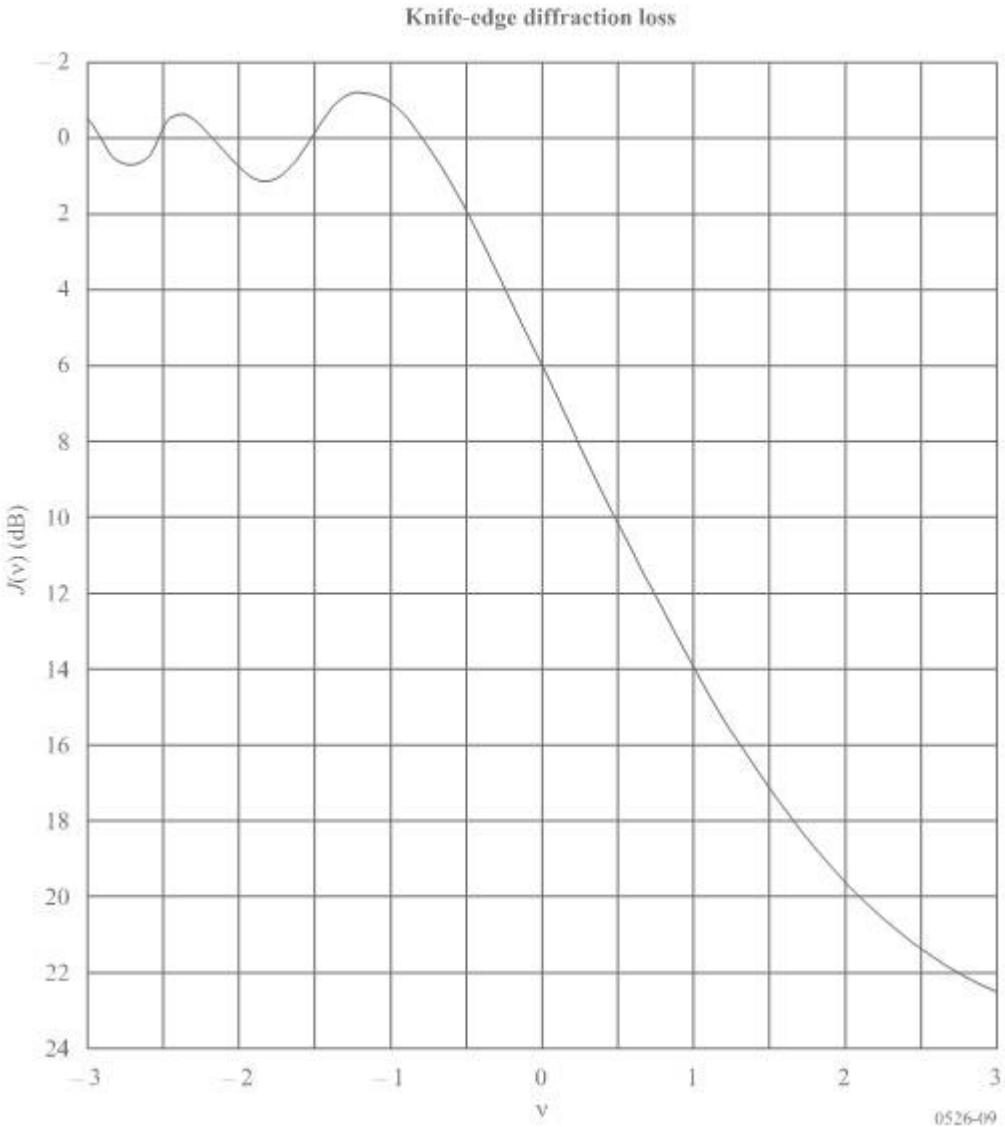
Οι συνολικές απώλειες περίθλασης δίνονται από την σχέση:

$$J(u) = 6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(u - 0.1)^2 + 1} + u - 0.1 \right) \text{ (dB), όταν } u > -0.7 .$$

Το λογισμικό μας δίνει την καθαρότητα της ζώνης Fresnel (clarity), οπότε κάνουμε την μετατροπή,

$$u = -\sqrt{2} \frac{h}{F_1} \text{ όπου } \frac{h}{F_1} = 2 * (\text{clarity} - 0.5)$$

Το παρακάτω διάγραμμα μας δείχνει τις απώλειες περίθλασης αν γνωρίζουμε τον αδιάστατο παράγοντα περίθλασης Fresnel-Kirchoff, u.



Κατά την διάρκεια του υπολογισμού των μηκοτομών θεωρήσαμε ότι οι κεραίες λήψης βρίσκονται 10 m πάνω από το έδαφος, οι κεραίες εκπομπής 15m και ότι η γη είναι σφαιρική.

Για τις απώλειες

Ραδιοκαλύψεις κέντρου εκπομπής και απώλειες

Σε όλες τις παρακάτω μηκοτομές αριστερά στο σχήμα βρίσκεται ο πομπός και δεξιά ο δέκτης. Παρουσιάζονται οι μηκοτομές από το βασικό κέντρο εκπομπής ‘Τσουκαλάς’ με τους κυριότερους οικισμούς του νομού.

Για τον υπολογισμό των απωλειών θυμίζουμε ότι χρησιμοποιούμε τον δίαυλο 54 με κεντρική συχνότητα 738 MHz και μήκος κύματος 40.6 cm, ενώ για τις ραδιοζεύξεις τη συχνότητα 11 GHz με μήκος κύματος 2.7 cm.

Επίσης θεωρούμε ότι τα κέρδη των κεραιών είναι 10 dB (θα δούμε παρακάτω ότι χρησιμοποιούμε την κεραία 4DR-4S της εταιρείας Kathrein με περίπου 10 dB κέρδος) για τον πομπό και 10dB για τον δέκτη(θεωρούμε ότι στον δέκτη υπάρχει εγκαταστημένη κεραία Yagi-Uda με κέρδος 10 dB).

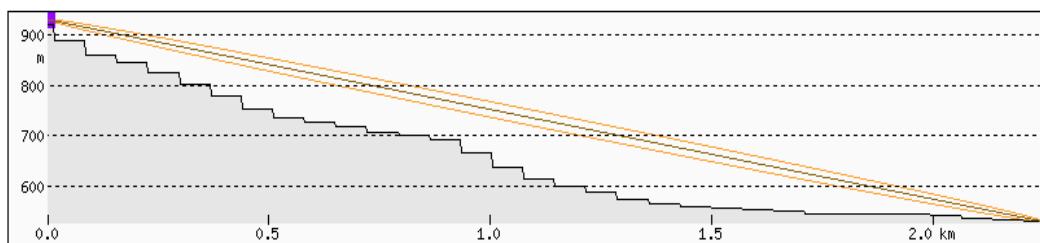
Όλα τα εμπόδια στις ζεύξεις θεωρούνται αιχμηρά.

Οι υπολογισμοί έγιναν με την βοήθεια του online calculator.

<http://www.qsl.net/pa2ohh/jsffield.htm>

Ραδιοκαλύψη Τσουκαλάς-Οικισμοί

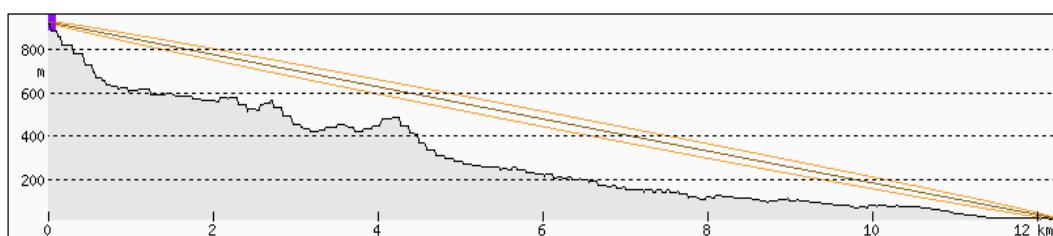
1) Τσουκαλάς-Πολύγυρος



Απόσταση = 2km και υπάρχει line of sight(los) επικοινωνία, αφού δεν υπάρχει κανένα εμπόδιο

Απώλειες διάδοσης $L \approx 122 + 20 \log(2) - 20 \log(41) - 10 - 10 = 76$ dB

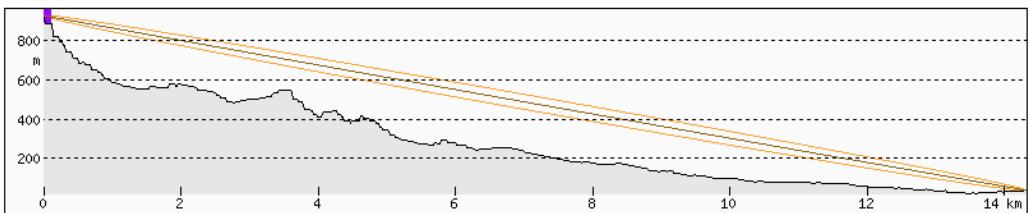
2) Τσουκαλάς-Καλύβες Πολυγύρου



Υπάρχει line of sight(los) επικοινωνία.

Απώλειες διάδοσης: $L \approx 96$ dB

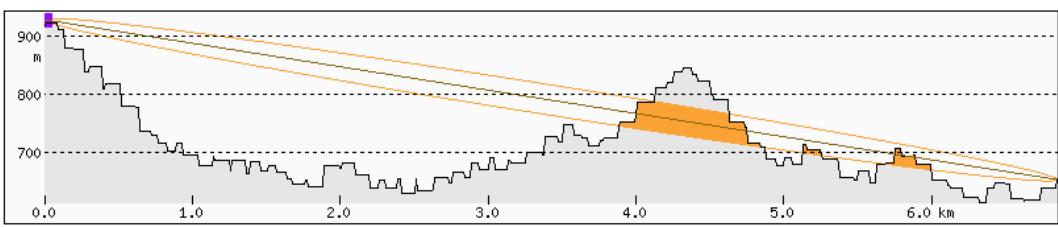
3) Τσουκαλάς-Ολυνθος



Υπάρχει los επικοινωνία

Απώλειες διάδοσης: $L \approx 93 \text{ dB}$

4) Τσουκαλάς-Ταξιάρχης



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται εμπόδια. Ενδεικτικά ,υπολογίζουμε τις απώλειες ,για να αποδείξουμε ότι όντως είναι τεράστιες. Τα εμπόδια θεωρούνται σφαιρικά.

Απώλειες διάδοσης $L \approx 87 \text{ dB}$

Απώλειες περίθλασης πρώτου σφαιρικού αντικειμένου:

Η απώλεια περίθλασης υπολογίζεται από τον τύπο :

$A = J(v) + T(m,n)$, όπου $J(v)$ η απώλεια Fresnel- Kirchoff ενός ισοδύναμου αιχμηρού εμποδίου που τοποθετείται με την κορυφή του στο μέγιστο σημείο και $T(m,n)$ η επιπρόσθετη εξασθένιση λόγω της κυρτότητας του εμποδίου: .

$$u = 0.0316 h \sqrt{\frac{2(d_1+d_2)}{\lambda d_1 d_2}} = 5.5$$

$$J(u) = 6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(5.5 - 0.1)^2 + 1} + 5.5 - 0.1 \right) \approx 27.6 \text{ dB}$$

Και $T(m,n) = k * m^b$

$$\text{Όπου } n = h \left[\frac{\pi * R}{\lambda} \right]^{2/3} / R = 49$$

$$m = R \left[\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2} \right] / (\pi R / \lambda)^{\frac{1}{3}} = 0,004$$

$$b = 0.73 + 0.27 [1 - \exp (- 1.43 n)] = 1$$

$$k=8.2+12*n=596.2$$

άρα $T=2.39$ dB

Άρα οι συνολικές απώλειες $A=2.39+27.6=30$ dB

Εφόσον κάποιο εμπόδιο είναι πολύ υψηλότερο του άλλου η κορυφή του πρώτου εμποδίου δρα ως πηγή για τη περίθλαση πάνω στο δεύτερο. Άρα $d1 \approx 1.3$ km και $d2 \approx 1.4$ km

Άρα απώλειες δεύτερου εμποδίου που παρεμβάλλεται στο los:

$$u=1.7 \text{ και } J \approx 15.1 \text{ dB}$$

$$n=45.4$$

$$m=0.0022$$

$$b=1$$

$$k=553$$

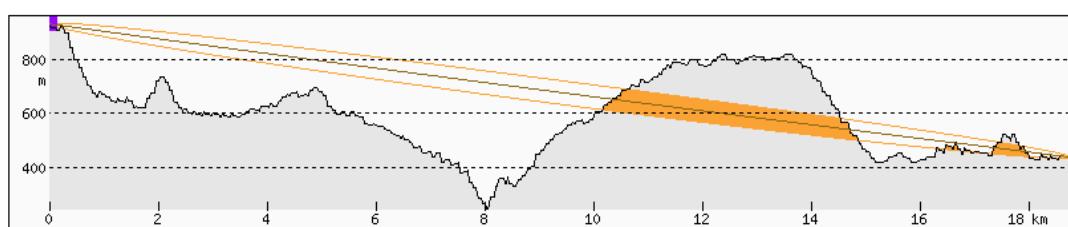
άρα $T=1,2$ dB

Επομένως οι συνολικές απώλειες $L \approx 87+30+15.1+1.2 \approx 133$ dB.

Οι απώλειες είναι όντως μεγάλες, άρα θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

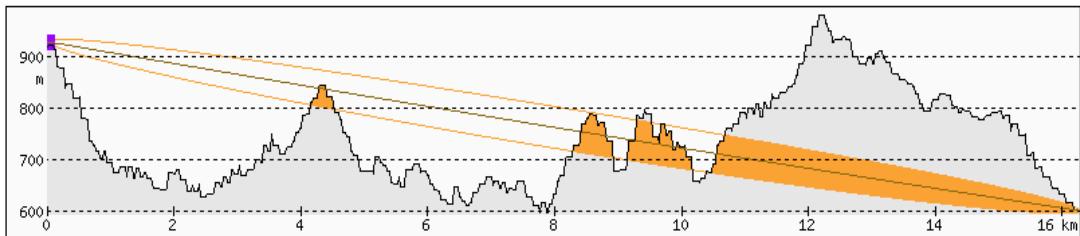
Όπως βλέπουμε όταν δεν υπάρχει los επικοινωνία και η νοητή ευθεία περνάει πολύ κάτω από την κορυφή των βουνών είτε μέσα από πολλά εμπόδια, οι απώλειες είναι πολύ μεγάλες. Δε θα τις υπολογίσουμε περαιτέρω αναλυτικά για τον κύριο πομπό, αφού οι περιοχές αυτές θα καλυφθούν από αναμεταδότη.

5) Τσουκαλάς-Γαλάτιστα



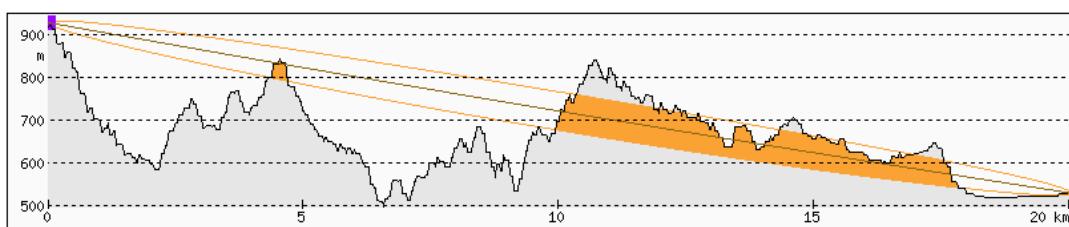
Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται εμπόδια παρόμοια με πριν. Θα χρησιμοποιηθεί αναμεταδότης.

6) Τσουκαλάς-Αρναία



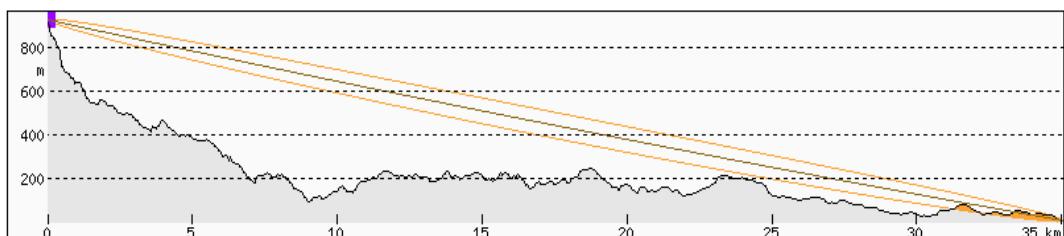
Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται τεράστια εμπόδια.
Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

7) Τσουκαλάς-Παλαιοχώρι



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλεται εμπόδιο.
Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

8) Τσουκαλάς-Νέα Καλλικράτεια



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλεται εμπόδιο.
Απώλειες διάδοσης $L \approx 101$ dB
Έχουμε 29% καθαρότητα περιοχής Fresnel άρα $u=0.59$ και από το διάγραμμα παίρνουμε άλλα 11 dB απώλειες λόγω περίθλασης.
Επομένως οι συνολικές απώλειες $L \approx 101+11=122$ dB.

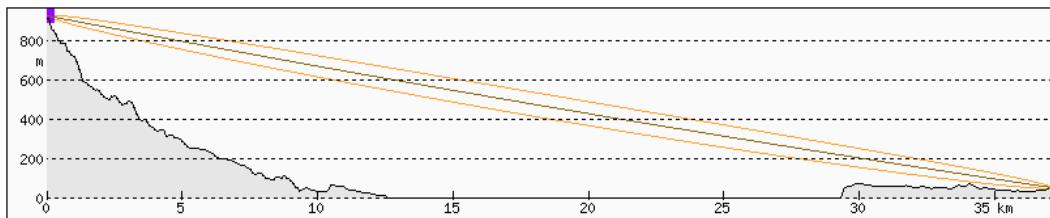
9) Τσουκαλάς-Λάκκωμα



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται εμπόδια.

Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

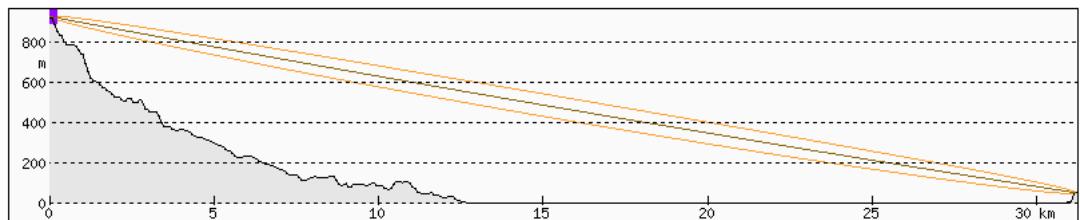
10) Τσουκαλάς-Κασσάνδρεια



Υπάρχει los επικοινωνία

Απώλειες διάδοσης: $L \approx 101$ dB

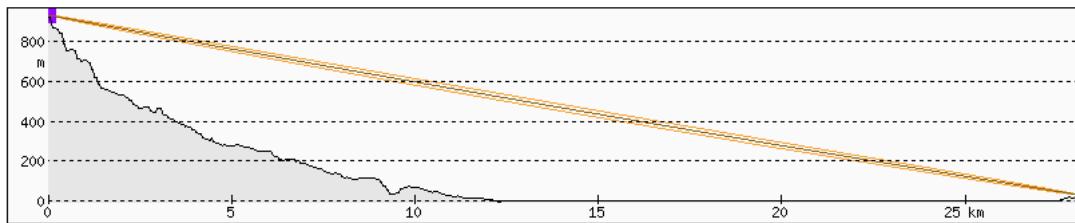
11) Τσουκαλάς-Άφυτος



Υπάρχει los επικοινωνία

Απώλειες διάδοσης: $L \approx 100$ dB

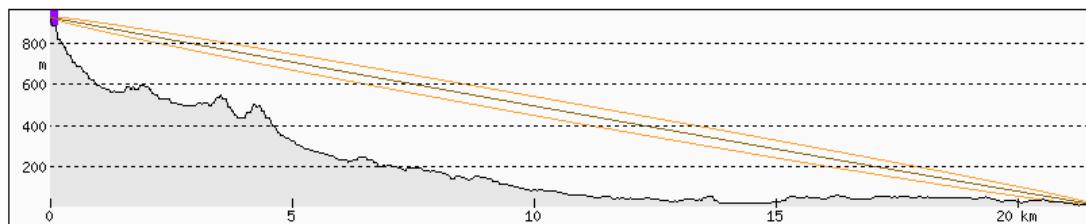
12) Τσουκαλάς-Νέα Φώκαια



Υπάρχει los επικοινωνία

Απώλειες διάδοσης: $L \approx 98$ dB

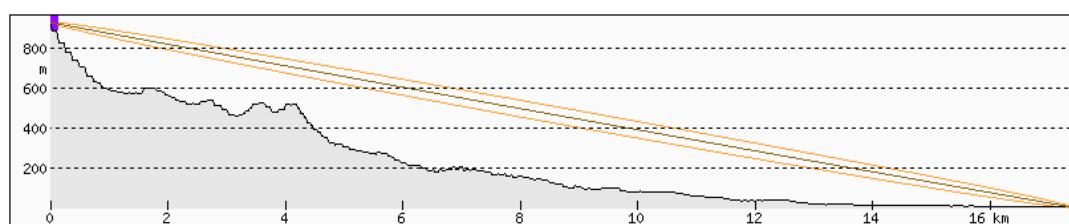
13) Τσουκαλάς- Νέα Μουδανιά



Απόσταση = 22km και υπάρχει line of sight(los) επικοινωνία, αφού δεν υπάρχει κανένα εμπόδιο

Απώλειες διάδοσης: $L \approx 97$ dB

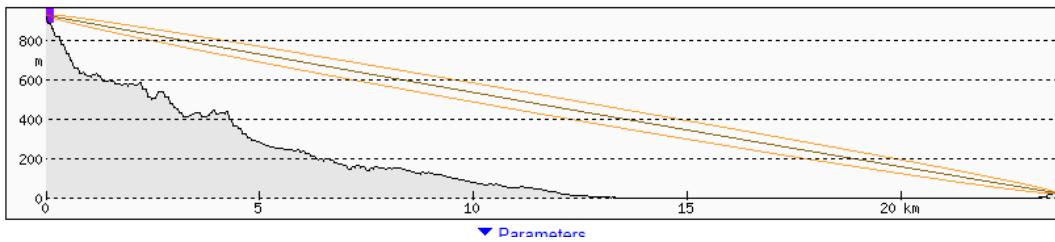
14) Τσουκαλάς-Άγιος Μάμας



Υπάρχει los επικοινωνία

Απώλειες διάδοσης: $L \approx 94$ dB

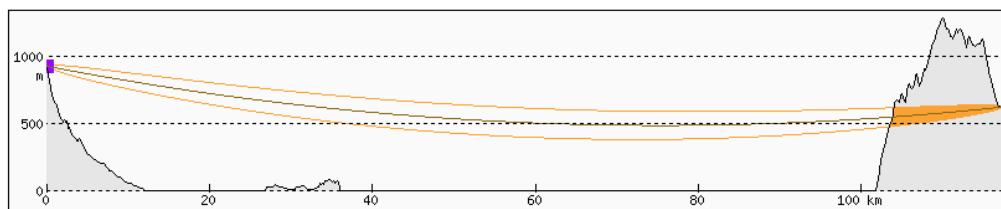
15) Τσουκαλάς-Νέα Ποτείδαια



Υπάρχει los επικοινωνία

Απώλειες: $L \approx 97$ dB

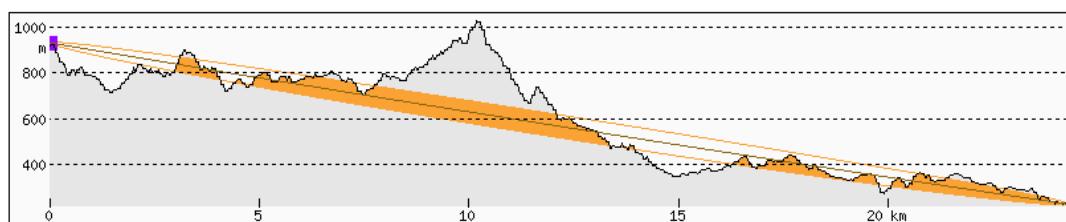
16) Τσουκαλάς-Πορταριά



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλεται τεράστιο εμπόδιο.

Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

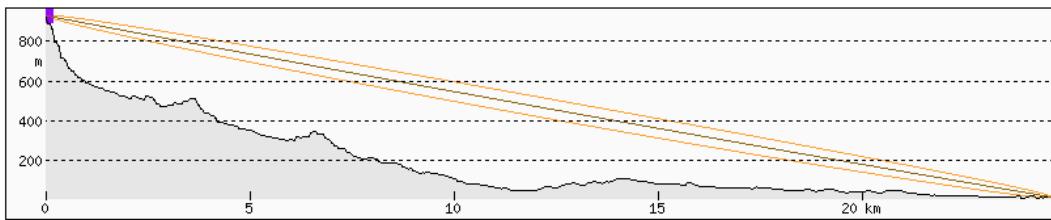
17) Τσουκαλάς-Σήμαντρα



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται τεράστια εμπόδια.

Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

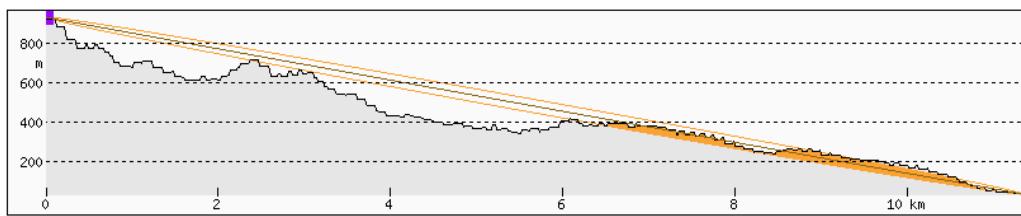
18) Τσουκαλάς-Φλογητά



Υπάρχει los επικοινωνία

Απώλειες διάδοσης: $L \approx 98$ dB

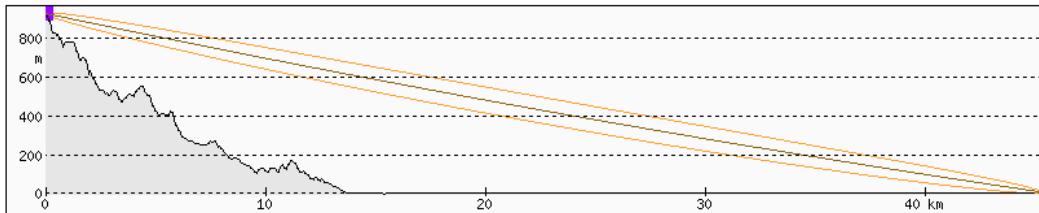
19) Τσουκαλάς-Ορμύλια



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού εμπόδια.

Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

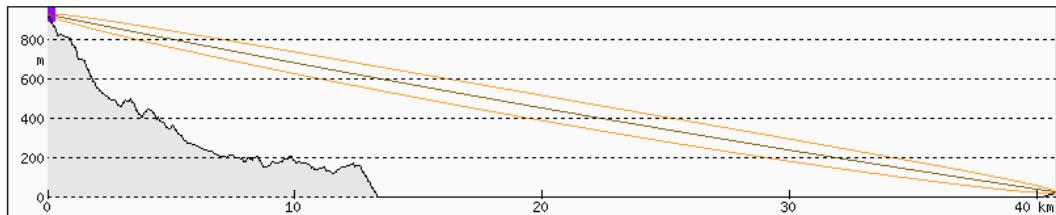
20) Τσουκαλάς-Πενκοχώρι



Υπάρχει los επικοινωνία

Απώλειες διάδοσης: $L \approx 103$ dB

21) Τσουκαλάς-Πολύχρονο



Υπάρχει los επικοινωνία

Απώλειες διάδοσης: $L \approx 102$ dB

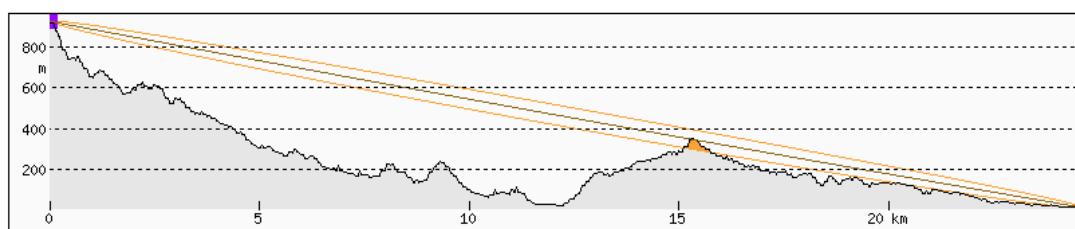
22) Τσουκαλάς-Μεγάλη Παναγία



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται εμπόδια.

Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

23) Τσουκαλάς-Νικήτη



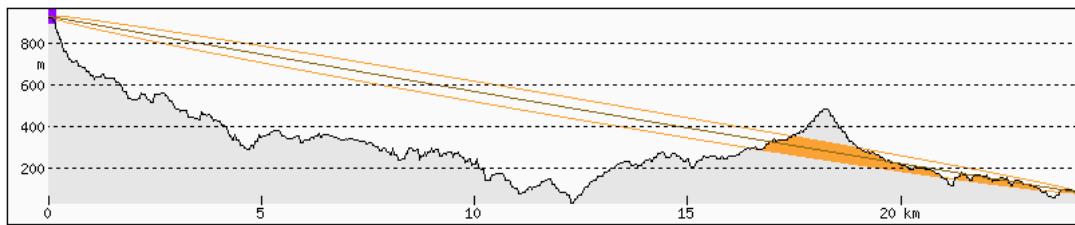
Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλεται εμπόδιο.

Απώλειες διάδοσης $L \approx 98$ dB

Έχουμε 53% καθαρότητα περιοχής Fresnel άρα $\mu = -0.85$ και από το διάγραμμα παίρνουμε άλλα 2 dB απώλειες λόγω περίθλασης.

Επομένως οι συνολικές απώλειες $L = 98 + 2 = 100$ dB.

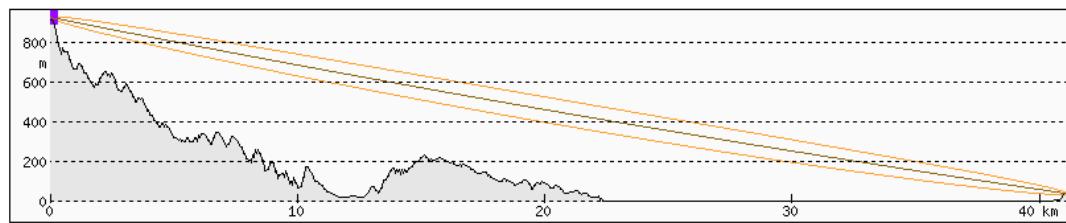
24) Τσουκαλάς-Άγιος Νικόλαος



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται εμπόδια.

Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

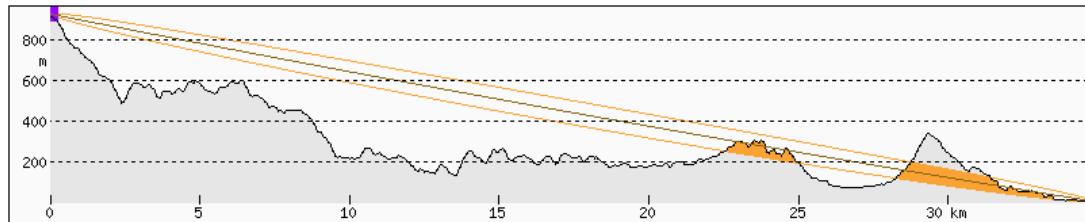
25) Τσουκαλάς-Νέος Μαρμαράς



Υπάρχει los επικοινωνία

Απώλειες διάδοσης: $L \approx 102$ dB

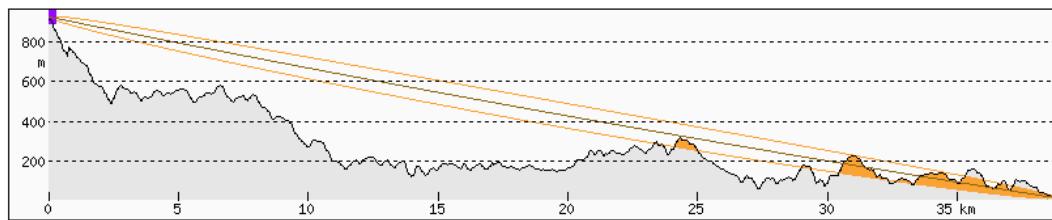
26) Τσουκαλάς-Ιερισσός



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται εμπόδια.

Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

27) Τσουκαλάς-Νέα Ρόδα



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται εμπόδια.

Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

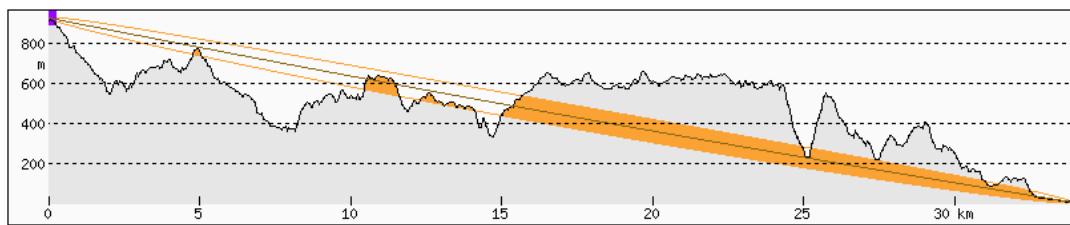
28) Τσουκαλάς-Συκιά



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται τεράστια εμπόδια.

Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

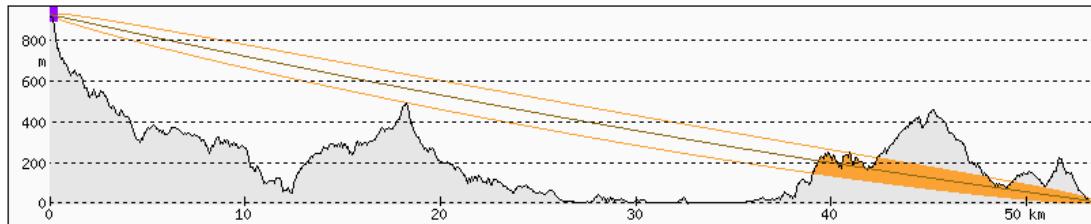
29) Τσουκαλάς-Στρατώνι



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται τεράστια εμπόδια.

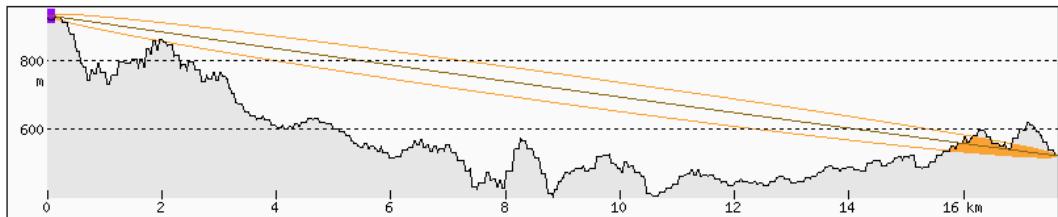
Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

30) Τσουκαλάς-Σάρτη



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται τεράστια εμπόδια.

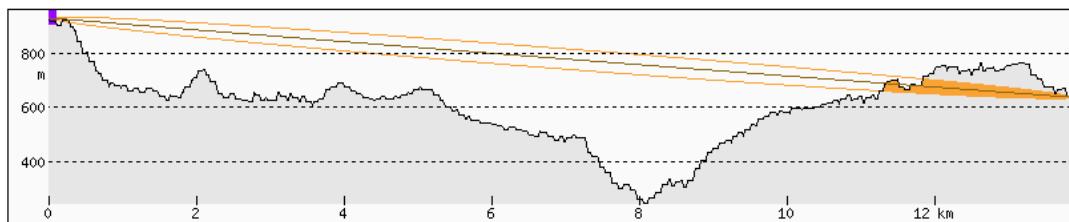
31) Τσουκαλάς-Νέα Τρίγλια



Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται τεράστια εμπόδια.

Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

32) Τσουκαλάς-Νέα Πλάγια

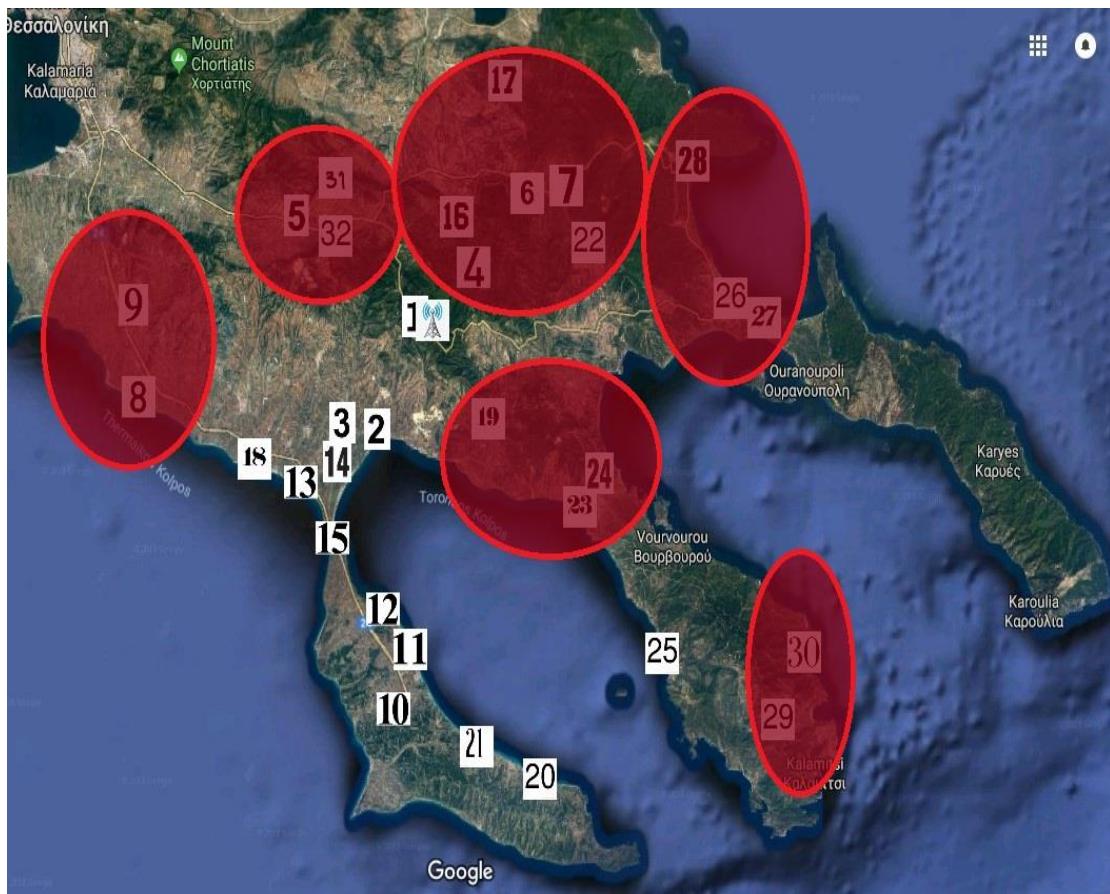


Δεν υπάρχει los επικοινωνία, αφού παρεμβάλλονται τεράστια εμπόδια.

Θα καλυφθεί από αναμεταδότη.

Επιλογή αναμεταδοτών

Παρατηρούμε ότι 20 από τις 32 περιοχές αντιμετωπίζουν πρόβλημα ραδιοκάλυψης. Στον παρακάτω χάρτη φαίνονται με κόκκινο οι οικισμοί που δεν επικοινωνούν με τον κύριο πομπό μας.

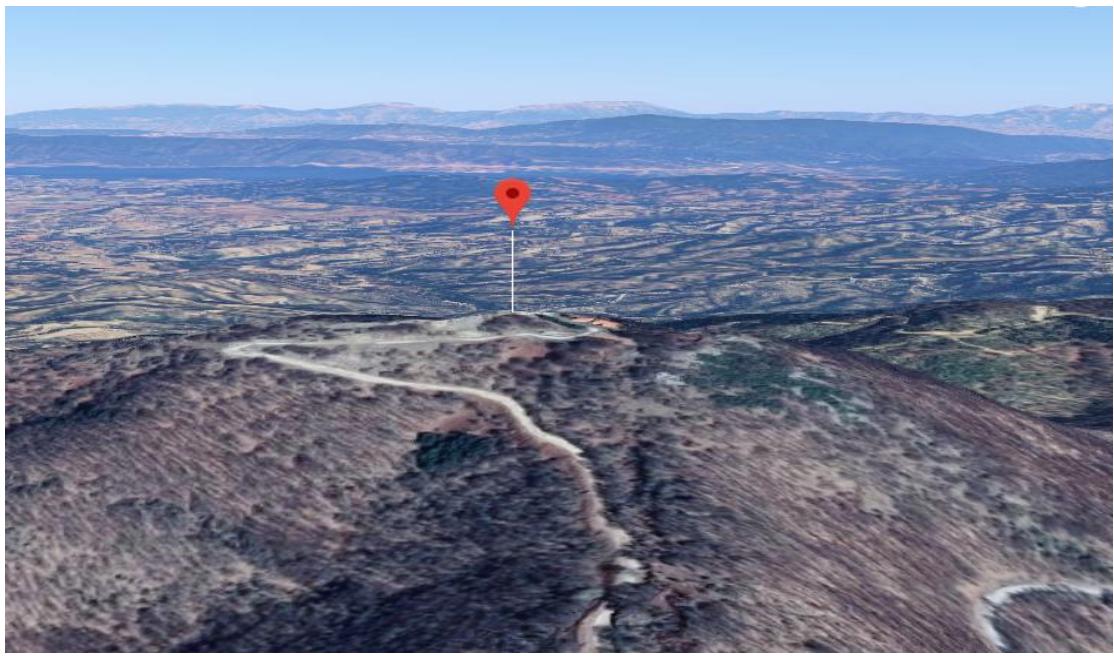


Επιλέχθηκαν 6 αναμεταδότες που έχουν οπτική επαφή με το κέντρο εκπομπής Τσουκαλάς. Ένας στο όρος Χολομώντα ([40.459167 N 23.518333 E](#)) (1), κοντά στο χωριό Ταξιάρχης ,ένας κοντά στα χωριά Κρήνη και Πετράλωνα ([40.392765 N 23.176362 E](#)) (2), ένας κοντά στα Ορμύλια ([40.28 N 23.593333 E](#))(3),ένας κοντά στο Παλαιοχώρι ([40.488333 N 23.69 E](#))(4) , ένας κοντά στην Μεγάλη Παναγιά ([40.445 N 23.661667 E](#))(5) και ένας κοντά στο Γομάτι ([40.395 N 23.8125 E](#))(6).

Όλοι οι αναμεταδότες βρίσκονται κοντά σε χωριά ή σε δρόμους, οπότε είναι εφικτή η ηλεκτροδότηση τους και η προσέγγιση τους για τυχόν συντήρηση.

Παρακάτω φαίνονται φωτογραφίες των αναμεταδοτών από δορυφόρο για να δούμε ότι είναι όντως εύκολα προσβάσιμοι.

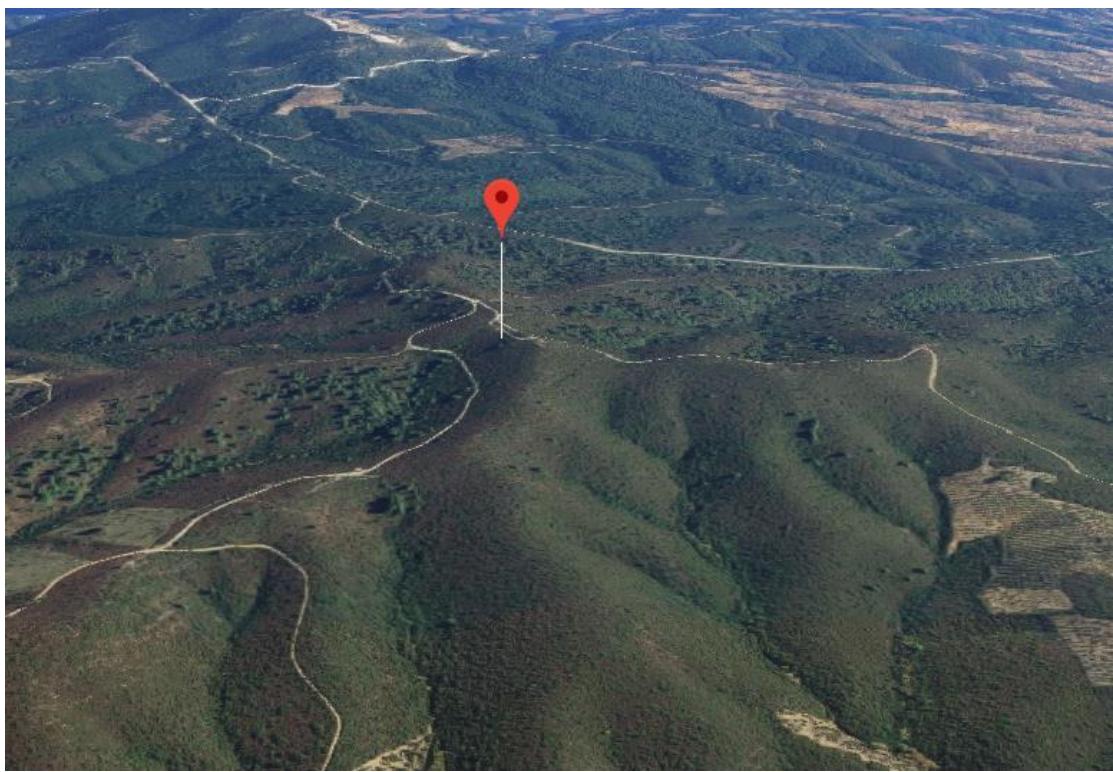
Αναμεταδότης Χολομώντας



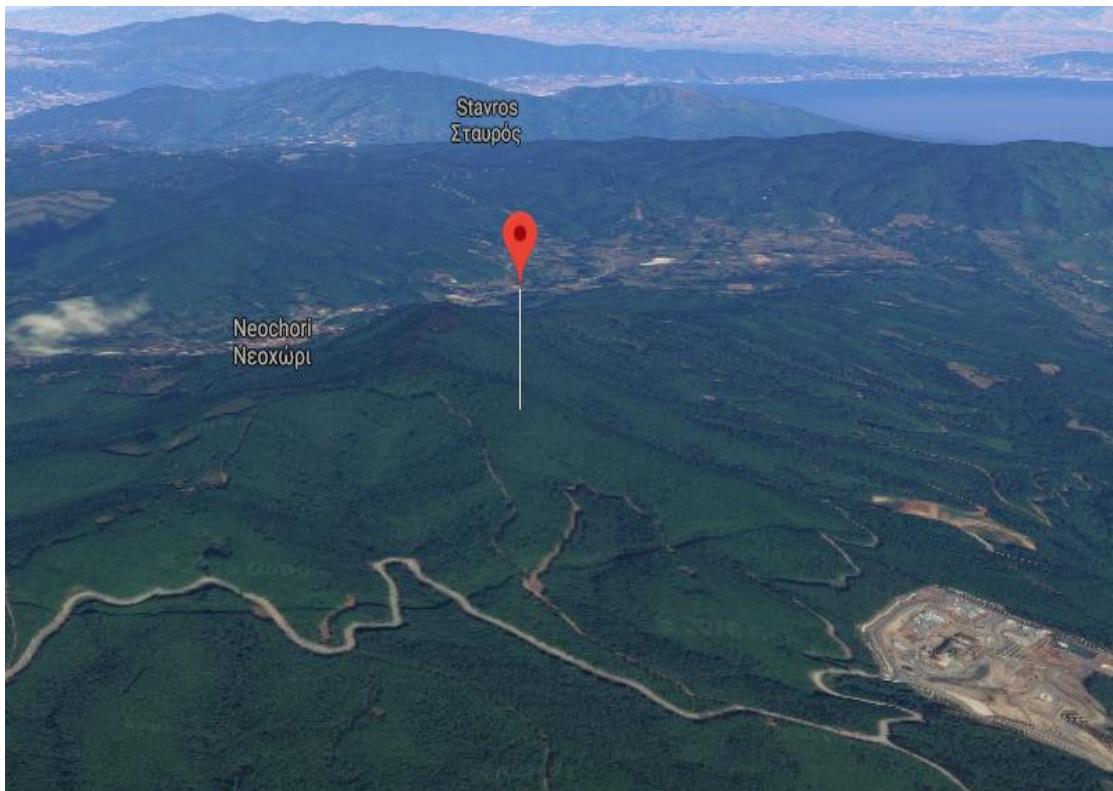
Αναμεταδότης Κρήνη



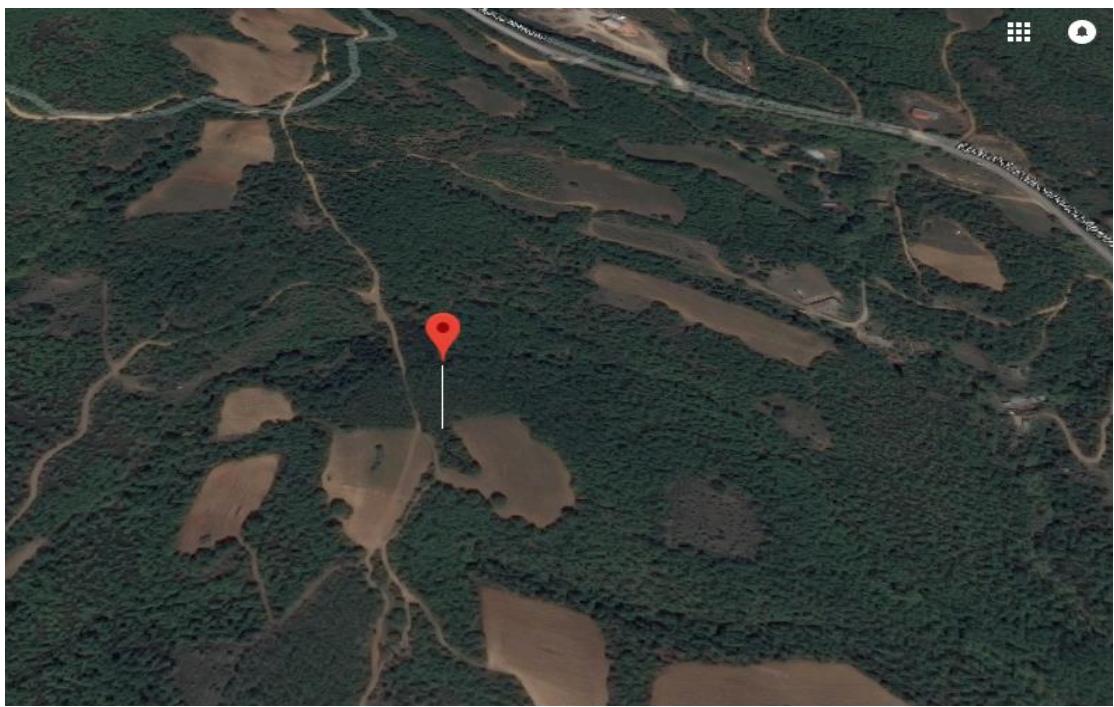
Αναμεταδότης Ορμόλια



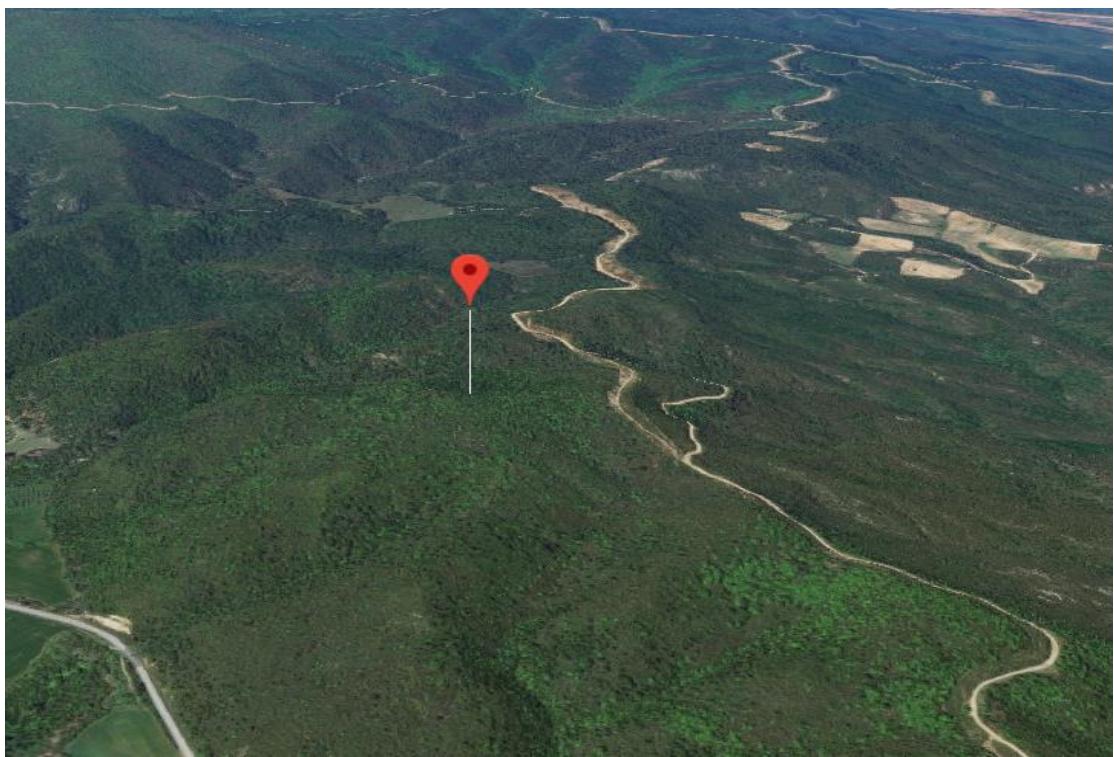
Αναμεταδότης Παλαιοχώρι



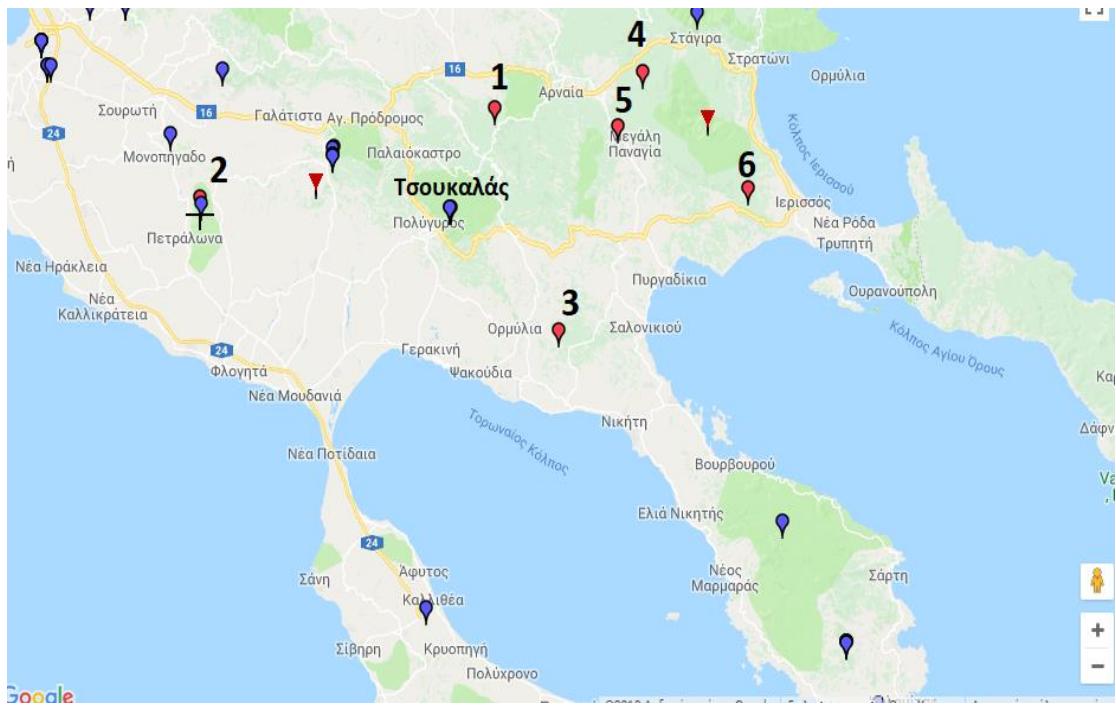
Αναμεταδότης Μεγάλη Παναγιά



Αναμεταδότης Γομάτι



Οι αναμεταδότες καθώς και το βασικό κέντρο εκπομπής φαίνονται στον παρακάτω χάρτη.

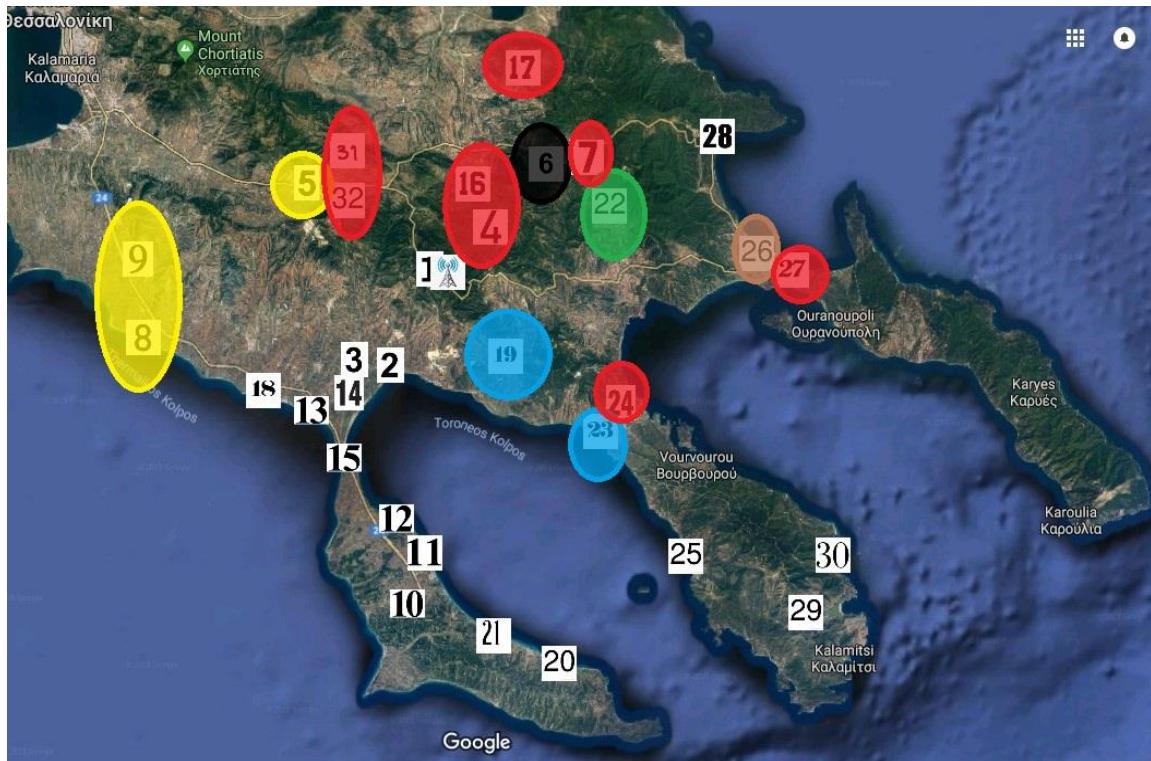


Για τις περιοχές Στρατώνι (1174 κάτοικοι), Συκιά (2353) και Σάρτη (1157) λόγω δυσκολης γεωγραφικής θέσης είναι δύσκολο να βρεθεί αναμεταδότης με χαμηλές απώλειες, οπότε δε θα ασχοληθούμε μαζί τους.

Μπορούν να καλυφθούν ευκολότερα και με μικρότερο κόστος τοποθετώντας έναν αναμεταδότη που θα λαμβάνει το τηλεοπτικό σήμα δορυφορικά.

Στον παρακάτω πίνακα και στον χάρτη φαίνεται ποιες περιοχές καλύπτει ο κάθε αναμεταδότης (οι περιοχές που περισσεύουν καλύπτονται από τον βασικό πομπό).

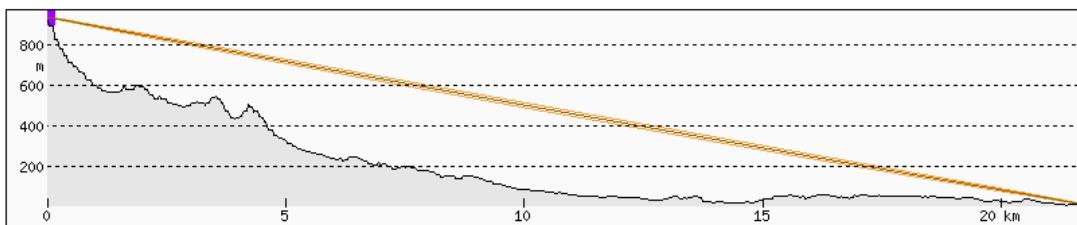
1	Ταξιάρχης	Παλαιοχώρι	Πορταριά	Σήμαντρα	Άγιος Νικόλαος	Νέα Ρόδα	Νέα Τρίγλια	Νέα Πλάγια
2	Γαλάτιστα	Νέα Καλλικράτεια	Λάκκωμα					
3	Ορμούλια	Νικήτη						
4	Αρναία							
5	Μεγάλη Παναγιά							
6	Ιερισσός							



Ραδιοζεύξεις και απώλειες

Παρακάτω φαίνονται οι μηκοτομές του κύριου πομπού με τους αναμεταδότες και το studio του σταθμού μας. Βλέπουμε ότι επιτυγχάνεται σε όλους ραδιοζεύξη. Για τον υπολογισμό των απωλειών πήραμε κέρδος κεραιών 40 dB (από την κεραία VHLP3-11W της Andrew Solutions που επιλέξαμε παρακάτω) και συχνότητα 11 GHz.

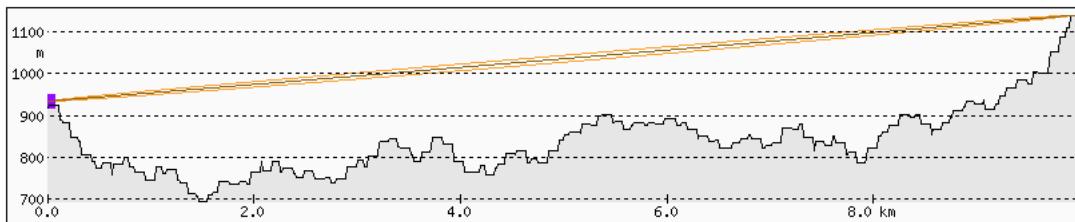
Ραδιοζεύξη studio(Nέα Μονδανιά)-Τσουκαλάς



Απόσταση = 22km και υπάρχει line of sight(los) επικοινωνία, αφού δεν υπάρχει κανένα εμπόδιο

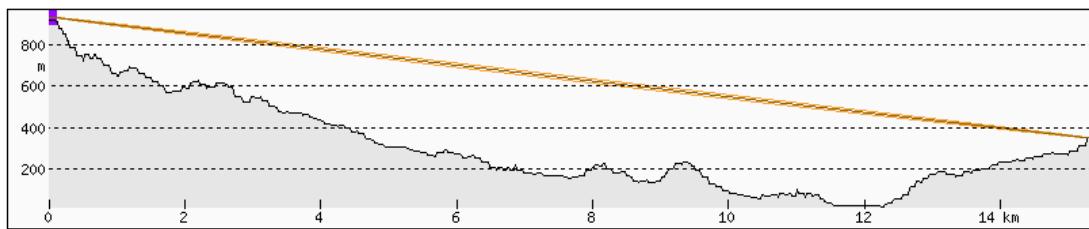
Απώλειες $L \approx 60$ dB

Τσουκαλάς-Χολομώντας(1)



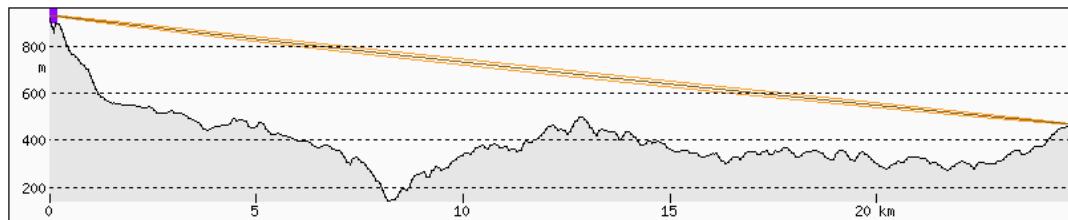
L=53 dB

Τσουκαλάς-Ορμόλια(3)



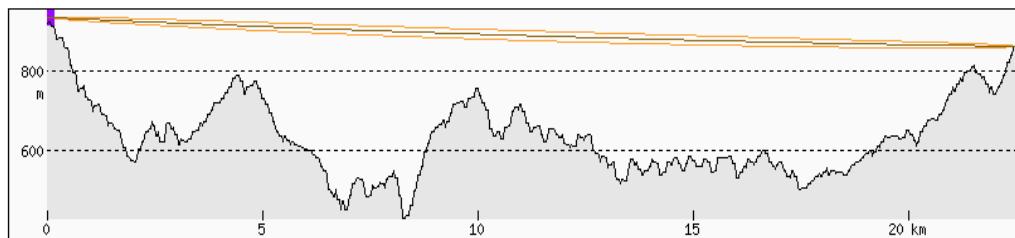
L=57 dB

Τσουκαλάς-Κρήνη(2)



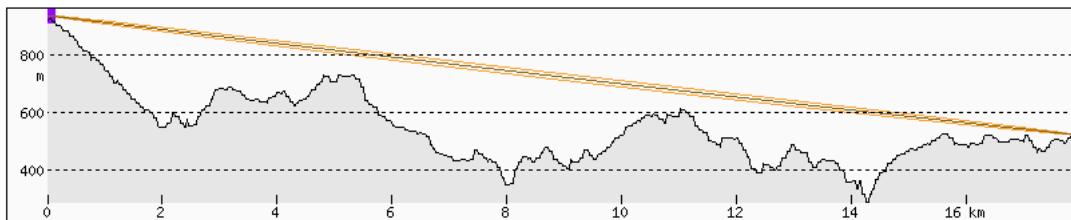
L=61 dB

Τσουκαλάς-Παλαιοχώρι (4)



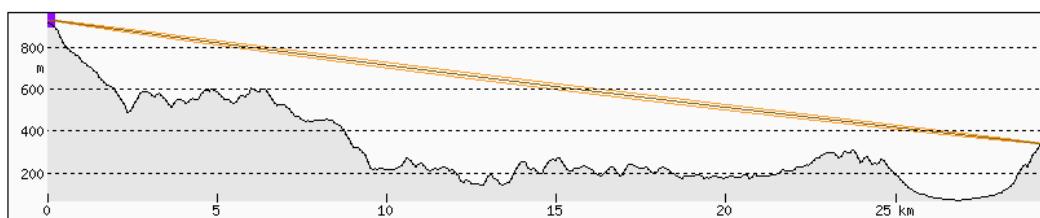
L=60 dB

Τσουκαλάς-Μεγάλη Παναγία (5)



L=58 dB

Τσουκαλάς-Γομάτι (6)



L=62.5 dB

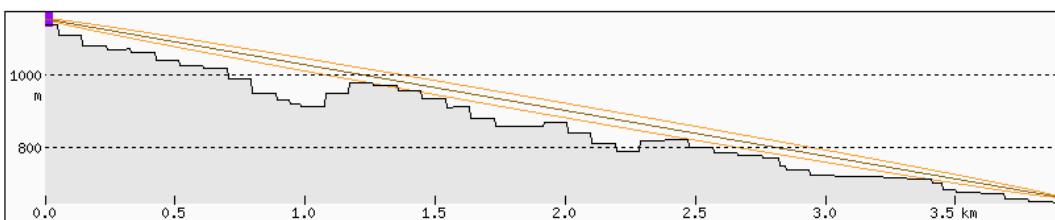
Ραδιοκαλύψεις αναμεταδοτών και απώλειες

Παρακάτω φαίνονται οι μηκοτομές των αναμεταδοτών με τις περιοχές που ραδιοκαλύπτει ο καθένας. Οι κεραίες και η συχνότητα είναι ακριβώς οι ίδιες με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν για τις ραδιοκαλύψεις του κέντρου εκπομπής.

Βλέπουμε ότι σε όλους επιτυγχάνεται ραδιοκάλυψη.

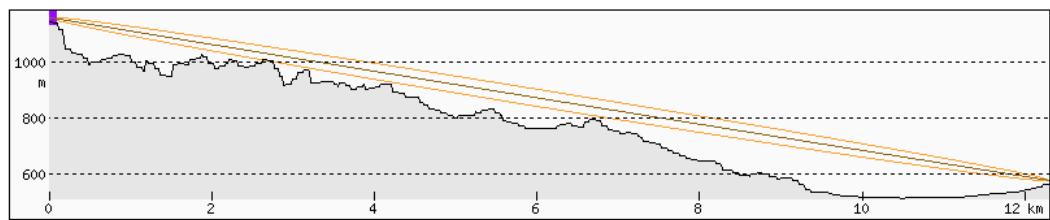
I) Χολομώντας

Ταξιάρχης



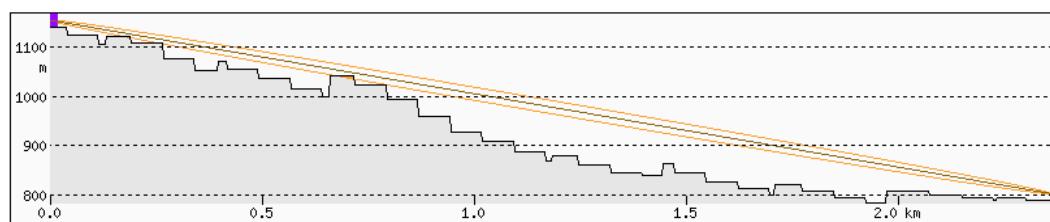
L=82 dB

Παλαιοχώρι



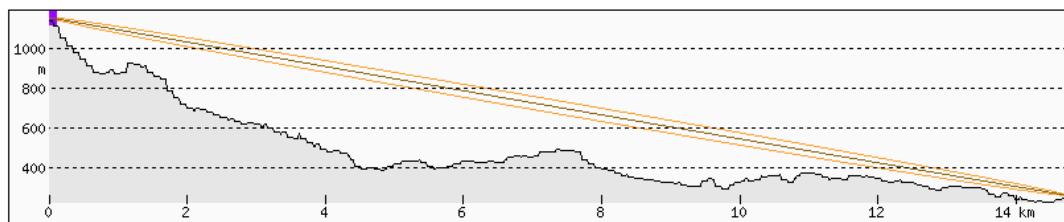
L=91 dB

Πορταριά



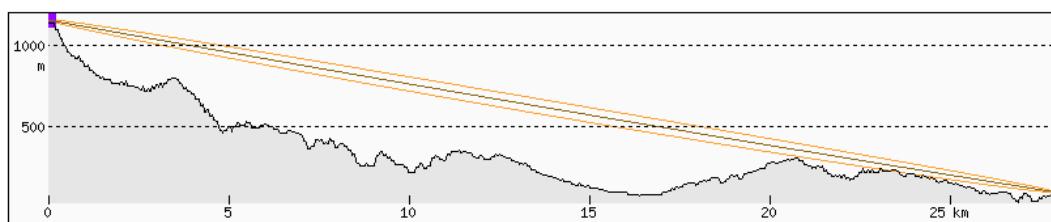
L=76 dB

Σήμαντρα



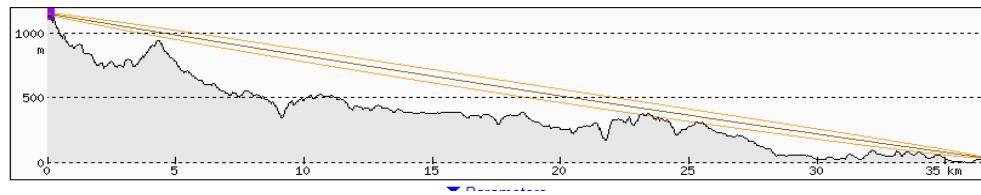
L=93 dB

Άγιος Νικόλαος



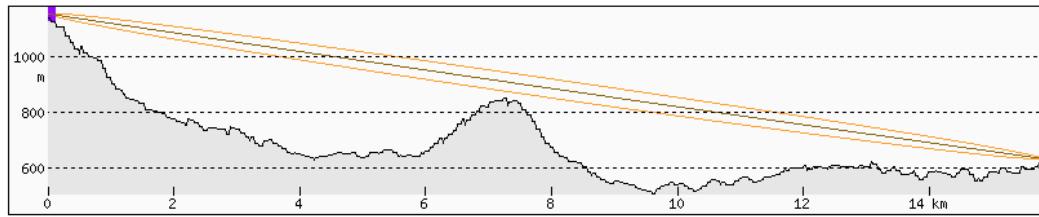
L=99 dB

Nέα Ρόδα



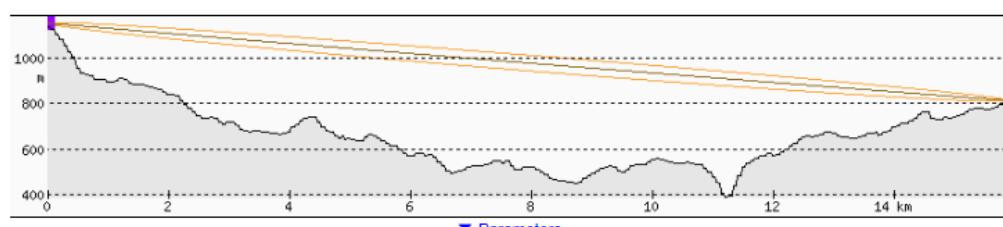
L=101 dB

Nέα Τρίγλια



L=94 dB

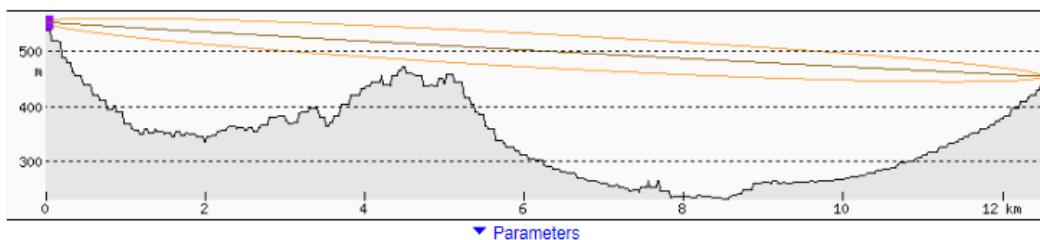
Nέα Πλάγια



L=94 dB

2) Κρήνη

Γαλάτιστα



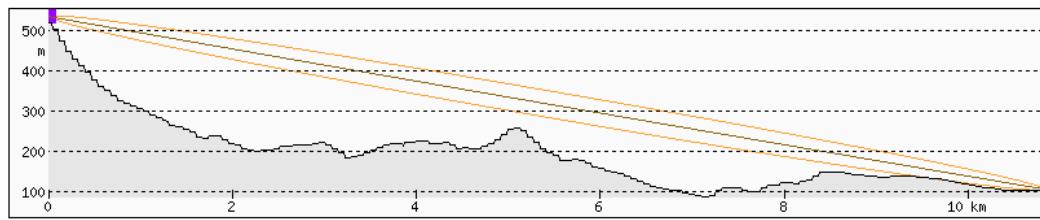
L=91 dB

Νέα Καλλικράτεια



L=92 dB < 122dB που ήταν οι απώλειες ρ/κ από τον κύριο πομπό. Άρα θα καλυφθεί από τον αναμεταδότη.

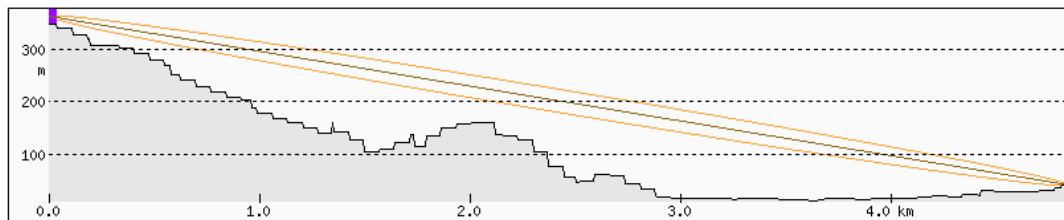
Λάκκωμα



L=90 dB

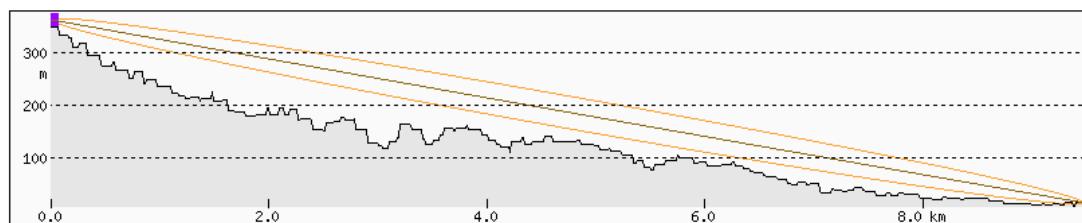
3) Ορμόλια

Oρμόλια



L=84 dB

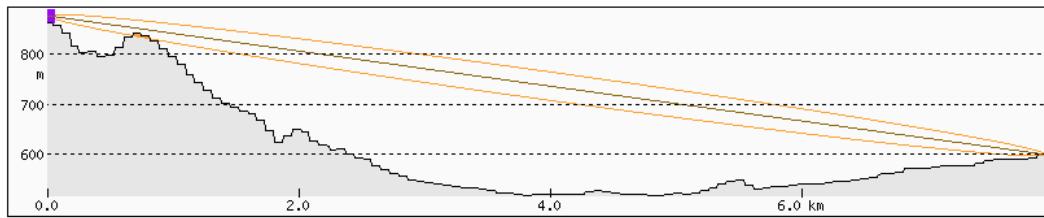
Nικήτη



L=89 dB < 100 dB που ήταν οι απώλειες ρ/κ από τον κύριο πομπό. Άρα θα καλυφθεί από τον αναμεταδότη.

4) Παλιοχώρι

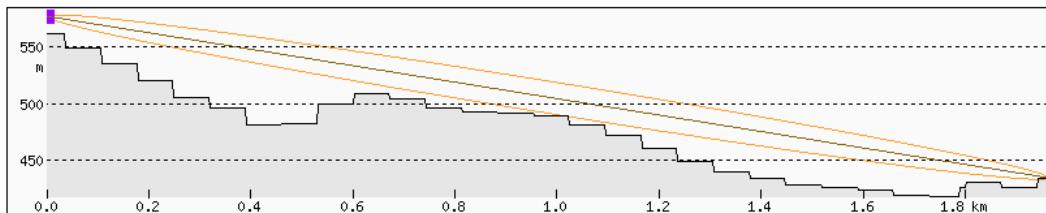
Αρναία



L=88 dB

5) Μεγάλη Παναγιά

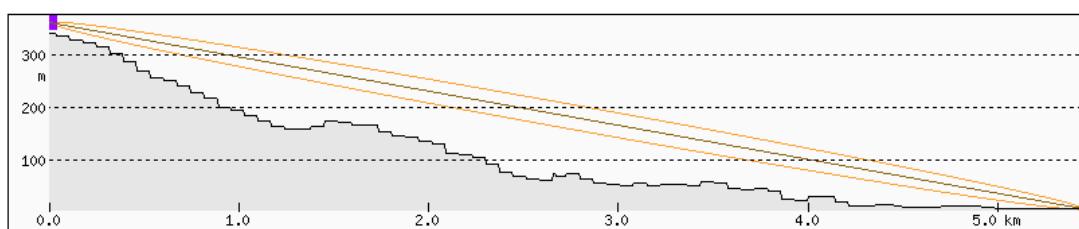
Μεγάλη Παναγιά



L=76 dB

6) Γομάτι

Γομάτι



L=70 dB

Ποιότητα λαμβανόμενου σήματος και ισχύς εκπομπής

Όσον αφορά τις ραδιοκαλύψεις, ένα μέτρο του QoS των υπηρεσιών που προσφέρονται από το δίκτυο DVB-T, είναι ο λόγος CNR(carrier-to-noise ratio), στη λήψη για μια δεδομένη πιθανότητα σφάλματος. Βασικός κανόνας στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα είναι ο εξής: Όσο καλύτερη λήψη απαιτείται (άρα μικρότερη πιθανότητα σφάλματος) τόσο μεγαλύτερο CNR πρέπει να έχω.

Παρακάτω, φαίνεται ένας πίνακας που συνοψίζει το απαιτούμενο CNR για $BER = 2 \cdot 10^{-4}$ για διάφορες διαμορφώσεις, ρυθμούς κωδίκων διόρθωσης και καναλιών επικοινωνίας. Θεωρούμε ότι έχουμε OFDM διαμόρφωση με τη κάθε υποφέρουσα να διαμορφώνεται με 64-QAM και ότι ο κώδικας που χρησιμοποιούμε έχει ρυθμό 2/3. Το κανάλι θεωρούμε πως είναι fading channel τύπου Ricean (ricean fading έχουμε όταν το σήμα έρχεται από πολλές διαδρομές αλλά η μία διαδρομή είναι πολύ πιο ισχυρή από τις υπόλοιπες (καθαρότητα Fresnel >60%) που ισχύει για όλους τους οικισμούς). Επομένως απαιτούμε να έχουμε CNR=17.1 dB.

Modulation	Code rate	Required C/N for BER = 2×10^{-4} after Viterbi QEF after Reed-Solomon			Bitrate (Mbit/s)			
		Gaussian channel	Ricean channel (F_1)	Rayleigh channel (P_1)	$\Delta T_U = 1/4$	$\Delta T_U = 1/8$	$\Delta T_U = 1/16$	$\Delta T_U = 1/32$
QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4	4,98	5,53	5,85	6,03
QPSK	2/3	4,9	5,7	8,4	6,64	7,37	7,81	8,04
QPSK	3/4	5,9	6,8	10,7	7,46	8,29	8,78	9,05
QPSK	5/6	6,9	8,0	13,1	8,29	9,22	9,76	10,05
QPSK	7/8	7,7	8,7	16,3	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	8,8	9,6	11,2	9,95	11,06	11,71	12,06
16-QAM	2/3	11,1	11,6	14,2	13,27	14,75	15,61	16,09
16-QAM	3/4	12,5	13,0	16,7	14,93	16,59	17,56	18,10
16-QAM	5/6	13,5	14,4	19,3	16,59	18,43	19,52	20,11
16-QAM	7/8	13,9	15,0	22,8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,4	14,7	16,0	14,93	16,59	17,56	18,10
64-QAM	2/3	16,5	17,1	19,3	19,91	22,12	23,42	24,13
64-QAM	3/4	18,0	18,6	21,7	22,39	24,86	26,35	27,14
64-QAM	5/6	19,3	20,0	25,3	24,86	27,65	29,27	30,16
64-QAM	7/8	20,1	21,0	27,9	26,13	29,03	30,74	31,67

NOTE 1: Figures in italics are approximate values.
Quasi Error Free (QEF) means less than one uncorrected error event per hour, corresponding to
 $BER = 10^{-11}$ at the input of the MPEG-2 demultiplexer.

NOTE 2: The net bit rates after the Reed-Solomon decoder are also listed.

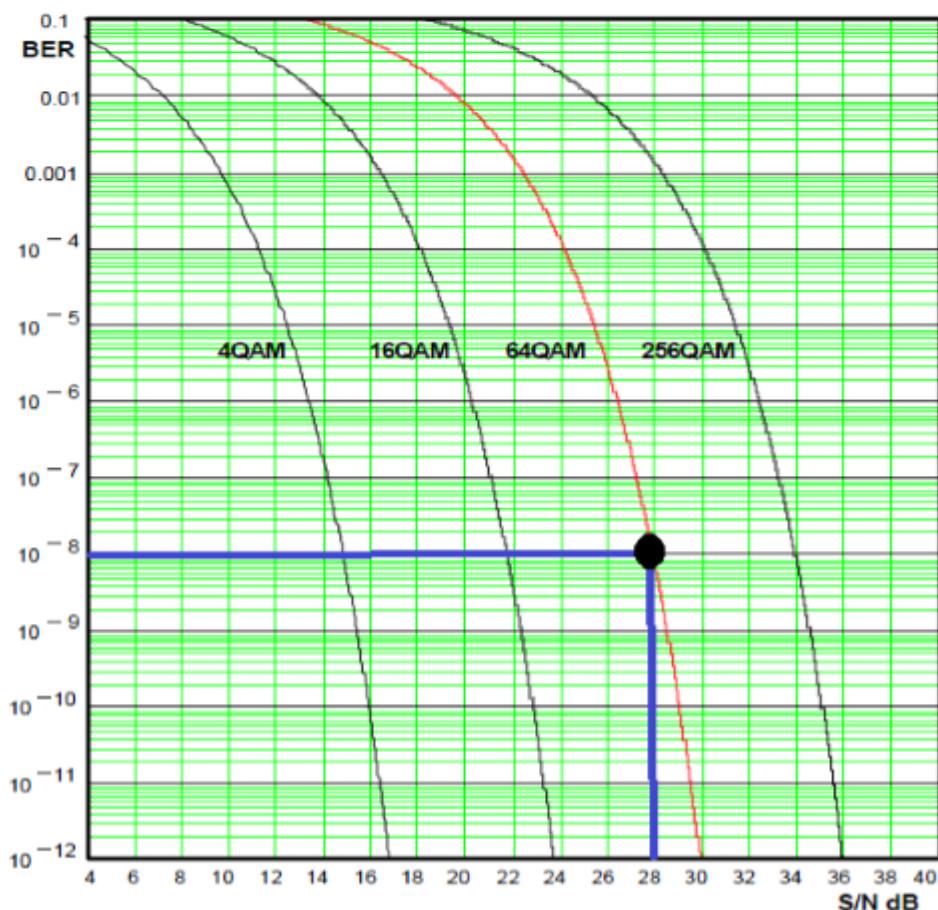
Η ισχύς του θερμικού θορύβου (AWGN) δίνεται από τη σχέση $N=K*T*B$, όπου K η σταθερά Boltzmann, T η θερμοκρασία (θεωρούμε 27 βαθμούς Κελσίου άρα 300 K) και B το εύρος ζώνης (για ψηφιακό τηλεοπτικό σήμα τύπου DVB-T, $B=8MHz$). Κάνοντας τις πράξεις προκύπτει ότι $N=105dBm$. Για να έχουμε καλή λήψη θέλουμε $CNR= 17.1 dB$.

Επομένως, η ισχύς λήψης που θέλω στο δέκτη είναι $Pr = -88dBm$.

Έχοντας υπολογίσει τις απώλειες διάδοσης και γνωρίζοντας την επιθυμητή ισχύ λήψης επιλέγω κατάλληλα την ισχύ εκπομπής ώστε όλοι οι οικισμοί να είναι σε θέση να παρακολουθήσουν το τηλεοπτικό πρόγραμμα του σταθμού μας με καλή ποιότητα. Λαμβάνω υπόψη μου τον οικισμό με τις μέγιστες απώλειες διάδοσης όπως αυτές προέκυψαν από την παραπάνω μελέτη μας και ρυθμίζω κατάλληλα την ισχύ εκπομπής. Γνωρίζουμε ότι $Pr=\frac{Pt}{L}$ και η σχέση που συνδέει τις απώλειες με την ισχύ λήψης και την ισχύ εκπομπής είναι η $Pt(dB) = L(dB) + Pr(dB)$.

Από την μελέτη που προηγήθηκε παρατηρούμε ότι οι μέγιστες απώλειες των ραδιοκαλύψεων του κύριου πομπού είναι 103 dB (Πευκοχώρι). Συνεπώς, η ισχύς εκπομπής των πομπών πρέπει να τεθεί τουλάχιστον στα Pt=15 dBm, δηλαδή στα 32 mW. Για τους αναμεταδότες οι μέγιστες απώλειες είναι 101 dB (Νέα Ρόδα). Άρα η ισχύς εκπομπής πρέπει να τεθεί τουλάχιστον στα Pt=13dBm , δηλαδή στα 20mW. Όσον αφορά τις ραδιοζεύξεις, μελετώντας τα χαρακτηριστικά του πομπού DML, που όπως θα δούμε παρακάτω, χρησιμοποιείται για την υλοποίηση των μικροκυματικών ραδιοζεύξεων βλέπουμε ότι η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται είναι OFDM με 64-QAM. Επιλέγουμε ως επιθυμητή τιμή τη πιθανότητα σφάλματος $BER=10^{-8}$. Από το παρακάτω διάγραμμα προκύπτει ότι τότε το SNR που πρέπει να έχουμε είναι 28 dB.

Η ισχύς του θερμικού θορύβου είναι και εδώ $N=-105$ dBm και επομένως η απαιτούμενη ισχύς λήψης είναι $Pr = -77$ dBm.



Θεωρώντας επίπεδο ευαισθησίας του δέκτη στα 77 dBm και κέρδος κεραιών 40 dBi οι απαιτήσεις ισχύος είναι:

Για τη ραδιοζεύξη studio-Τσουκαλάς: Οι απώλειες της ραδιοζεύξης αυτής υπολογίστηκαν στα 60 db . Επομένως η ισχύς του πομπού του studio πρέπει να είναι τουλάχιστον -17dBm δηλαδή 0,02 mW . Επιλέγεται ως ισχύς εκπομπής του πομπού του studio τα 0,2 mW .

Για τη ραδιοζεύξη αναμεταδότη – κύριου πομπού:

Οι απώλειες της ραδιοζεύξης αυτής υπολογίστηκαν στα 62 db . Επομένως η ισχύς του πομπού του studio πρέπει να είναι τουλάχιστον -15dBm δηλαδή 0.03 mW. Επιλέγεται ως ισχύς εκπομπής του μικροκυματικού πομπού του αναμεταδότη τα 0.3mW .

Επειδή τοποθετήσαμε τις παραβολικές κεραίες υψηλού κέρδους η ισχύς προκύπτει εξευτελιστικά μικρή. Αν θέλουμε να αυξήσουμε την εκπεμπόμενη ισχύ, μπορούμε να τοποθετήσουμε κεραίες, μικρότερου κέρδους.

Κεραίες

Οι κεραίες που θα επιλεχθούν για το κέντρο εκπομπής και τους αναμεταδότες πρέπει να είναι panel καθώς το υψόμετρο και η περιοχή που θα τοποθετηθούν απαιτεί να είναι καλά προστατευμένες από τις καιρικές συνθήκες.

Η κεραία που επιλέχθηκε είναι η 4DR-4S της Kathrein scala division, από τη σειρά 4DR με συνδεσμολογία 4DR-4S.

(<http://www.kathreinusa.com/wp-content/uploads/2017/03/4DR.pdf>)

Η ίδια κεραία χρησιμοποιείται σαν κεραία εκπομπής στο studio και σαν κεραία λήψης όλων των αναμεταδοτών που έχουν τοποθετηθεί.

Η κεραία έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

Specifications	
Frequency range	470—806 MHz (broadband)
Bandwidth	Any single 6, 7 or 8 MHz UHF-TV channel
Impedance	50 ohms
VSWR	<1.1:1
Polarization	Horizontal
Maximum input power	500 watts (at 50° C)
Connector	N female
Wind load at 100 mph (161 kph)	
Front / Side / Rear	
470—560 MHz	186 lbf / 84 lbf / 247 lbf (827 N) / (374 N) / (1099 N)
560—656 MHz	110 lbf / 51 lbf / 148 lbf (489 N) / (227 N) / (658 N)
656—806 MHz	60 lbf / 33 lbf / 88 lbf (267 N) / (147 N) / (391 N)
Wind survival rating*	
Mounting	The following installation kits are included for mounting on 2.375 inch (60 mm) OD masts:
Antenna frequency range	Clamp kit
470—560 MHz	MKPS-18
560—806 MHz	MKPS-17

*Mechanical design is based on environmental conditions as stipulated in TIA-222-G-2 (December 2009) and/or ETS 300 019-1-4 which include the static mechanical load imposed on an antenna by wind at maximum velocity. See the Engineering Section of the catalog for further details.

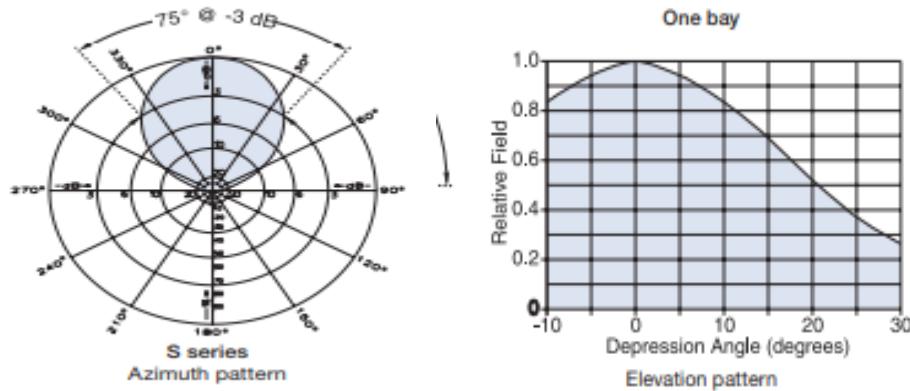


4DR-4S

Specifications

Model	Frequency MHz	Gain dBi	Power Gain	Weight lb (kg)	Dimensions	Number of Panels	Number of Bays
4DR-4S	470—560	9.5	8.91	26 (11.8)	48 x 18 x 9 inches (1220 x 458 x 229 mm)	1	1
	560—656	9.5	8.91	19 (8.7)	36 x 14.3 x 8 inches (915 x 364 x 204 mm)	1	1
	656—806	9.5	8.91	13 (5.9)	29 x 10.5 x 7 inches (737 x 267 x 178 mm)	1	1
4DR-8S	470—560	12	15.85	52 (23.6)	97 x 18 x 9 inches (2464 x 458 x 229 mm)	2	2
	560—656	12	15.85	38 (17.3)	73 x 14.3 x 8 inches (1855 x 364 x 204 mm)	2	2
	656—806	12	15.85	26 (11.8)	59 x 10.5 x 7 inches (1499 x 267 x 178 mm)	2	2
4DR-16S	470—560	14.5	28.18	104 (47.2)	195 x 18 x 9 inches (4953 x 458 x 229 mm)	4	4
	560—656	14.5	28.18	76 (34.5)	147 x 14.3 x 8 inches (3734 x 364 x 204 mm)	4	4
	656—806	14.5	28.18	52 (23.6)	119 x 10.5 x 7 inches (3023 x 267 x 178 mm)	4	4
4DR-4-2HN	470—560	12	15.85	52 (23.6)	48 x 41 x 9 inches (1220 x 1042 x 229 mm)	2	1
	560—656	12	15.85	38 (17.3)	36 x 33.6 x 8 inches (915 x 854 x 204 mm)	2	1
	656—806	12	15.85	26 (11.8)	29 x 26 x 7 inches (737 x 661 x 178 mm)	2	1
4DR-8-2HN	470—560	14.5	28.18	104 (47.2)	97 x 41 x 9 inches (2464 x 1042 x 229 mm)	4	2
	560—656	14.5	28.18	76 (34.5)	73 x 33.6 x 8 inches (1855 x 854 x 204 mm)	4	2
	656—806	14.5	28.18	52 (23.6)	59 x 26 x 7 inches (1499 x 661 x 178 mm)	4	2
4DR-16-2HN	470—560	17	50.12	208 (94.4)	195 x 41 x 9 inches (4953 x 1042 x 229 mm)	8	4
	560—656	17	50.12	152 (69)	147 x 33.6 x 8 inches (3734 x 854 x 204 mm)	8	4
	656—806	17	50.12	104 (47.2)	119 x 26 x 7 inches (3023 x 661 x 178 mm)	8	4
4DR-4-2HW	470—560	6	3.98	52 (23.6)	48 x 27 x 27 inches (1220 x 686 x 686 mm)	2	1
	560—656	6	3.98	38 (17.3)	36 x 22.3 x 22.3 inches (915 x 567 x 567 mm)	2	1
	656—806	6	3.98	26 (11.8)	29 x 17.5 x 17.5 inches (737 x 445 x 445 mm)	2	1
4DR-8-2HW	470—560	8.5	7.08	104 (47.2)	97 x 27 x 27 inches (2464 x 686 x 686 mm)	4	2
	560—656	8.5	7.08	76 (34.5)	73 x 22.3 x 22.3 inches (1855 x 567 x 567 mm)	4	2
	656—806	8.5	7.08	52 (23.6)	59 x 17.5 x 17.5 inches (1499 x 445 x 445 mm)	4	2
4DR-16-2HW	470—560	11	12.59	208 (94.4)	195 x 27 x 27 inches (4953 x 686 x 686 mm)	8	4
	560—656	11	12.59	152 (69)	147 x 22.3 x 22.3 inches (3734 x 567 x 567 mm)	8	4
	656—806	11	12.59	104 (47.2)	119 x 17.5 x 17.5 inches (3023 x 445 x 445 mm)	8	4

Οριζόντιο και κάθετο διάγραμμα ακτινοβολίας



Προφανώς θα διαλέξουμε την κεραία με διαστάσεις 737x267x178 mm που αντιστοιχεί στο εύρος 656-862 MHz.

Η μέγιστη δυνατή ισχύς εισόδου είναι τα 500W (στους 50 °C) που είναι πολύ μεγαλύτερη από την ισχύ εισόδου που όντως θα δέχεται.

Στους σταθμούς των αναμεταδοτών πρέπει να εγκαταστήσουμε έναν ψηφιακό αναμεταδότη ο οποίος θα λαμβάνει το ψηφιακό σήμα και θα το αποθορυβοποιεί, ούτως ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα ανάδρασης της κεραίας λήψης και εκπομπής, καθώς στα SFN πρέπει να επανεκπέμψουμε στην ίδια συχνότητα που λάβαμε το σήμα. Μία τυπική επιλογή θα ήταν ο QRA- 110 της

Ikusi. (<http://www.teletechnique.com/ikusi/docs/Teletechnique%20-%20Ikusi%20QRA-110%20-%20Infokit%2020%20Aug%2011.pdf>).

Ουσιαστικά πρόκειται για μια εξέλιξη του γνωστού ψηφιακού μεταλλάκτη TPC-110 στον οποίο έχουν ενσωματωθεί κυκλώματα που μπορούν (με τον έλεγχο της χρονικής καθυστέρησης) να απομονώσουν την ανάδραση του μεταλλάκτη από την επιστροφή στην είσοδό του εκπεμπόμενου στην ίδια συχνότητα σήματος. Δηλαδή μπορούμε να έχουμε κεραία λήψης και κεραία εκπομπής στον ίδιο ιστό και έτσι να κάνουμε εκπομπή και λήψη στο ίδιο κανάλι χωρίς ανάδραση του σήματος, μιας που το Echo Canceller QRA-110 μπορεί να ξεχωρίσει στην είσοδο το σήμα της πηγής από το δικό του σήμα εκπομπής στο ίδιο

κανάλι και χρησιμοποιώντας μόνο το σήμα της πηγής, να μας δώσει το ζητούμενο αποτέλεσμα. Τα τεχνικά του χαρακτηριστικά φαίνονται παρακάτω:

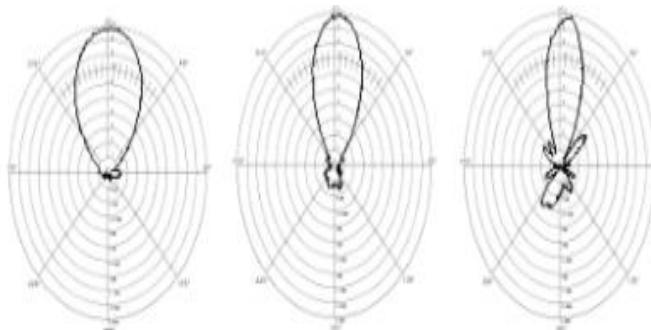
Channel type	Digital	
Standard	DVB-T	
Remote control	Yes*	
Input and output frequencies	MHz	470 – 862
Input level	dB μ V	40 – 80 (digital)
AGC Range	dB	40
Noise Figure	dB	< 9 (Ni < 70 dBmV)
Selectivity (8 MHz channel)	dB	> 40 (fc ± 4.25 MHz) > 70 (fc ± 5.25 MHz)
Image frequency rejection	dB	> 70
Adjustable output level	dB μ V	75 – 93
Phase noise @ 1 KHz	dBc/Hz	< -92
Broadband noise (Δ B = 5 MHz)	dBc	< -75
Echo-signal max ratio	dB	10
Cancellation window width	μ s	1
Supply voltage	Vdc	+12
Consumption	mA	900
Operating temperature	°C	0 – +45
Programming port		RS 232/DB-9
RF connectors		female F



Η ευαισθησία του είναι στα -77dBm με -27 dBm, ενώ έχει εύρος συχνοτήτων 470-862 MHz, ενώ μπορεί να αποθορυβοποιήσει μέχρι 10 dB.

Δέκτες-Καταναλωτές

Οι δέκτες θεωρώ ότι έχουν την τυπική κεραία Yagi-Uda. Τεχνικά χαρακτηριστικά της είναι τα εξής:



GAIN	CH.14	CH.37	CH.55
frequency	470 MHz	610 MHz	722 MHz
gain dBi	8.8 dBi	10.8 dBi	10.8 dBi
beamwidth at half power points	56°	41°	41°
front-to-back ratio	20.0 dB	20.0 dB	20.0 dB

Εκπομποί

Για τον σταθμό και τους αναμεταδότες μας επιλέγω πομπό από την εταιρεία ELTI

(http://www.elti.com/uploaded/datoteke/Catalogue/ELTI_catalogue_complete.pdf) με τα εξής χαρακτηριστικά:

DVB-T/H and DVB-T2 transmitter		
STANDARD DVB-T/H	DVB-T/H	DVB-T2
Coding and modulation	Supporting each mode according to EN 300 744 and EN 302 304	Supporting each mode according to EN 302 755, TS 102 831 and TS 102 773 (T2-MI)
IFFT mode	2k, 4k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, Extended 8k, 16k, Extended 16k, 32k, Extended 32k
Useful symbol period	224 µs (2k), 447 µs (4k), 896 µs (8k)	224 µs (2k), 447 µs (4k), 896 µs (8k), 1792 µs (16k), 3584 µs (32k)
Modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM (normal or rotated)
Guard interval	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 of useful symbol period	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128
Inner code rate	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Channel bandwidth	8 MHz, 7 MHz, 6 MHz (Optional), 5 MHz (Optional)	8 MHz, 7 MHz, 6 MHz, 5 MHz
Hierarchical coding	Included	Included
GENERAL DATA		
Spectrum polarity	Inverted and non-inverted	
Digital pre-correction / auto adaptive pre-correction	Included / Optional	
SFN support	Included	
INPUTS		
ASI input	Up to 4 x BNC, 75 Ω, TS bit rate up to 31,67 Mbps	Up to 4 x BNC, 75 Ω, TS bit rate up to 60 Mbps
Ethernet stream input	2 x 10/100/1000 base-T-RJ 45	2 x 10/100/1000 base-T-RJ 45
Reference frequency input	10 MHz, 1 PPS	10 MHz, 1 PPS
GSM modem and antenna	Optional	Optional
GPS or GLONASS receiver and antenna	Optional (on board/external)	Optional (on board/external)
RF OUTPUTS		
Output frequency range	VHF (174 ± 240 MHz), UHF (470 ± 862 MHz)	
RF output power (W rms) after output filter	max 10kW UHF max 9,6kW VHF	
Return loss	> 18 dB	
Power stability	± 0.1 dB	
Output spectrum meets the requirements of non critical and critical (Optional) mask according to EN 300 744, EN 302 755		

Οι συχνότητες που λειτουργεί καλύπτουν όλο το φάσμα που ορίζει η ψηφιακή τηλεόραση. Επίσης η διαμόρφωση και το εύρος ζώνης του σταθμού που έχουμε επιλέξει καλύπτονται από τον εκπομπό, οπότε θεωρείται κατάλληλος.

Εξοπλισμός ραδιοζεύξης

Σε όλα τα στάδια λήψης και εκπομπής θα τοποθετηθεί η παραβολικού τύπου κεραία VHL3-11W της Andrew Solutions.

(<https://www.balticnetworks.com/docs/N110082D073A.pdf>)



General Specifications

Antenna Type	VHLP - ValuLine® High Performance Low Profile Antenna, single-polarized
Diameter, nominal	1.0 m 3 ft
Polarization	Single

Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	2.0 °
Beamwidth, Vertical	2.0 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	30 dB
Electrical Compliance	Brazil Anatel Class 2 Canada SRSP 310.5 ETSI 302 217 Class 3 US FCC Part 101A @ 10.55-10.7 GHz US FCC Part 101A @ 10.7-11.7 GHz US FCC Part 101B @ 10.125-11.7 GHz
Front-to-Back Ratio	64 dB
Gain, Low Band	37.2 dBi
Gain, Mid Band	38.4 dBi
Gain, Top Band	39.0 dBi
Operating Frequency Band	10.125 – 11.700 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	7164 7166
Return Loss	17.7 dB
VSWR	1.30

Mechanical Specifications

Fine Azimuth Adjustment	±15°
Fine Elevation Adjustment	±15°
Mounting Pipe Diameter	115 mm 4.5 in
Net Weight	24 kg 53 lb
Side Struts, Included	0
Side Struts, Optional	1 inboard
Wind Velocity Operational	200 km/h 124 mph
Wind Velocity Survival Rating	250 km/h 155 mph

Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating

Angle α for MT Max	0 °
Axial Force (FA)	2979 N 670 lbf
Side Force (FS)	936 N 210 lbf
Twisting Moment (MT)	1184 N·m

Λειτουργεί στο φάσμα 10.125-11.700 GHz με κέρδος 39dBi και HPBW=2°.

Επίσης χρησιμοποιούμε το μηχάνημα DML της εταιρείας ABE (http://www.abe.it/documenti/allegati/28/DML_DVB-S_S2_OFDM.pdf)

Τα χαρακτηριστικά του φαίνονται παρακάτω:

GENERAL SPECIFICATIONS	
Frequency range:	DML 2: 2.15 to 2.7GHz DML 7: 5.7 to 6.54GHz; 6.54 to 7.5GHz; 7.5 to 8.8GHz (N=3 Sub-bands) DML10: 10.1 to 10.9GHz DML13: 12.7 to 13.75GHz DML14: 14.0 to 14.5GHz
Other models for different frequency range:	Please contact ABE's sales office
IF frequency:	"L" Band (950 to 2150MHz)
Modulation type and information capacity:	QPSK (DVB-S EN 300 421) up to 33.4Mbit/s in 28MHz bandwidth BPSK (DVB-S2 EN 302 307) up to 23.8Mbit/s in 20MHz bandwidth up to 61Mbit/s in 28MHz bandwidth up to 43.5Mbit/s in 20MHz bandwidth 16APSK (DVB-S2 EN 302 307) up to 81Mbit/s in 28MHz bandwidth 32APSK (DVB-S2 EN 302 307) up to 101Mbit/s in 28MHz bandwidth OFDM (DVB standard) up to 31.1Mbit/s in 8MHz bandwidth
Operating temperature range:	-5° to +45°C (for indoor units) -30° to +50°C (for outdoor units)
Operating relative humidity range:	up to 95% - Non condensing
Power supply:	230Vac ±10% 50-60Hz (Option: other AC or DC voltages and tolerances on request)
Housing:	Standard Rack drawer 19" 1U for indoor units (IDU); Outdoor sealed box for external units (ODU)
IF ("L" Band) DIGITAL MODULATOR – MPEG ENCODERS – INDOOR UNITS	
See specific documentation (brochure)	
DME 5000 Series	"L" Band digital modulator with Transport Stream input or 1 to 4 MPEG-2 and/or MPEG-4 (H.264 HD/SD) encoders
TRANSMISSION CONVERTER (BUC Block Up-Converter) – OUTDOOR UNIT	
IF ("L" Band) input impedance / connector:	50Ω / "N" female
Output power (@ gain compression):	1W (+30dBm – tol. ±1.5dB) or 2W (+33dBm – tol. ±1.5dB) according to the model Option: higher power amplifiers
Typical output power backoff according to modulation scheme:	QPSK: -3dB BPSK: -4dB 16APSK: -6dB 32APSK: -8dB OFDM: -10dB
Frequency stability:	≥ 2.5 x 10 ⁻⁵ (2.5ppm)
Output impedance and connector:	50Ω / "N" female or waveguide, according to frequency range
Power supply:	18 to 24V DC through IF cable
Available versions:	Simplified: only up-converter with power amplifier Standard: complete with 10MHz reference, AGC, telemetry, predisposition for output filter
RECEPTION CONVERTER (LNB - Low Noise Block Down-Converter) – OUTDOOR UNIT	
Input impedance and connector:	50Ω / "N" female or waveguide, according to frequency range
IF ("L" Band) output impedance / connector:	50Ω / N female
Gain:	30 to 35dB (max. typical gain)
Noise figure:	1.2dB (typical)
Power supply:	12 to 18V DC through IF cable
Available versions:	Simplified: only low noise down-converter Standard: hi performance, adjustable gain, predisposition for input filter

Πρόκειται για έναν πομποδέκτη για μικροκυματικές ραδιοζεύξεις για την ψηφιακή τηλεόραση. Υποστηρίζει διαμόρφωση OFDM με βάση τα πρότυπα του DVB. Το IF διαμορφωμένο σήμα είναι στη ζώνη L. Η έξοδος του IF διαμορφωτή λαμβάνεται από connector τύπου N θηλυκό με impedance 50 Ω .

Στο studio χρησιμοποιούμε ένα DML , που έχει ρυθμιστεί σαν πομπός και στους αναμεταδότες χρησιμοποιούμε πάλι ένα DML , που έχει ρυθμιστεί σαν δέκτης.

Το μπλοκ διάγραμμα της μικροκυματικής ζεύξης σε επίπεδο τηλεπικοινωνιακού συστήματος δίνεται παρακάτω. Το αριστερό τμήμα της εικόνας βρίσκεται στο studio του σταθμού ενώ το δεξί τμήμα αποτελεί κομμάτι του αναμεταδότη.



Το αναλογικό σήμα που λαμβάνεται ως έξοδος τον σταθμό οδηγείται σαν είσοδος στην κατάλληλη I/O θύρα του DML. Εκεί δίνεται σαν είσοδος στον MPEG κωδικοποιητή, ο οποίος το κωδικοποιεί με βάση τα πρότυπα το DVB. Τέλος ,το ψηφιακό σήμα διαμορφώνεται με την τεχνική του OFDM . Το τελικό σήμα που παίρνουμε σαν έξοδο από το DML ανήκει στη μπάντα L(1-2 GHz).

Το σήμα διέρχεται από ένα up converter ο οποίος μετατοπίζει το φάσμα του στη περιοχή με κεντρική συχνότητα τα 11 Ghz ,που είναι η συχνότητα στην οποία λαμβάνει χώρα η ραδιοζεύξη. Το σήμα εκπέμπεται από την κεραία που έχουμε στήσει στο studio του σταθμού.

Στον αναμεταδότη το σήμα λαμβάνεται από την κεραία και ακολουθεί την αντίστροφη διαδικασία από αυτή του πομπού. Σαν έξοδος από το δέκτη λαμβάνουμε ένα ASI bit stream , δηλαδή το bitstream που είχε προκύψει στο πομπό από την κωδικοποίηση του αναλογικού σήματος.

Για τους up και down μετατροπείς που χρειαζόμαστε επιλέγουμε από την εταιρεία MITEQ (<http://apicaltelecom.com/miteq/d321,%202013%20Rack-Mounted%20Block%20Converters.pdf>).

Η είσοδος του σήματος στον up converter και η έξοδος γίνεται με connector SMA female. Η έξοδος από τον πομπό DML γίνεται με

connector N female. Επομένως θα χρειαστούμε έναν SMA Female σε N Female αντάπτορα (www.fairviewmicrowave.com/images/productPDF/SM4215.pdf).

και το ομοαξονικό καλώδιο (<https://www.pasternack.com/n-male-n-female-1-2-inch-helical-cable-assembly-pe37969-p.aspx>) για τη σύνδεση του DML πομπού με τον up converter.

Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ)

Για την προστασία των εγκαταστάσεων του τηλεοπτικού μας σταθμού (studio, κύριος πομπός, αναμεταδότες) από πιθανό πλήγμα κεραυνού επιβάλλεται να εγκαταστήσουμε σύστημα αντικεραυνικής προστασίας, καθώς τοποθετούνται σε υψώματα με μεγάλη πιθανότητα πλήγματος κεραυνού και επειδή είναι μεγάλης σημασίας η συνεχής λειτουργία και προστασία του κέντρου.

Αρχικά υπολογίζουμε την απαιτούμενη βαθμίδα προστασίας που πρέπει να παρέχει η αντικεραυνική εγκατάσταση. Έτσι θα υπολογίσουμε το δείκτη αποτελεσματικότητας που πρέπει να έχει η εγκατάσταση μας, ο οποίος δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d}, \text{ óπου}$$

N_c , η επιθυμητή τιμή των πληγμάτων κεραυνού στην κατασκευή μας ανά έτος. Είναι ορισμένη ως $5 * 10^{-5}$.

N_d , τα πλήγματα κεραυνού ανά έτος στην κατασκευή μας.

Η τιμή του N_d υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$N_d = N_g * A_e * 10^{-6} * \mu, \text{ óπου}$$

$N_g = 0.04 * T_d^{1.25}$, η πυκνότητα των κεραυνών ανά έτος και ανά km^2 στην περιοχή εγκατάστασης της κατασκευής μας και T_d , ο αριθμός ημερών καταιγίδας ανά έτος.

A_e , η ισοδύναμη συλλέκτρια επιφάνεια της κατασκευής μας σε m^2 .

μ , ένας συντελεστής

Η τιμή του T_d υπολογίζεται από τον χάρτη ισοκεραυνικών καμπυλών.



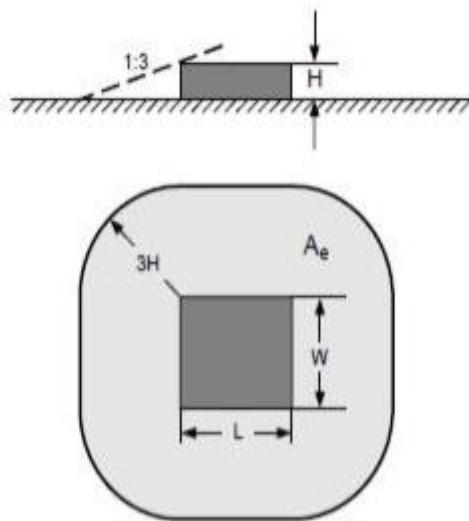
Χάρτης ισοκεραινικών καμπυλών της Ελλάδας [ΠΗΓΗ: EMY]

Για το νομό Χαλκιδικής είναι $T_d = 50$ μέρες καταιγίδας ανά έτος.

$$\text{Άρα } N_g = 0.04 * 50^{1.25} = 5.32 .$$

Η ισοδύναμη συλλέκτρια επιφάνεια για την κατασκευή μας, η οποία για την απομονωμένη κατασκευή που έχουμε, θεωρείται ίση με αυτή του παρακάτω σχήματος δίνεται από την σχέση :

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



Υποθέτω ότι οι πύργοι που θα τοποθετηθούν οι κεραίες έχουν βάση $5 \times 5 m^2$ και ύψος 15m.

$$\text{Άρα } A_e = 5 * 5 + 6 * 15 * (5 + 5) + 9\pi * 15^2 = 7287 m^2$$

Ο συντελεστής μ υπολογίζεται από το γινόμενο 5 συντελεστών A,B,C,D,E , οι οποίοι υπολογίζονται από τους παρακάτω πίνακες.

Συντελεστής Α: Χρήση του κτιρίου	Τιμή
Κατοικίες και άλλες κατασκευές συγκρίσιμου μεγέθους	0.3
Κατοικίες και άλλες κατασκευές συγκρίσιμου μεγέθους με κεραίες	0.7
Εργοστάσια, συνεργεία, εργαστήρια	1
Κτίρια γραφείων, ξενοδοχεία, πολυκατοικίες	1.2
Κτίρια με κόσμο όπως εκπληρίσεις, θέατρα, μουσεία, εκθεσειακοί χώροι, πολυκαταστήματα, σταθμοί, αεροδρόμια και στάδια	1.3
Σχολεία, νοσοκομεία, φυλακές, οικοτροφεία	1.7

Συντελεστής Β: Υλικά κατασκευής του κτιρίου	Τιμή
Κτίρια χαλύβδινου σκελετού ή οπλισμένου σκυροδέματος ενδοσυνθεδεμένου χαλύβδινου οπλισμού και με μεταλλική σκεπή	0.1
Κτίρια χαλύβδινου σκελετού χωρίς μεταλλική σκεπή	0.2
Κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος ενδοσυνθεδεμένου χαλύβδινου οπλισμού χωρίς μεταλλική σκεπή	0.4
Κτίρια ξύλινου σκελετού χωρίς μεταλλική σκεπή	1.4
Κτίρια από τουβλα, τσιμέντο, πέτρα, ξύλινου σκελετού με μεταλλική σκεπή	1.7
Κτίρια με ξύλινη σκεπή	2

Συντελεστής C: Περιεχόμενο του κτιρίου	Τιμή
Κοινές κατοικίες ή κτίρια γραφείων, εργοστάσια και συνεργεία με περιεχόμενο μικρής αξίας ή μη επιφρεπές και ευαίσθητο	0.3
Βιομηχανικά και αγροτικά κτίρια με επιφρεπές, ευαίσθητο περιεχόμενο	0.8
Σταθμοί παραγωγής ενέργειας, εγκαταστάσεις φυσικού αερίου, τηλεπικοινωνιακά κέντρα, ραδιοφωνικοί σταθμοί	1
Βιομηχανικές εγκαταστάσεις ιδιαίτερης σημασίας, αρχαία μνημεία και ιστορικά κτίρια, μουσεία, εκθεσειακοί χώροι τέχνης ή άλλα κτίρια με επιφρεπές, ευαίσθητο περιεχόμενο	1.3
Σχολεία, νοσοκομεία, φυλακές, οικοτροφεία, κτίρια με κόσμο	1.7

Συντελεστής D: Βαθμός απομόνωσης του κτιρίου	Τιμή
Κατασκευή σε περιοχή πυκνής δόμησης ή με πολλά δέντρα παρόμοιου ή μεγαλύτερου ύψους όπως σε μεγάλη πόλη ή δάσος	0.4
Κατασκευή σε περιοχή αραιής δόμησης ή με λίγα δέντρα παρόμοιου ύψους	1
Κατασκευή πλήρως απομονωμένη ή ύψους τουλάχιστον διπλάσιου των γειτονικών κατασκευών ή δέντρων	2

Συντελεστής E: Μορφολογία των εδάφους	Τιμή
Πεδινή περιοχή ανεξαρτήτα υψόμετρου	0.3
Λοφώδης περιοχή	1
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

Από τους πίνακες βλέπουμε ότι

A	B	C	D	E
0.7	0.2	1	2	1.7

Επομένως $\mu=0,476$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι :

$$N_d = 5.32 * 7287 * 10^{-6} * 0.476 = 0.018$$

Έτσι ο δείκτης αποτελεσματικότητας που πρέπει να έχει η εγκατάσταση μας είναι $E = 1 - \frac{5 \cdot 10^{-5}}{0,018} = 0.997$

Αποτελεσματικότητα ΣΑΠ	Στάθμη Προστασίας ΣΑΠ
$E > 0.98$	I + επιπλέον μέσα προστασίας
$0.95 < E \leq 0.98$	I
$0.90 < E \leq 0.95$	II
$0.80 < E \leq 0.90$	III
$0 < E \leq 0.80$	IV

Σύμφωνα με τον πίνακα η προσφερόμενη στάθμη προστασίας είναι I με επιπλέον μέτρα προστασίας όπως: μέτρα περιορισμού των βηματικών τάσεων και των τάσεων επαφής, μέτρα περιορισμού της διάδοσης της φωτιάς, μέτρα μείωσης των επαγόμενων τάσεων λόγω κεραυνών σε ευαίσθητες συσκευές.

Εγκατάσταση Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας

Το σύστημα που θα εγκαταστήσουμε αποτελείται από τρία μέρη:

- το συλλεκτήριο σύστημα που προορίζεται να δέχεται τους κεραυνούς
- το σύστημα αγωγών καθόδου , το οποίο εξασφαλίζει τη όδευση του ρεύματος του κεραυνού από το συλλεκτήριο σύστημα προς τη γη
- το σύστημα γείωσης που άγει και διαχέει το ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος

1)Ως συλλεκτήριο σύστημα επιλέγεται ακίδα μήκους ht=3m, η οποία θα τοποθετηθεί στην κορυφή του πυλώνα. Για τον προσδιορισμό της ζώνης προστασίας που παρέχει το συλλεκτήριο σύστημα ενός ΣΑΠ χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο της γωνίας προστασίας. Είναι

$h = h_{\text{πύργου}} + h_{\text{ακίδας}} = 15 + 3 = 18m$. Έτσι είναι ένας κώνος με ημιγωνία κορυφής $\alpha = 25^\circ$. Η γωνία πάρθηκε από τον παρακάτω πίνακα



Στάθμη Προστασίας	R (m)	h (m)	20	30	45	60	Διάσταση πλέγματος (m)
			$\alpha^{(8)}$	$\alpha^{(8)}$	$\alpha^{(8)}$	$\alpha^{(8)}$	
I	20	25	*	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	*	10
III	45	45	35	25	*	*	10
IV	60	55	45	35	25	25	20

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

Ο κώνος θα έχει ακτίνα βάσης 8.5m και θα εκτείνεται μέχρι το έδαφος οπότε θα πρέπει όλες οι κεραίες να είναι στο εσωτερικό του.

Η ακίδα που επιλέχθηκε είναι της εταιρείας ΕΛΕΜΚΟ και είναι κατασκευασμένη από κράμα χαλκού επινικελωμένο (Cu-A/eNi).

(<http://www.elemko.com/productspdf/6421203.pdf>)

Τεχνικά χαρακτηριστικά – Οδηγίες εγκατάστασης	
Θέση εγκατάστασης	> Σε εξωτερικό χώρο
Συνδεσμολογία.	> "T" & Διασταύρωση.
Επιτρεπτή σύνδεση σε εξωτερικό χώρο με	> Al, Cu, Cu/eSn, Stainless steel, St/tZn.
Ροπή σύσφιξης.	> 20Nm
Διαστάσεις αγωγού	> Ø8-10mm (50-70mm ²)
Περιβαλλοντική γήρανση σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164-2 ⁽¹⁾	> Ατμόσφαιρα αλατομίχλης (3 ημέρες). > Όξινη ατμόσφαιρα διοξειδίου του Θείου (7 ημέρες). > Ατμόσφαιρα αμμωνίας (1 ημέρα).
Κατηγορία ικανότητας εκφόρτισης ρεύματος σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164-1.	> CLASS H – 100kA (10/350μs) > 50 Coulomb > 2,5 MJoule / Ohm
Αντίσταση διάβασης.	> <1mΩ
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	> <0,075μΩm

2) Ο αγωγός καθόδου της εταιρείας ΕΛΕΜΚΟ που επιλέχθηκε ,είναι χάλκινος διατομής $16 mm^2$, μήκους 15m και διαπερνά κατακόρυφα διαμέσου του δικτυώματος του πύργου.

(<http://www.elemko.com/productspdf/6420116.pdf>)

Τεχνικά χαρακτηριστικά – Οδηγίες εγκατάστασης	
Θέση εγκατάστασης	➤ Σε εξωτερικό χώρο, εντός εδάφους, εντός σκυροδέματος
Εξωτερική διάμετρος (μεταξύ)	➤ 4,6–5,2 mm
Μέγιστη αωμική αντίσταση (DC @ 20 °C)	➤ 1,83 Ω/km
Τύπος	➤ CLASS 2
Προδιαγραφή	➤ IEC 60228
Φωτογραφία	
	

3) Το ελάχιστο μήκος των ηλεκτροδίων γείωσης δίνονται στον παρακάτω πίνακα

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

Με τη βοήθεια του παρακάτω πίνακα υποθέτουμε ότι η ειδική αντίσταση εδάφους ρ θα είναι περίπου 1000 $\Omega \cdot \text{m}$ (πετρώδες έδαφος)

Είδος εδάφους	Ειδική αντίσταση [$\Omega \cdot \text{m}$]
Βάλτος	30-100
Αργιλώδες, πηλώδες ή αγρού	100
Οργωμένη γη	90-150
Μπετόν	150-500
Υγρό χαλίκι	200-400
Στεγνό χαλίκι	1000-2000
Πετρώδες έδαφος	1000-3000

Άρα $l_1 = 0.03 * 1000 - 10 = 20m$, αλλά επειδή θα τοποθετηθούν κατακόρυφα το μήκος πρέπει να είναι 10m. Συνίσταται η χρήση δύο αγωγών καθόδου στον εκπομπό, ώστε να γίνεται παράλληλη όδευση του ρεύματος και συνεπώς η μείωση της έντασης του στο μισό ανά αγωγό.

Επιλέγουμε μία συμμετρική διάταξη 10 ηλεκτροδίων γείωσης όπου το καθένα θα είναι 1 και τοποθετημένα 2m κάτω από την επιφάνεια για να μειωθούν οι επιδράσεις της διάβρωσης. Δεν ξεπερνάμε έτσι τα 3 m που είναι το μέγιστο μήκος ηλεκτροδίου για την Ελλάδα.

Επιλέγουμε τα παρακάτω, από επιχαλκωμένο χάλυβα ηλεκτρόδια, της εταιρείας ΕΛΕΜΚΟ.

(<http://www.elemko.gr/productinfo.asp?langid=1&pageid=10&subpageid=1&productid=6300015>).

Πρέπει επίσης να διαπιστωθεί ότι η διάταξη των ηλεκτροδίων γείωσης προσφέρει αντίσταση γείωσης μικρότερη των 10Ω .

Θα χρησιμοποιήσουμε τον τύπο

One ground rod, length L, radius a	$R = \frac{\rho}{2 \pi a} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
---------------------------------------	--

για να βρούμε την αντίσταση ενός ηλεκτροδίου μήκους L και ακτίνας a.

$R=90.47\ \Omega$

Για να βρούμε την αντίσταση της διάταξης μας χρησιμοποιούμε τον τύπο

$$R_n = R \left(\frac{1 + \lambda a}{n} \right)$$

Όπου R η αντίσταση για το 1 ηλεκτρόδιο, n ο αριθμός ηλεκτροδίων και λ ένας συντελεστής που για 10 ηλεκτρόδια δίνεται 3,8.

$$R_n = 75,21 * \left(\frac{1 + 3,8 * 0,005}{10} \right) = 9,21\ \Omega < 10\ \Omega$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Συστήματα Αντικεραυνικής Προστασίας, Παντελής Μικρόπουλος ,
- [2] Σημειώσεις του μαθήματος Ασύρματος Τηλεπικοινωνία II

Sites που χρησιμοποιήθηκαν :

<http://heywhatsthat.com/>
<https://maps.google.com>
<http://www.yme.gov.gr/index.php?tid=836>
www.digea.gr
<http://www.qsl.net/pa2ohh/jsffield.htm>
<http://www.wikipedia.com>