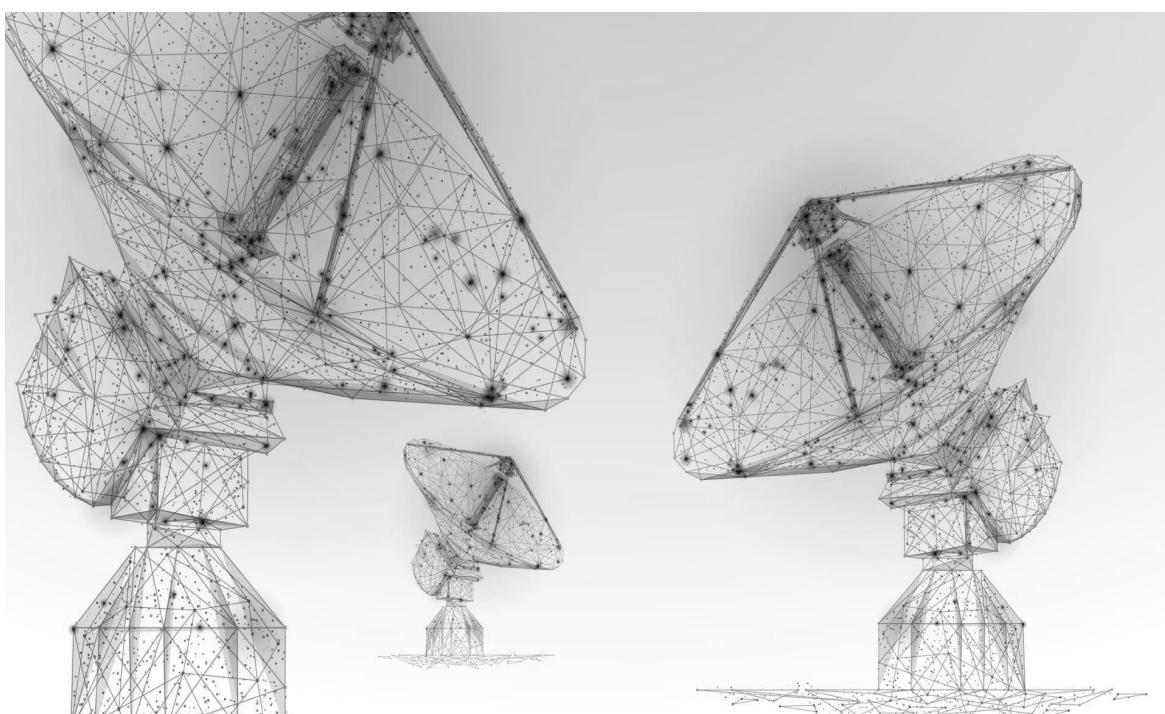




**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ 9ο ΕΞΑΜΗΝΟ

ΜΑΘΗΜΑ : ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΡΑΔΙΟΖΕΥΞΕΩΝ
2023-2024



ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΘΩΜΑΣ ΞΕΝΟΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ: ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ Π.Ε. ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : ΜΠΟΣΤΑΝΗΣ ΕΥΡΙΠΙΔΗΣ

AEM: 9586

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	1
1. Εισαγωγή.....	3
2. Γενικά.....	3
2.1 Γεω-πολιτικα Χαρακτηριστικά ν. Θεσπρωτίας.....	3
2.2. Πρότυπα Ψηφιακής Τηλεόρασης.....	8
2.3 Νομικό Πλαίσιο.....	9
2.3.1 Θέσεις σταθμών βάσης- Κέντρα Εκπομπής.....	9
2.3.2 Ραδιο-δίαυλοι.....	13
3. Παραδοχές.....	14
3.1. Σφαιρική Γη.....	14
3.2. Απώλειες.....	14
3.2.1. Απώλειες ελεύθερου χώρου.....	14
3.2.2 Απώλειες περίθλασης εμποδίου.....	15
3.2.3 Απώλειες λόγω βροχής.....	16
3.2.5 Απώλειες λόγω ατμοσφαιρικών αερίων.....	17
3.2.6 Άλλες παραδοχές και απώλειες.....	17
4. Μελέτη Ραδιοκάλυψης.....	18
4.1 Μέγιστη απόσταση ζεύξης οπτικής επαφής.....	18
4.2 Μηκοτομές.....	18
4.2.1 Κέντρο εκπομπής Ηγουμενίτσας.....	20
4.2.2 Κέντρο εκπομπής Ψάκας.....	22
4.3 Υπολογισμός απωλειών κέντρων εκπομπής.....	27
4.4 Εξοπλισμός.....	27
5. Ραδιοζεύξη.....	37
5.1 Μηκοτομές.....	38
5.1.1 Ζεύξη STUDIO με σταθμό Ηγουμενίτσας.....	38
5.1.2 Ζεύξη STUDIO με σταθμό Ψάκας.....	39

5.2 Ποιότητα σήματος - Ισχύς εκπομπής.....	40
5.3 Εξοπλισμός.....	45
5.3.1 Πομπός.....	45
5.3.2 Κεραία.....	46
5.3.3 Συγχρονισμός.....	47
6. Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας και γειώσεων (ΣΑΠΓ).....	48
6.1 Σχεδίαση συστήματος.....	48
6.2 Εγκατάσταση συστήματος.....	52
6.2.1 Συλλεκτήριο σύστημα.....	52
6.2.2 Σύστημα αγωγών καθόδου.....	54
6.2.3 Σύστημα γείωσης.....	54
6.3 Εξοπλισμός.....	55
7. Συμπεράσματα.....	58
8. Βιβλιογραφία.....	59

1. Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι ο σχεδιασμός και υλοποίηση της ψηφιακής τηλεοπτικής ραδιοκάλυψης του νομού του Νομού Θεσπρωτίας, ή αλλιώς της Περιφερειακής Ενότητας Θεσπρωτίας κατά το Σχέδιο Καλλικράτη.

Η εν λόγω μελέτη πραγματεύεται:

- Τον προσδιορισμό των κέντρων εκπομπής και των αναμεταδοτών και το σχεδιασμό της ραδιοκάλυψης
- Το σχεδιασμό των ραδιοζεύξεων μεταξύ του τηλεοπτικού studio και πομπών/αναμεταδοτών
- Την επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού που απαιτεί η παραπάνω υλοποίηση
- Τη μελέτη και το σχεδιασμό του **συστήματος αντικεραυνικής προστασίας** των κέντρων εκπομπής

2. Γενικά

2.1 Γεω-πολιτικά Χαρακτηριστικά ν. Θεσπρωτίας

Ο Νομός Θεσπρωτίας βρίσκεται στο πιο βορειοδυτικό σημείο της ηπειρωτικής χώρας και αποτελεί έναν από τους τέσσερις νομούς της γεωγραφικής και διοικητικής περιφέρειας της Ηπείρου. Πρωτεύουσα της π.ε. είναι η πόλη της **Ηγουμενίτσας**.

Συνορεύει στα βόρεια με την Αλβανία, στα ανατολικά με την Περιφερειακή Ενότητα Ιωαννίνων, ατα νότια με την Περιφερειακή Ενότητα Πρέβεζας ενώ δυτικά βρέχεται από το Ιόνιο Πέλαγος.

Η συνολική έκταση της Περιφερειακής Ενότητας Θεσπρωτίας είναι **1.515 km²**.



Εικόνα 2.1 Περιφερειακή ενότητα Θεσπρωτίας

Γενικά ο νομός είναι κατά 70% ορεινός, 24,7 % ημιορεινός και μόλις το 5,3% πεδινός.

Το γεωγραφικό ανάγλυφο του νομού διαμορφώνεται κυρίως από τους παρακάτω 6 ορεινούς όγκους και 3 ποταμούς:

- Τα όρη Τσαμαντά κοντά στα σύνορα με την Αλβανία με μέγιστο υψόμετρο 1.896μ.
- Τα όρη Φιλιατών, νοτιοδυτικότερα των προηγουμένων με κορυφή σε ύψος 1.064μ, ανατολικότερα των οποίων βρίσκεται το Φαρμακοβούνι (1240 μ.)
- Τα όρη Σουλίου που αποτελούν την ανατολικότερη από τις τρεις παράλληλες οροσειρές που βρίσκονται στο νότιο τμήμα του νομού Θεσπρωτίας με υψηλότερη κορυφή την Αλυσό στα 1815 μ
- Τα όρη Παραμυθιάς, που είναι η νοτιοανατολική οροσειρά, νότια των προηγουμένων
- Το όρος Χιονίστρα στα 1644 μ. που βρίσκεται βορειότερα των προηγουμένων.
- Τα όρη της Πάργας που εκτείνονται νοτιοδυτικότερα των προηγουμένων με μέγιστο υψόμετρο τα 927 μ. και συνεχίζουν πιο νότια στο νομό Πρεβέζης.

Τρεις είναι οι βασικότεροι ποταμοί που διαρρέουν το νομό Θεσπρωτίας:

- Ο Θύαμις, ή Καλαμάς, του οποίου οι πηγές βρίσκονται στο νομό Ιωαννίνων και με κατεύθυνση δυτική εκβάλλει στο Ιόνιο,
- Ο Αχέρων του οποίου οι πηγές βρίσκονται στα όρη του Σουλίου με παραπόταμους τον Ντάλα και Κωκυτό και
- Ο Ξάνθος που συνεχίζει βόρεια πορεία στο αλβανικό έδαφος.

Οι σημαντικότερες πεδιάδες βρίσκονται δίπλα στις εκβολές του Θύαμη και ενώνονται με την ευρύτερη πεδιάδα της Ηγουμενίτσας συνολικής έκτασης 60 τ.χλμ. Επίσης, εντοπίζονται και δύο μικρότερες πεδιάδες δυτικά από τα όρη Παραμυθιάς και κοντά στη περιοχή Μαργαριτίου.

Τέλος, στο κέντρο του νομού υπάρχουν κάποιες μικρές λίμνες.



Εικόνα 2.2 Γεωφυσικός χάρτης π.ε. Θεσπρωτίας

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής για την Απογραφή πληθυσμού της Ελλάδας του 2021 (ΦΕΚ 2802/Β/26-4-2023), η Περιφερειακή Ενότητα Θεσπρωτίας έχει 40.804 κατοίκους και χωρίζεται σε τρεις δήμους, ενώ πρόκειται για έναν από τους πιο αραιοκατοικημένους νομούς της Ελλάδας.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι δήμοι της ενότητας με τους αντίστοιχους πληθυσμούς.

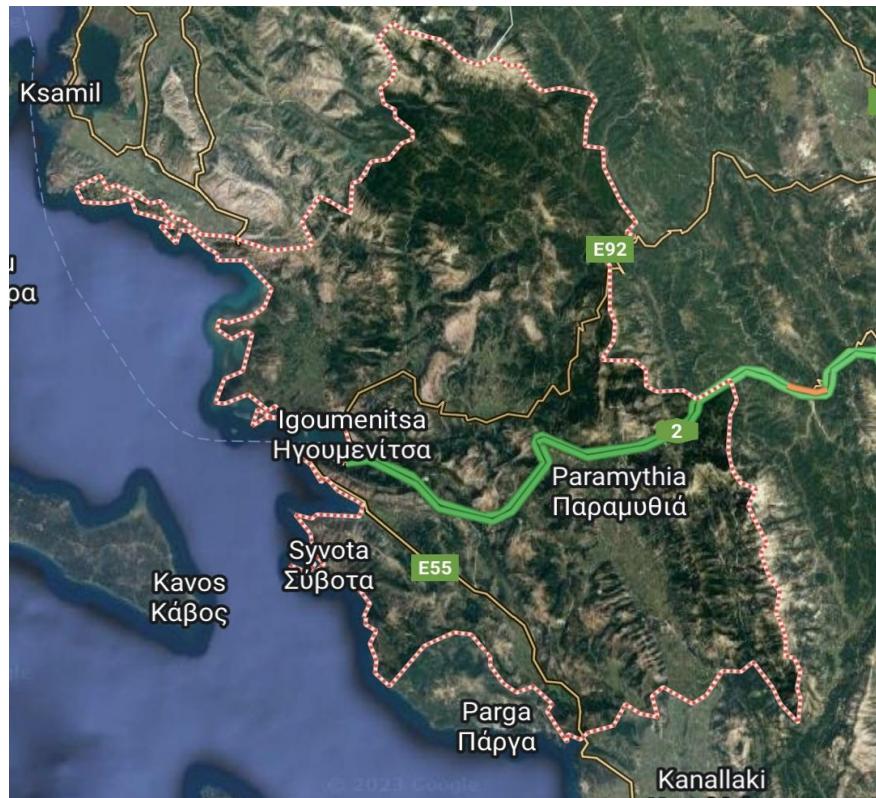
Δήμος	Πληθυσμός	Έκταση	Έδρα
Ηγουμενίτσας	25.698	428 km	Ηγουμενίτσα
Σουλίου	8.759	316.8 km	Παραμυθιά
Φιλιατών	6.347	168.6 km	Φιλιάτες

Πίνακας 2.1 Οι δήμοι της περιφερειακής ενότητας Θεσπρωτίας

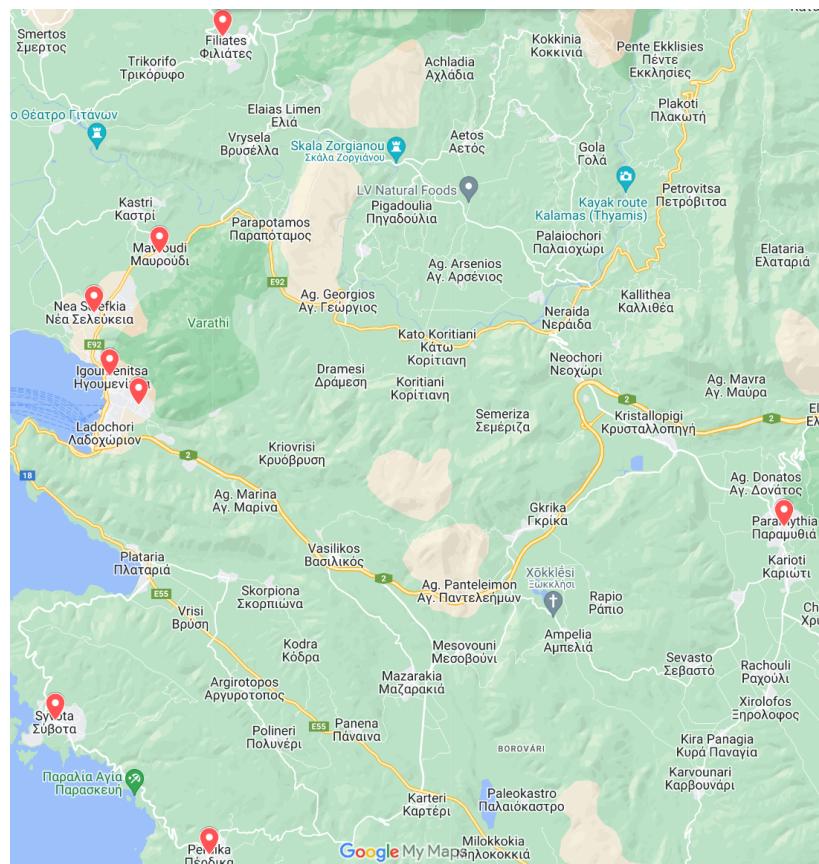
Επίσης, με βάση την απογραφή υπάρχουν 8 οικισμοί(πόλεις, κωμοπόλεις, χωριά) με πληθυσμό άνω των 1000 κατοίκων για τους οποίους μας ενδιαφέρει η ραδιοκάλυψη. Οι συγκεκριμένοι οικισμοί περιγράφονται στον πίνακα 2.2

Όνομα	Δήμος	Πληθυσμός	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος
Ηγουμενίτσα	Ηγουμενίτσας	10.315	20.26668	39.50632
Γραικοχώρι	Ηγουμενίτσας	2.393	20.27400	39.49770
Μαυρούδι	Ηγουμενίτσας	1.204	20.28374	39.54229
Νέα Σελεύκεια	Ηγουμενίτσας	2.668	20.25423	39.52613
Πέρδικα	Ηγουμενίτσας	1.543	20.30221	39.36902
Σύβοτα	Ηγουμενίτσας	1.089	20.24284	39.40750
Παραμυθιά	Σουλίου	2.608	20.51204	39.46540
Φιλιάτες	Φιλιατών	2.244	20.30775	39.60042

Πίνακας 2.2 Οικισμοί π.ε. Θεσπρωτίας άνω των 1000 κατοίκων



Εικόνα 2.3 Δορυφορική απεικόνιση της π.ε. Θεσπρωτίας



Εικόνα 2.4 Σημαντικότεροι οικισμοί άνω των 1000 κατοίκων για την π.ε. Θεσπρωτίας

2.2. Πρότυπα Ψηφιακής Τηλεόρασης

Η Επίγεια Ψηφιακή Τηλεόραση (**Digital Terrestrial Television – DTTV**) αφορά την μετάδοση ενός ψηφιακά κωδικοποιημένου σήματος που συνδυάζει εικόνα, ήχο και πληροφορία από επίγειους πομπούς και αναμεταδότες σε δίαυλο εύρους 6, 7 και 8 MHz στις περιοχές συχνοτήτων VHF (Band I και III) και UHF (Band IV και V). Η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία στη Βόρεια Αμερική είναι η ATSC, στην Ιαπωνία η ISDB-T και στην Ευρώπη και την Αυστραλία η DVB-T.

Το **DVB-T** (Digital Video Broadcasting Terrestrial) αποτελεί το πρότυπο για την επίγεια μετάδοση ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος στον ευρωπαϊκό χώρο, και συνεπώς στην Ελλάδα. Παρουσιάστηκε από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιών ETSI (European Telecommunications Standards Institute) το 1993 με τον κωδικό ETS 300 744 και οριστικοποιήθηκε το 1997. Χρησιμοποιεί για την μετάδοση επίγειων ψηφιακών σημάτων τις μπάντες των VHF και UHF, παρουσιάζει εύρος ανά κανάλι τα 7-8 MHz και το εύρος δεδομένων στα 32 Mbit/s. Χρησιμοποιείται τόσο για σταθερή όσο και για κινητή - φορητή λήψη. Όσον αφορά στα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτού του προτύπου, το οπτικοακουστικό σήμα, που καταγράφεται από την κάμερα και το μικρόφωνο, κωδικοποιείται με βάση μια σειρά κανόνων που ορίζονται στο πρωτόκολλο με ονομασία **H.264/MPEG-4**. Σύμφωνα με αυτό το πρότυπο η αναπαράσταση της πληροφορίας γίνεται μέσω μιας σειράς bits. Πολύ σημαντική είναι επίσης και η συμπίεση αυτής της πληροφορίας. Για την κωδικοποίηση του καναλιού χρησιμοποιείται συνδυασμός των συνελικτικών και Reed-Solomon κωδίκων. Σύμφωνα με τα καθιερωμένα πρότυπα και λαμβάνοντας υπόψη τη σχεδίαση της ραδιοκάλυψης της Ελλάδας σύμφωνα με τα αντίστοιχα ΦΕΚ αποφασίστηκαν οι εξής σχεδιαστικές επιλογές για την παρούσα μελέτη:

- Ελάχιστος ρυθμός μετάδοσης (Minimum Data Rate)= 16 Mbps
- Διαμόρφωση: 64-QAM
- Κωδικοποίηση: 3/4
- Guard Interval (GI): 1/8

2.3 Νομικό Πλαίσιο

Όσον αφορά τη νομοθεσία, τηρήθηκε η υπ' αριθμόν 42800 κοινή υπουργική απόφαση της 5-10-2012, όπου καθορίστηκε ο χάρτης συχνοτήτων επίγειας ψηφιακής ευρυεκπομπής τηλεοπτικού σήματος, καθώς και την υπ' αριθμόν 14879 κοινή υπουργική απόφαση της 9-11-2018, η οποία αποτελεί τροποποίηση της προηγούμενης.

Στις αποφάσεις αυτές ορίζονται οι ραδιοδίαυλοι ανά κέντρο εκπομπής, οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές εκπομπής, τα επιτρεπτά κέντρα εκπομπής και οι γεωγραφικές περιοχές κάλυψης των μονοσυχνικών δικτύων (SFN) τα οποία απαρτίζονται από τα αντίστοιχα κέντρα εκπομπής. Για την υπηρεσία αυτή διατίθενται συνολικά 40 διαύλοι εύρους 8MHz ο καθένας στην περιοχή συχνοτήτων 470–790MHz.

Η χώρα χωρίζεται σε 34 περιοχές απονομής (**allotments**), όπως φαίνεται στην εικόνα 2.3 και ορίζονται από τη νομοθεσία τα επιτρεπτά κέντρα εκπομπής καθώς και τα κανάλια συχνοτήτων που δύνανται να χρησιμοποιηθούν από τα τηλεοπτικά κανάλια. Επιπλέον, για την ορθότερη και πληρέστερη γεωγραφική ραδιοκάλυψη του δικτύου επιτρέπεται η εγκατάσταση και λειτουργία σταθμών συμπληρωματικής κάλυψης (gap fillers).

Η περιφερειακή ενότητα Θεσπρωτίας ανήκει στην περιοχή απονομής (**allotment**) 10.



Εικόνα 2.5 Χάρτης απονομής (allotment) χρήσης ραδιοσυχνοτήτων

2.3.1 Θέσεις σταθμών βάσης- Κέντρα Εκπομπής

Η περιοχή (allotment 10 - THESPROTIA) οριθετείται σύμφωνα με τις κοινές υπουργικές αποφάσεις 42800/2012 και 14879/2018 όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.3. Επίσης, στον πίνακα

2.4 ορίζονται οι θέσεις, το υψόμετρο και η μέγιστη επιτρεπτή ενεργός ισοτροπικά ακτινοβολούμενη ισχύ (EIRP) των απαραίτητων κέντρων εκπομπής. Τέλος, οι θέσεις των απαραίτητων κέντρων εκπομπής και τα βασικά οριζόντια πολικά διαγράμματα των κεραιών παρουσιάζονται στις εικόνες 2.4, 2.5, 2.6.

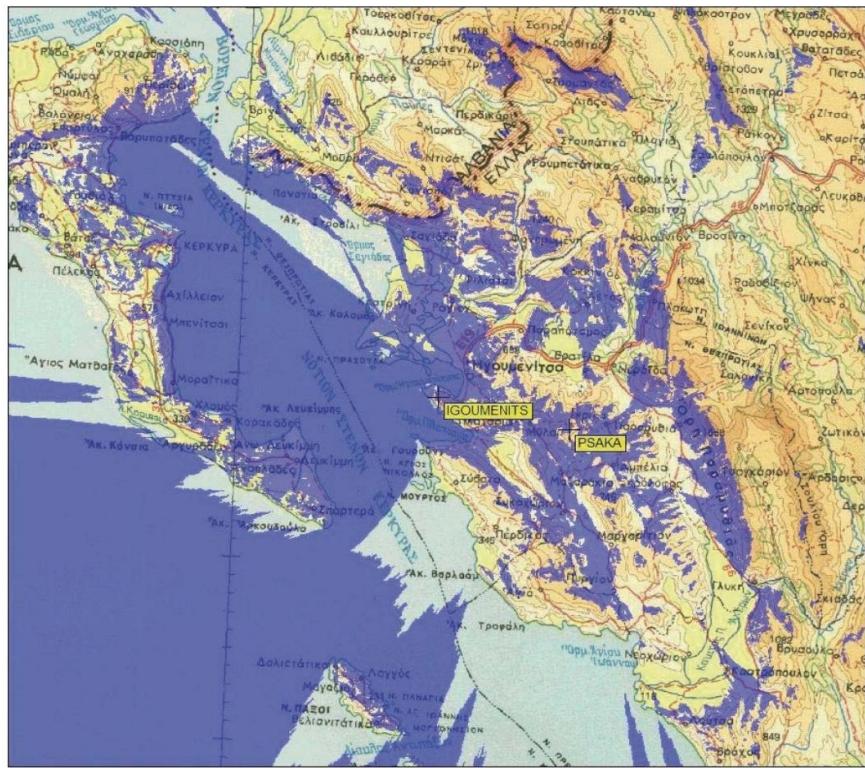
Allotment	Όνομα	Σημείο αναφοράς	Γεωγραφικό μήκος	Γεωγραφικό πλάτος
10	THESPROTIA	0	20E4443,14	39N3047,53
10	THESPROTIA	1	20E3535,19	39N0901,52
10	THESPROTIA	2	20E1933,21	39N1834,51
10	THESPROTIA	3	20E1104,20	39N3837,51
10	THESPROTIA	4	20E2317,16	39N4831,52

Πίνακας 2.3 Οριθέτηση allotment 10(THESPROTIA) σύμφωνα με τις τελικές πράξεις της Γενένης (2006).

Ονομασία		Ηγουμενίτσα	Στοιχεία κεραίας				
Συντεταγμένες ΕΓΣΑ87	Μήκος	176084	Πλευρά Α	Πλευρά Β	Πλευρά Γ	Πλευρά Δ	Κλίση προς ορίζοντα
	Πλάτος	4376860					
Υψόμετρο (m)	239	50	-	-	-	-	
EIRP(dBW)	22						

Ονομασία		Ψάκα	Στοιχεία κεραίας				
Συντεταγμένες ΕΓΣΑ87	Μήκος	189025	Πλευρά Α	Πλευρά Β	Πλευρά Γ	Πλευρά Δ	Κλίση προς ορίζοντα
	Πλάτος	4373661					
Υψόμετρο (m)	916	0	90	180	270		
EIRP(dBW)	25						

Πίνακας 2.4 Στοιχεία των επιτρεπτών κέντρων εκπομπής. Περιγραφή κεραιοσυστημάτων και μέγιστη επιτρεπτή ενεργός ισοτροπικά ακτινοβολούμενη ισχύς (EIRP) ανά επιτρεπτό κέντρο εκπομπής για allotment 10-THESPROTIA.

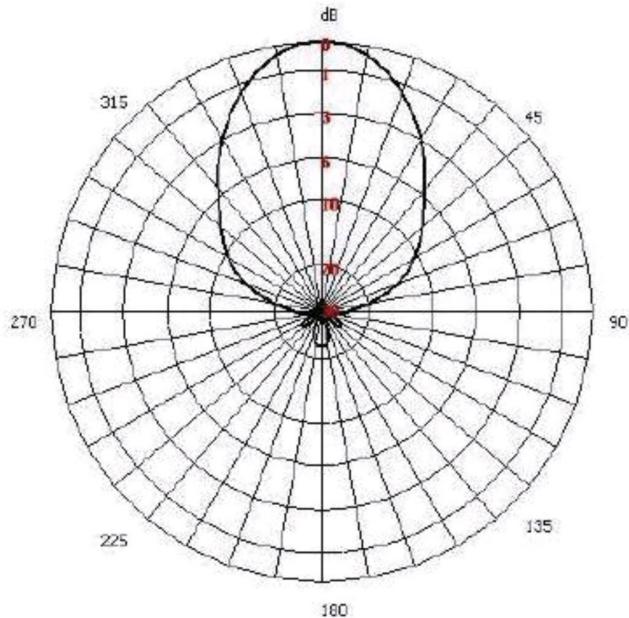


Εικόνα 2.6 Γεωγραφικές περιοχές ραδιοκάλυψης των επιτρεπτών κέντρων εκπομπής για το Allotment 10 (THESPROTIA).

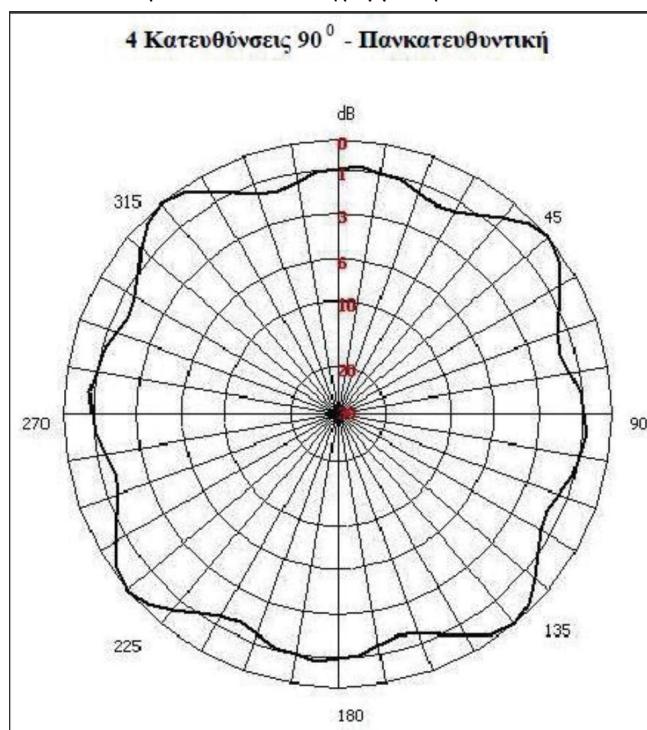


Εικόνα 2.7 Χάρτης επιτρεπτών κέντρων εκπομπής του allotment 10(THESPROTIA), με σχηματικά πολικά διαγράμματα κεραιών¹

Μονή κατεύθυνση



Εικόνα 2.8 Οριζόντιο πολικό διαγράμμα κεραίας IGOUMENITS



Εικόνα 2.9 Οριζόντιο πολικό διαγράμμα κεραίας PSAKA

¹**Σημείωση:** Με βάση το νεότερο ΦΕΚ (2018) η κεραία της Ψακας έχει αλλάξει σε Πανκατευθυντική συγκριτικά με το παλαιότερο ΦΕΚ(2012) στο οποίο προδιαγράφοταν ως τριών κατευθύνσεων.

2.3.2 Ραδιο-δίαυλοι

Με βάση τις ισχύουσες νομοθεσίες η περιφερειακή ενότητα Θεσπρωτίας ανήκει στην περιοχή απονομής 10, allotment 10 - THESPROTIA, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.3, στην οποία και αποδίδονται οι δίαυλοι με αριθμό 21, 22, 26, 33, 41, 45, 48, 59.

Οι τιμές της ενεργού ισοτροπικά ακτινοβολούμενης ισχύος (EIRP) που αντιστοιχούν στα επιτρεπτά κέντρα εκπομπής αφορούν στον τηλεοπτικό ραδιο-δίαυλο 21 (470-478 MHz). Η ισχύς EIRP αυξάνεται κατά τον αντίστοιχο αριθμό σε decibel (dB) ανάλογα με τον ραδιοδίαυλο ως ακολούθως:

Δίαυλοι	Ζώνη συχνοτήτων	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
49-55	694 - 750 MHz	4
56-60	750 - 790 MHz	5

Πίνακας 2.5 Οι δίαυλοι καθώς και οι αντίστοιχες ζώνες συχνοτήτων και τιμές της EIRP

Allotment/SFN		Δίαυλοι							
10	THESPROTIA	21	22	26	33	41	45	48	59

Πίνακας 2.6 Οι προβλεπόμενοι από το ΦΕΚ δίαυλοι που αντιστοιχούν στο allotment THESPROTIA

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας η ραδιοκάλυψη επιλέχθηκε να γίνει με τη χρήση του διαύλου 33, με κεντρική συχνότητα τα 570MHz και εύρος 566 - 574 MHz. Σε αυτή τη συχνότητα αντιστοιχεί μήκος κύματος $\lambda = 0.5m$

3. Παραδοχές

Όσον αφορά τη μελέτη ραδιοκάλυψης του νομού Θεσπρωτίας, είναι απαραίτητη η χρήση κάποιων παραδοχών. Για τη δημιουργία μιας πρώτης εικόνας, θα αποφευχθεί η χρήση πολύπλοκων μοντέλων ραδιοκάλυψης. Λαμβάνουμε υπόψη, λοιπόν, μόνο το απευθείας κύμα και παραβλέπουμε τρόπους κάλυψης με ανακλώμενα, τροποσφαιρικά σκεδαζόμενα και λοιπά κύματα.

Για τον υπολογισμό των απώλειών θα χρησιμοποιηθούν οι απώλειες ελεύθερου χώρου, τα εμπόδια που εισέρχονται στα ελλειψοειδή Fresnel πρώτης τάξης και οι απώλειες καλωδιώσεων στον πομπό και στον δέκτη.

3.1. Σφαιρική Γη

Η απόσταση για την οποία η γη θεωρείται επίπεδη εξαρτάται από τη συχνότητα. Στη συχνότητα 570 MHz στην οποία θα γίνει η ραδιοκάλυψη

$$d = \frac{80}{\sqrt[3]{f}} = 9.65 \text{ km.} \quad (3.1)$$

Πάνω από αυτή την απόσταση, η γη δε μπορεί να θεωρηθεί επίπεδη, επομένως δε μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάρχει οπτική επαφή σε κάθε περίπτωση. Αν ληφθεί υπόψη η επίδραση της τροπόσφαιρας επί των ραδιοκυμάτων υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν μεγαλύτερες αποστάσεις.

3.2. Απώλειες

3.2.1. Απώλειες ελεύθερου χώρου

Οι απώλειες διάδοσης στον ελεύθερο χώρο δίνονται από τον τύπο:

$$L = 122 + 20 \log(R) - 20 \log(\lambda) \quad (\text{dB})$$

(3.2)

Όπου:

- R είναι η απόσταση πομπού-δέκτη σε km
- λ είναι το μήκος κύματος σε cm

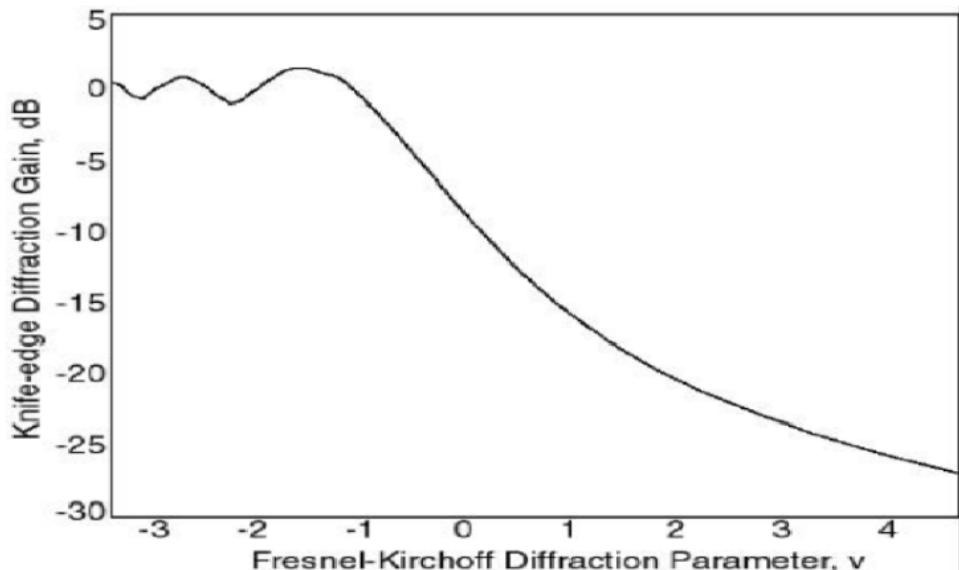
3.2.2 Απώλειες περίθλασης εμποδίου

Το μοντέλο αυτό ισχύει όταν το μήκος κύματος του σήματος είναι πολύ μικρότερο από το μέγεθος των εμποδίων και επίσης γίνεται η παραδοχή ότι είναι αιχμηρό.

$$V = h\sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} \quad (3.3)$$

- Όπου:
- h είναι η απόσταση ακμής εμποδίου από τον άξονα οπτικής επαφής
 - λ είναι το μήκος κύματος
 - d_1 είναι η απόσταση μεταξύ εμποδίου και κεραίας εκπομπής
 - d_2 είναι η απόσταση μεταξύ εμποδίου και κεραίας λήψης
 - V είναι η παράμετρος περίθλασης Fresnel-Kirchhoff.

Τελικά οι απώλειες δίνονται από την εικόνα 3.1 που ακολουθεί



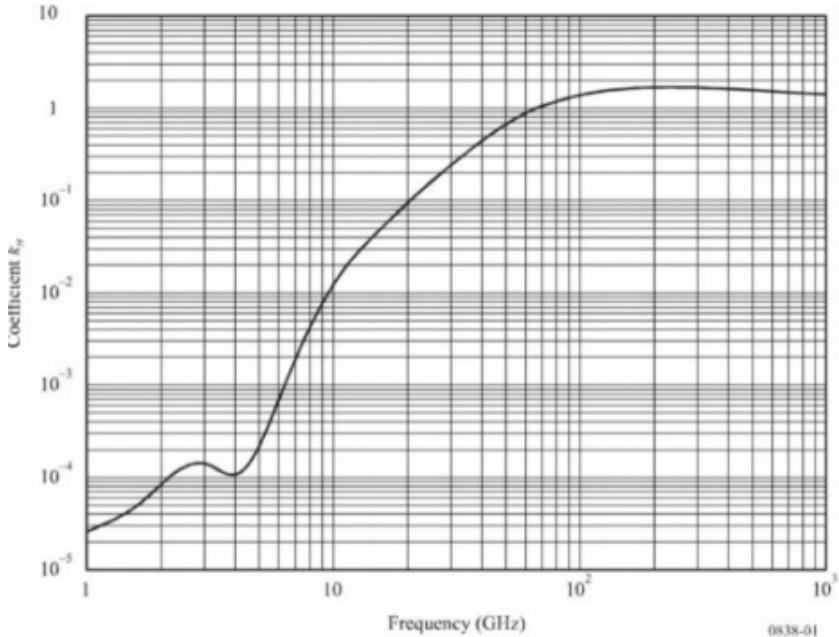
Εικόνα 3.1: Απώλειες περίθλασης αιχμηρού εμποδίου

3.2.3 Απώλειες λόγω βροχής

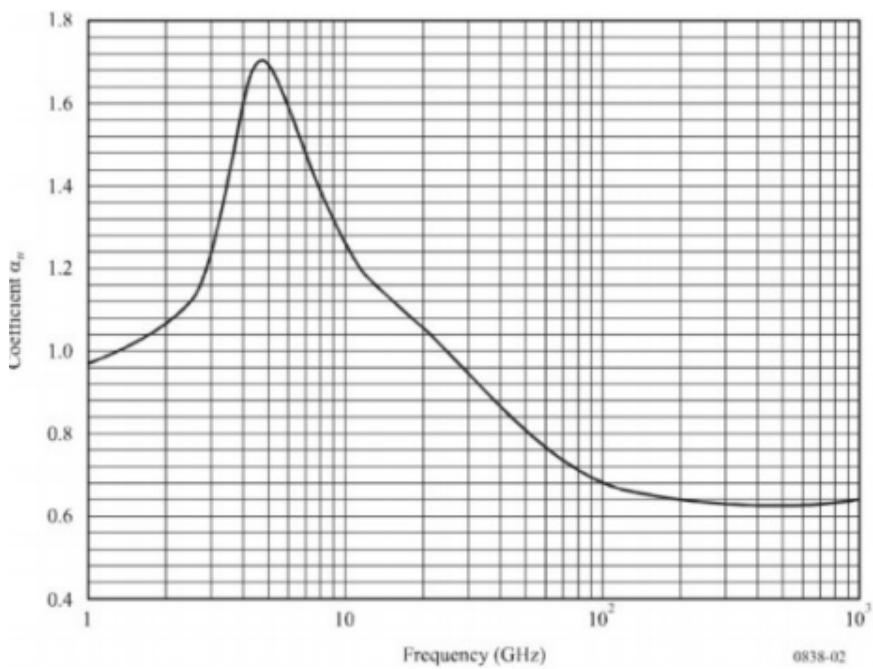
Οι απώλειες λόγω βροχής δίνονται από την σχέση:

$$\gamma_R = kR^a \quad (3.4)$$

όπου $R = 50\text{mm/h}$ είναι η συχνότητα βροχόπτωσης στην Ελλάδα και οι συντελεστές k και a δίνονται από τα παρακάτω διαγράμματα.



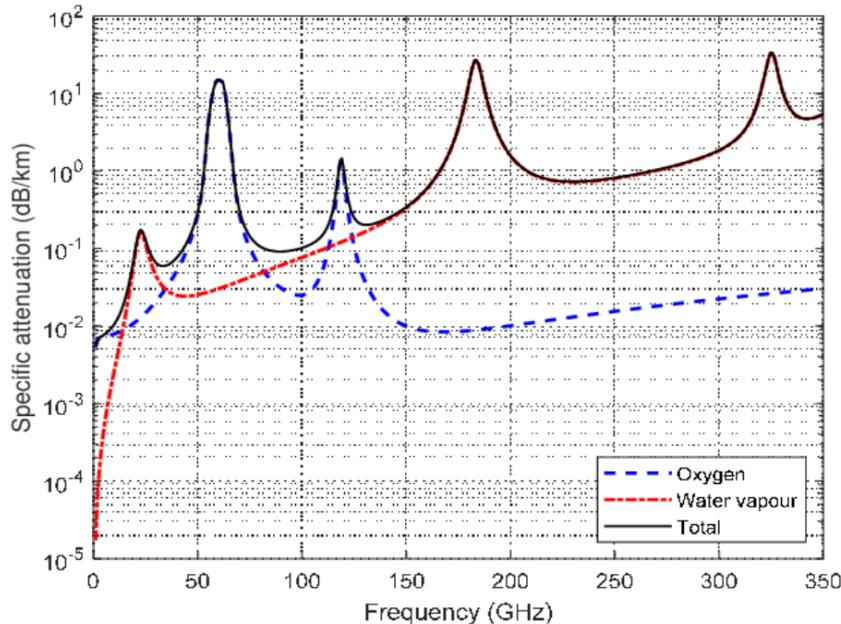
Εικόνα 3.2: Συντελεστής k -συχνότητα



Εικόνα 3.3: Συντελεστής a -συχνότητα

3.2.5 Απώλειες λόγω ατμοσφαιρικών αερίων

Η ειδική εξασθένηση λόγω απορρόφησης H/M ακτινοβολίας από τα ατμοσφαιρικά αέρια δίνεται από το παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 3.4: Απώλειες λόγω ατμοσφαιρικών αερίων

Για την ραδιοζεύξη στην συχνότητα των **10.5 Ghz** (όπως θα υπολογιστεί στην ενότητα 5.1) που μας ενδιαφέρει οι απώλειες αυτές θα είναι **0.02dB/km**. Επομένως θεωρούνται αμελητέες και δεν λαμβάνονται υπόψη.

3.2.6 Άλλες παραδοχές και απώλειες

Αποφασίζεται ως μέγιστο ύψος της κεραίας λήψης των καταναλωτών τα **24 m** δεδομένου ότι κάθε όροφος είναι περίπου 3 m και κάνοντας την υπόθεση ότι η ψηλότερη πολυκατοικία εντός της πόλης της Ηγουμενίτσας και άρα και του allotment 10 είναι οκταώροφη. Ως μέσο ύψος της κεραίας λήψης θεωρούνται τα **6.096 m**, ως προεπιλογή του λογισμικού δεδομένου ότι παρότι εντός πόλης υπάρχουν ψηλές πολυκατοικίες, στα χωριά και την επαρχία υπάρχουν αρκετά χαμηλά σπίτια. Για την κεραία εκπομπής αποφασίζεται ύψος **15 m** χωρίς να προσμετράται το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται η κεραία. Επίσης θεωρούμε απώλειες καλωδίων -γραμμών μεταφοράς της τάξης των **5 dB**. Στο τέλος αφήνεται ενα διαθέσιμο περιθώριο-**margin (3 dB)** για τις ενδεχόμενες πιθανές αποκλίσεις, λόγω προσεγγίσεων στις μετρήσεις των αποστάσεων, από τις πραγματικές απώλειες αλλά και για τις απώλειες του περιβάλλοντος (π.χ. βλάστηση, κτίρια κτλ.).

4. Μελέτη Ραδιοκάλυψης

4.1 Μέγιστη απόσταση ζεύξης οπτικής επαφής

Για κεραίες τοποθετημένες σε ύψη h_1 και h_2 η μέγιστη απόσταση ζεύξης οπτικής επαφής υπολογίζεται ως εξής:

$$d_{\max} = 3.57(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \text{ (km)} \quad (4.1)$$

Όπου τα h_1 και h_2 είναι άθροισμα του υψομέτρου του σημείου όπου βρίσκεται η κεραία + το ύψος της κεραίας και δίνονται σε m.

Για τις κεραίες λήψης θεωρούμε $h_{2\min} = 6$ m, που αποτελεί τη χειρότερη δυνατή περίπτωση αφού όλοι οι οικισμοί βρίσκονται σε επίπεδο υψηλότερο από την επιφάνεια της γης, δηλαδή $h_2 > h_{2\min}$.

Για την κεραία εκπομπής της Ηγουμενίτσας:

$$h_1 = 15 + 327 = 342 \text{ m} \Rightarrow d_{\max} \simeq 74 \text{ km}$$

Για την κεραία εκπομπής της Ψάκας:

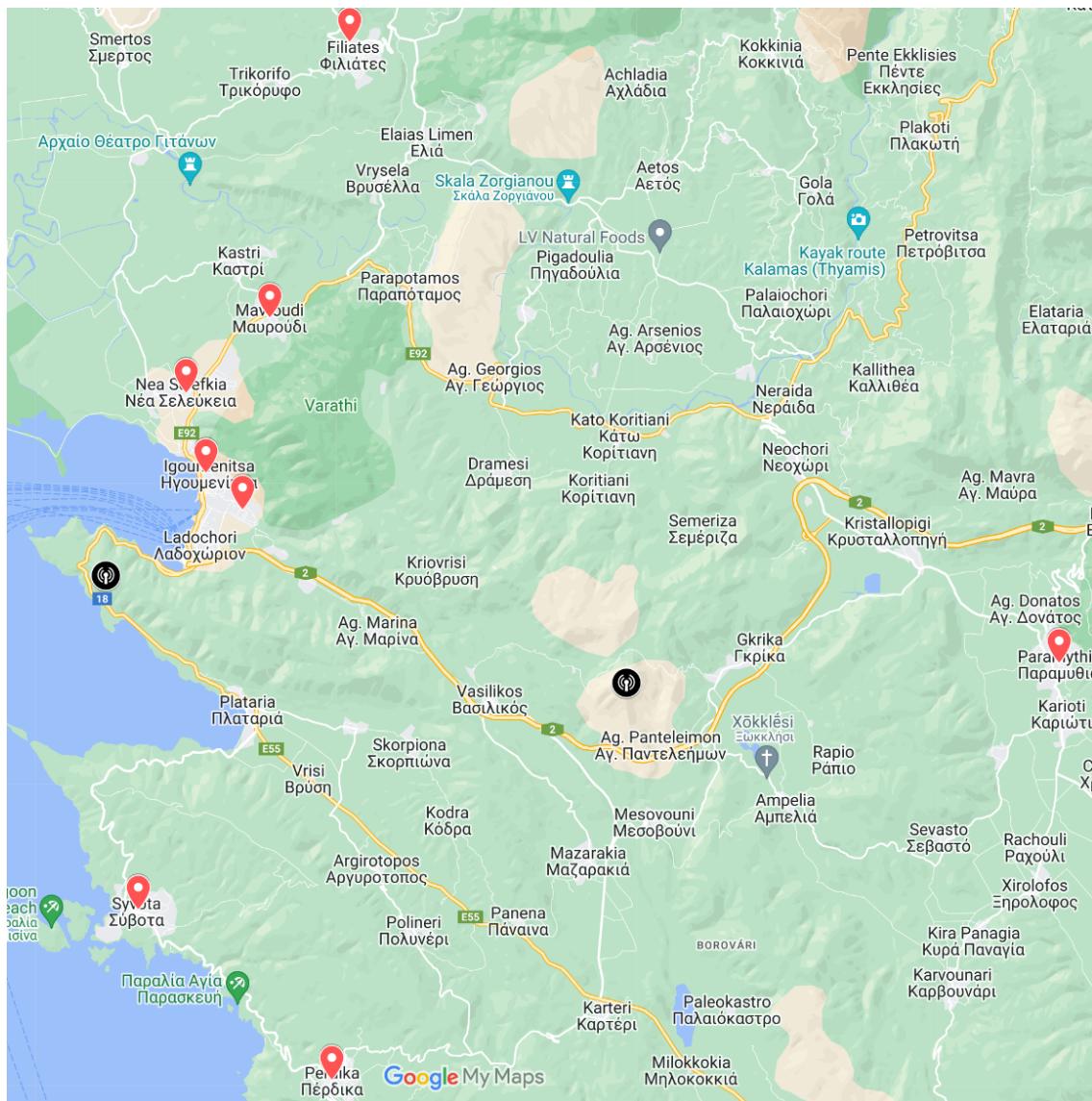
$$h_1 = 15 + 941 = 947 \text{ m} \Rightarrow d_{\max} \simeq 119 \text{ km}$$

4.2 Μηκοτομές

Η αντιστοίχιση των σημαντικότερων οικισμών με τους διαθέσιμους πομπούς και η απόσταση μεταξύ τους φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πομπός	Καλυπτόμενος οικισμός	Απόσταση
Ηγουμενίτσα	Ηγουμενίτσα	3.34 km
	Νέα Σελεύκεια	4.91 km
	Γραικοχώρι	3.72 km
	Μαυρούδι	7.60 km
Ψάκα	Φιλιάτες	17 km
	Παραμυθιά	10 km
	Πέρδικα	12 km
	Σύβοτα	13.3 km

Πίνακας 4.1: Κάλυψη και απόσταση πομπών - οικισμών



Εικόνα 4.1: Θέσεις πομπών και οικισμών. Με μαύρο σημειώνονται οι θέσεις των πομπών ενώ με κόκκινο οι θέσεις των οικισμών

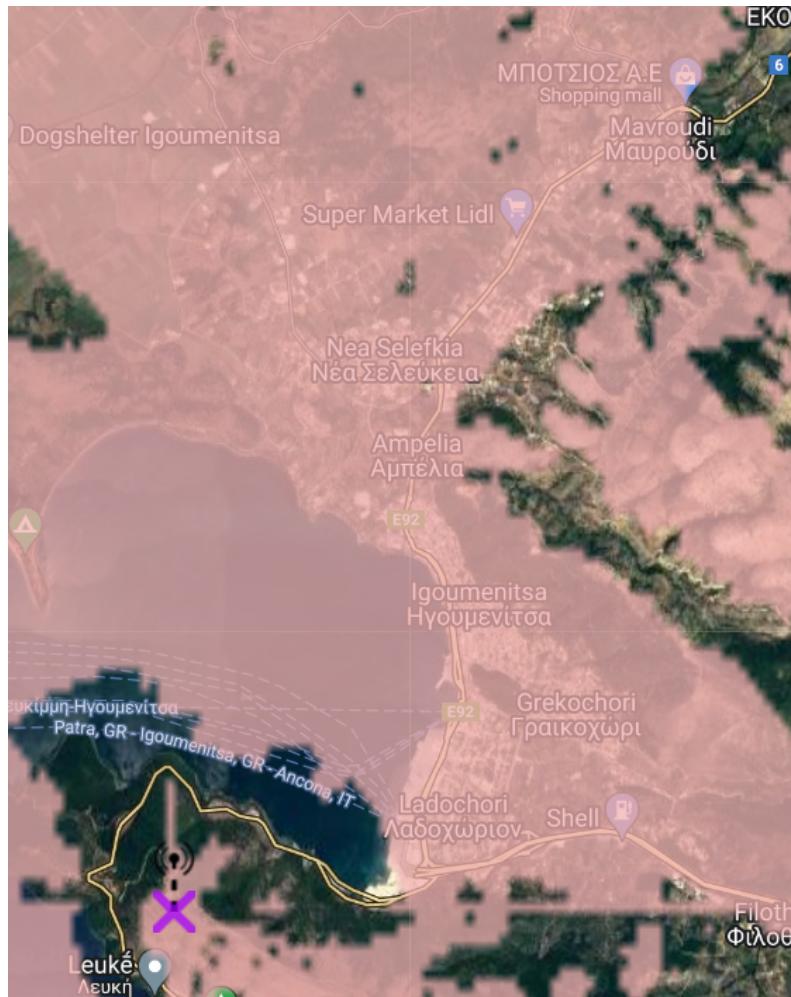
Το κέντρο εκπομπής στην Ηγουμενίτσα θα χρησιμοποιηθεί για την ραδιοκάλυψη της πόλης της Ηγουμενίτσας, καθώς και των οικισμών Νέα Σελεύκεια, Γραικοχώρι, Μαυρούδι. Το κέντρο εκπομπής στην Ψάκα θα χρησιμοποιηθεί για την ραδιοκάλυψη των οικισμών Φιλιάτες, Πέρδικα, Σύβοτα και Παραμυθιά. Ο διαμοιρασμός της κάλυψης των οικισμών έγινε με γνώμονα την ελάχιστη απόσταση εκπομπού-οικισμού, την κατά το δυνατόν ελάχιστη παρεμβολή από εμπόδια στη ζώνη Fresnel καθώς και το διάγραμμα ακτινοβολίας του κάθε εκπομπού.

Οι τιμές που αναγράφονται πάνω από κάθε διάγραμμα μηκοτομής αντιστοιχούν στο άνοιγμα της αξιμουθιακής γωνίας (οριζόντια πόλωση), στο άνοιγμα της γωνίας ορίζοντα (κατακόρυφης

πόλωσης), στο μήκος της ζεύξης και στο ποσοστό της ζώνης Fresnel που δεν επηρεάζεται από εμπόδια με το 100% να συμβολίζει πως υπάρχει ξεκάθαρη και ανεμπόδιστη οπτική επαφή.

4.2.1 Κέντρο εκπομπής Ηγουμενίτσας

Η περιοχή κάλυψης από το σταθμό εκπομπής της Ηγουμενίτσας (39.482850, 20.235839) παρουσιάζεται στην εικόνα 4.2. Και με τους τέσσερις οικισμούς υπάρχει ξεκάθαρη οπτική επαφή. Ο σταθμός βρίσκεται κοντά σε επαρχιακό δρόμο και άρα είναι δυνατή η πρόσβαση και ηλεκτροδότηση του.

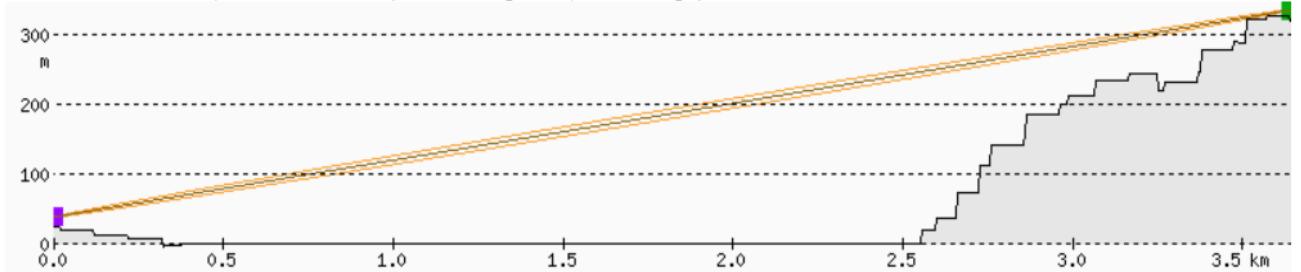


Εικόνα 4.2: Περιοχή κάλυψης από το σταθμό εκπομπής Ηγουμενίτσας

Ηγουμενίτσα - Κέντρο εκπομπής Ηγουμενίτσας

Igoumenitsa

220°/4.6°/4 km 100%, reverse 40°/-4.7° (15m above ground, 74 km range)



Εικόνα 4.3: Ηγουμενίτσα(πομπός) - Ηγουμενίτσα

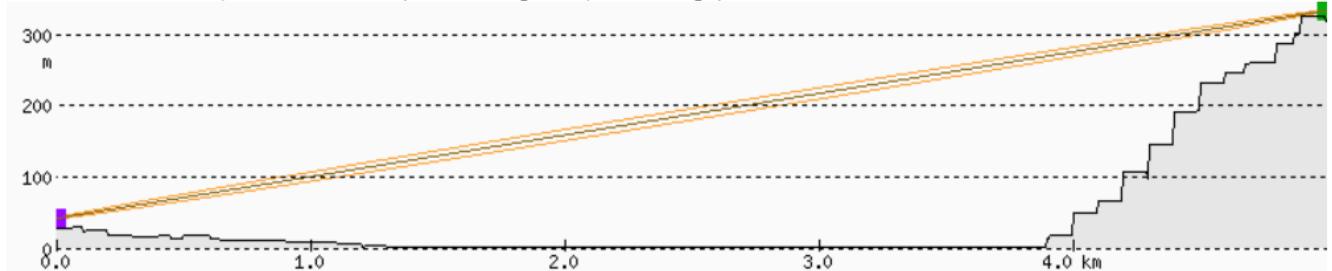
Η απόσταση ζεύξης είναι $d = 3.34 \text{ km}$, και σύμφωνα με τις παραδοχές που προηγήθηκαν τα ύψη των κεραιών εκπομπής και λήψης είναι $h_B = 15 \text{ m}$ και $h_M = 15 \text{ m}$ αντίστοιχα. Δεν υπάρχει κανένα εμπόδιο, οπότε οι απώλειες ελευθέρου χώρου είναι $L = 98.5 \text{ dB}$, σύμφωνα με τη σχέση (3.1).

Με παρόμοιο τρόπο υπολογίζονται οι απώλειες και για τις υπόλοιπες ζεύξεις.

Νέα Σελεύκεια - Κέντρο εκπομπής Ηγουμενίτσας

Igoumenitsa

197°/3.3°/5 km 100%, reverse 17°/-3.4° (15m above ground, 74 km range)



Εικόνα 4.4: Ηγουμενίτσα(πομπός) - Νέα Σελεύκεια

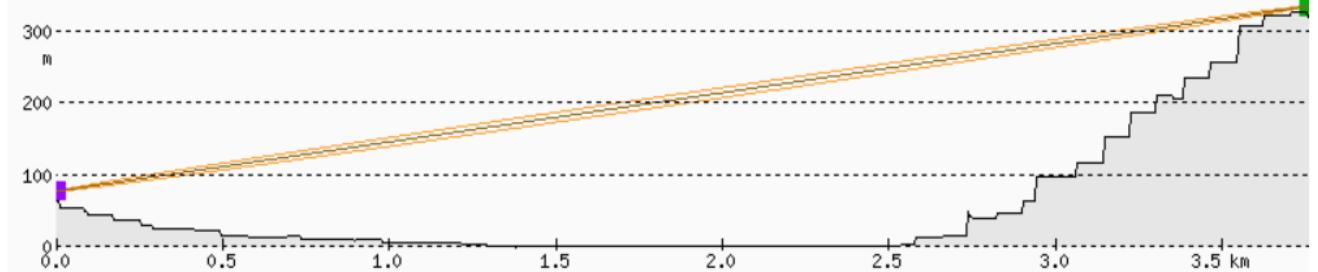
$d = 5 \text{ km}$, $h_B = 15 \text{ m}$, $h_M = 15 \text{ m}$

Απώλειες ελευθέρου χώρου: $L = 102 \text{ dB}$

Γραικοχώρι - Κέντρο εκπομπής Ηγουμενίτσας

Igoumenitsa

238°/3.9°/4 km 100%, reverse 58°/-3.9° (15m above ground, 74 km range)



Εικόνα 4.5: Ηγουμενίτσα(πομπός) - Γραικοχώρι

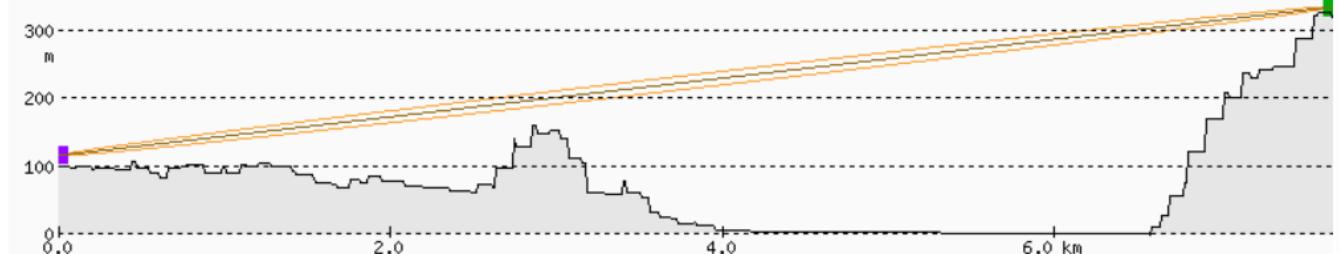
$$d = 4 \text{ km}, h_B = 15 \text{ m}, h_M = 15 \text{ m}$$

$$\text{Απώλειες ελευθέρου χώρου: } L = 100 \text{ dB}$$

Μαυρούδι - Κέντρο εκπομπής Ηγουμενίτσας

Igoumenitsa

207°/1.6°/8 km 100%, reverse 27°/-1.7° (15m above ground, 74 km range)



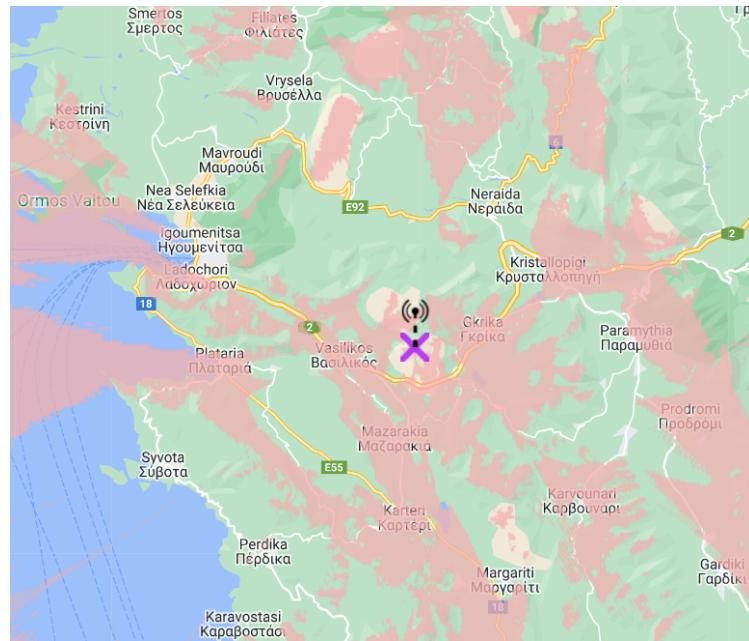
Εικόνα 4.6: Ηγουμενίτσα(πομπός) - Μαυρούδι

$$d = 7.5 \text{ km}, h_B = 15 \text{ m}, h_M = 15 \text{ m}$$

$$\text{Απώλειες ελευθέρου χώρου: } L = 105.6 \text{ dB}$$

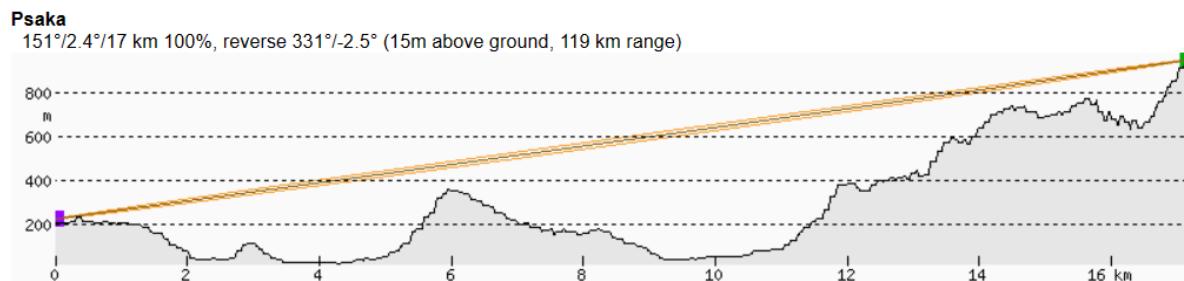
4.2.2 Κέντρο εκπομπής Ψάκας

Για τις επόμενες ζεύξεις από το κέντρο εκπομπής Ψάκας υπολογίζονται οι απώλειες με παρόμοιο τρόπο. Παρακάτω φαίνεται η περιοχή κάλυψης από το σταθμό εκπομπής της Ψάκας (39.460321, 20.386815). Με τους οικισμούς Φιλιάτες και Παραμυθιά υπάρχει ξεκάθαρη οπτική επαφή, ενώ με τους οικισμούς Πέρδικα και Σύβοτα όχι. Το κέντρο βρίσκεται δίπλα σε επαρχιακό δρόμο, επομένως είναι δυνατή η πρόσβαση σε αυτό και η ηλεκτροδότηση του.



Εικόνα 4.7: Περιοχή κάλυψης από το σταθμό εκπομπής της Ψάκας

Φιλιάτες - Κέντρο εκπομπής Ψάκας

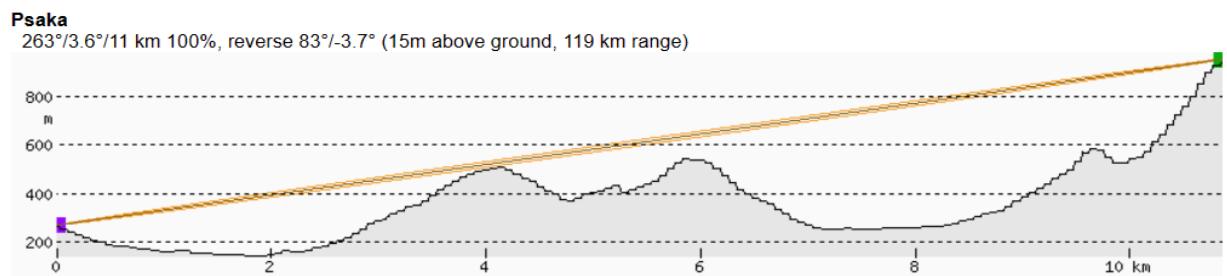


Εικόνα 4.8: Ψάκα(πομπός) - Φιλιάτες

$$d = 17 \text{ km}, h_B = 15 \text{ m}$$

Απώλειες ελευθέρου χώρου: $L = 113 \text{ dB}$

Παραμυθιά - Κέντρο εκπομπής Ψάκας



Εικόνα 4.9: Ψάκα(πομπός) - Παραμυθιά

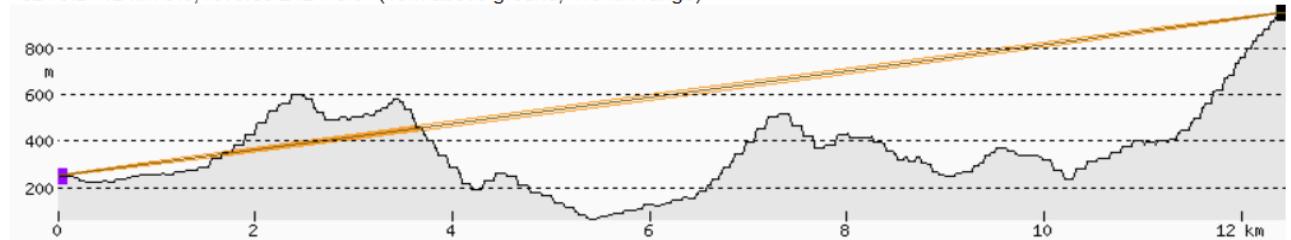
$$d = 11 \text{ km}, h_B = 15 \text{ m}$$

Απώλειες ελευθέρου χώρου: $L = 109 \text{ dB}$

Πέρδικα - Κέντρο εκπομπής Ψάκας

Psaka

32°/3.2°/12 km 0%, reverse 212°/-3.3° (15m above ground, 119 km range)



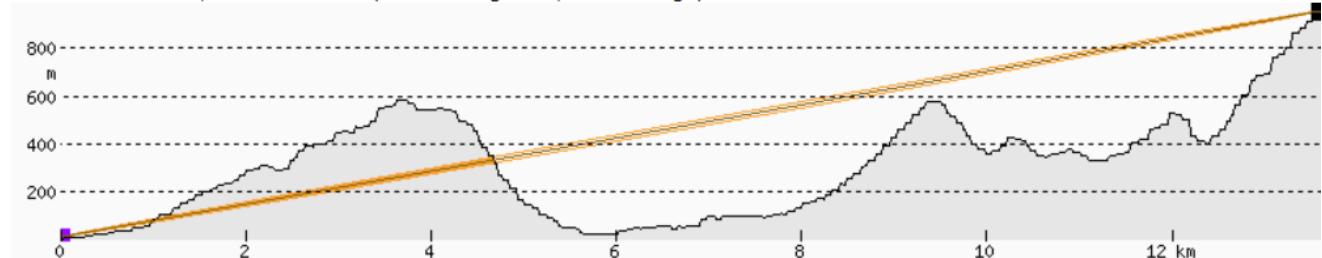
Εικόνα 4.10: Ψάκα(πομπός) - Πέρδικα

Η απόσταση ζεύξης είναι 12 km αλλά παρεμβάλλεται εμπόδιο μεγάλης έκτασης ενώ οι απώλειες λόγω διάδοσης υπολογίζονται $L = 110 \text{ dB}$. Έτσι η ραδιοκάλυψη των οικισμών Πέρδικα και Σύβοτα θα πραγματοποιηθεί τοποθετώντας έναν αναμεταδότη. Ο αναμεταδότης τοποθετείται στο σημείο με συντεταγμένες 39° 22' 56.41" N, 20° 20' 11.46" E και υψόμετρο 515 m. Η κεραία έχει ύψος $h_{\alpha\alpha\mu} = 15 \text{ m}$. Απέχει 4 km από τους οικισμούς που μας ενδιαφέρουν και βρίσκεται κοντά σε επαρχιακό δρόμο διευκολύνοντας την πρόσβαση στον αναμεταδότη και την ηλεκτροδότηση του. Παρακάτω δίνεται η περιοχή κάλυψης του αναμεταδότη, όπου είναι εμφανές πως υπάρχει οπτική επαφή ανάμεσα σε αυτόν, το κέντρο εκπομπής Ψάκας και τον οικισμό Πέρδικα.

Σύβοτα - Κέντρο εκπομπής Ψάκας

Psaka

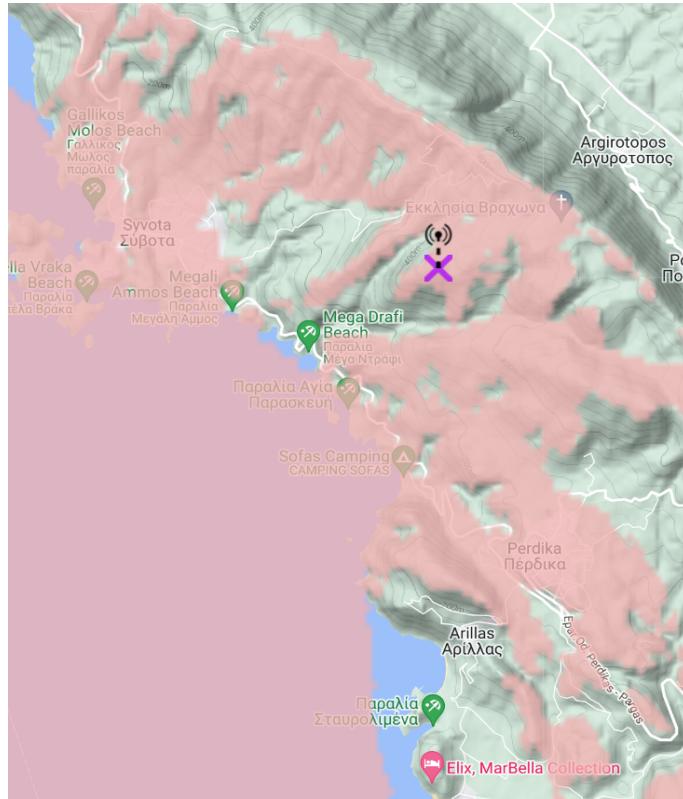
60°/3.9°/14 km 0%, reverse 240°/-4° (15m above ground, 119 km range)



Εικόνα 4.11: Ψάκα(πομπός) - Σύβοτα

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, υπάρχει εμπόδιο μεγάλης έκτασης μεταξύ πομπού και δέκτη οπότε θα χρησιμοποιηθεί ο αναμεταδότης που αναφέρθηκε παραπάνω. Ο αναμεταδότης απέχει 4 km, ενώ είναι εμφανές πως υπάρχει ξεκάθαρη οπτική επαφή με τον οικισμό Σύβοτα.

Αναμεταδότης Ψάκας

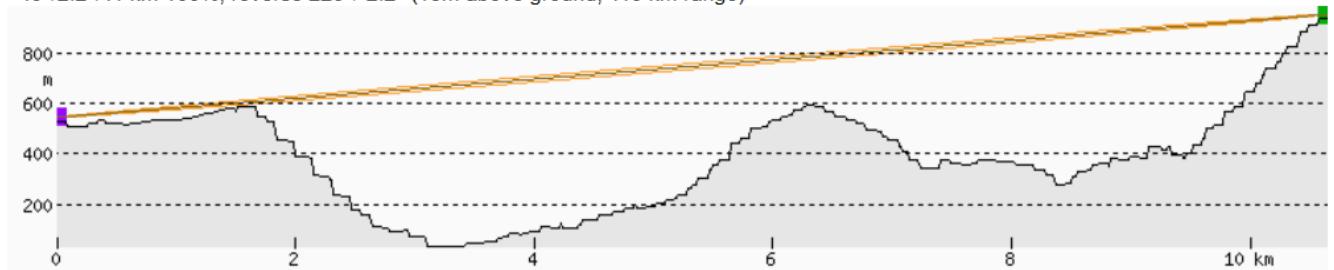


Εικόνα 4.12: Περιοχή κάλυψης του Αναμεταδότη Ψάκας

Αναμεταδότης Ψάκας - Κέντρο εκπομπής Ψάκας

Psaka

49°2.2°/11 km 100%, reverse 229°/-2.2° (15m above ground, 119 km range)



Εικόνα 4.13: Ψάκα(πομπός) - Αναμεταδότης

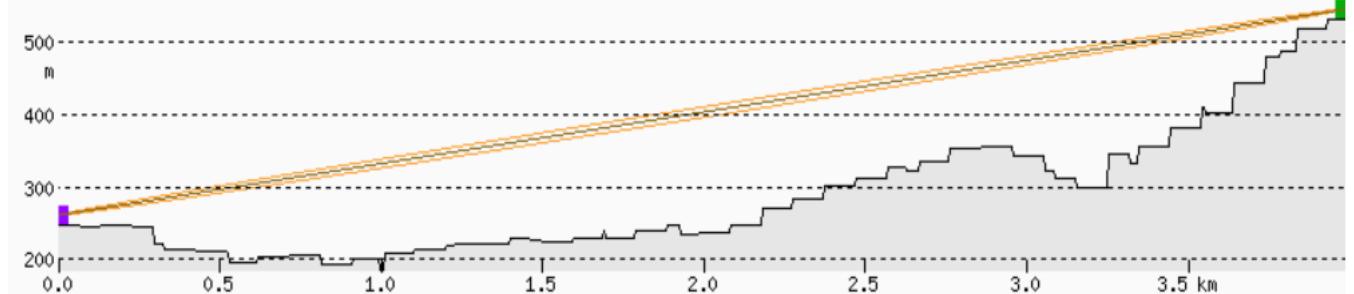
$$d = 11 \text{ km}, h_B = 15 \text{ m}$$

$$\text{Απώλειες ελευθέρου χώρου: } L = 102 \text{ dB}$$

Πέρδικα - Αναμεταδότης Ψάκας

Αναμεταδότης

337°/4.1°/4 km 100%, reverse 157°/-4.1° (15m above ground, 20 km range)



Εικόνα 4.14: Αναμεταδότης - Πέρδικα

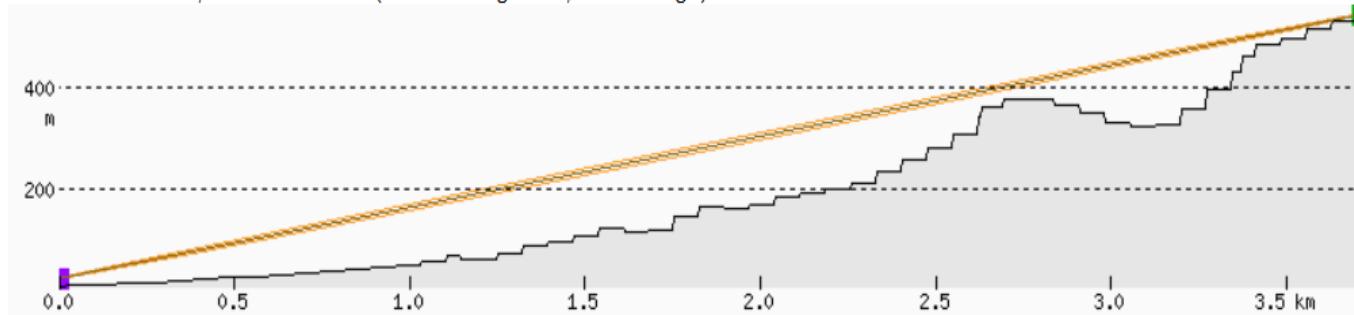
$$d = 4 \text{ km}, h_B = 15 \text{ m}$$

Απώλειες ελευθέρου χώρου: $L = 100 \text{ dB}$.

Σύβοτα - Αναμεταδότης Ψάκας

Αναμεταδότης

92°/8°/4 km 100%, reverse 272°/-8° (15m above ground, 20 km range)



Εικόνα 4.15: Αναμεταδότης - Σύβοτα

$$d = 4 \text{ km}, h_B = 15 \text{ m}$$

Απώλειες ελευθέρου χώρου: $L = 100 \text{ dB}$.

4.3 Υπολογισμός απωλειών κέντρων εκπομπής

Στον πίνακα 4.2 παρακάτω παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία για όλες τις ζεύξεις με τα κέντρα εκπομπής.

Πομπός	Καλυπτόμενος οικισμός	Απόσταση (km)	Απώλειες (dB)
Ηγουμενίτσα	Ηγουμενίτσα	3.34 km	98.5
	Νέα Σελεύκεια	4.91 km	101.84
	Γραικοχώρι	3.72 km	99.43
	Μαυρούδι	7.60 km	105.6
Ψάκα	Φιλιάτες	17 km	112.63
	Παραμυθιά	10 km	108
Αναμεταδότης Ψάκας	Πέρδικα	4 km	100
	Σύβοτα	4 km	100

Πίνακας 4.2: Συγκεντρωτικά στοιχεία για τις ζεύξεις

4.4 Εξοπλισμός

Εκπομπή

Προϋποθέσεις κεραιών:

- κεραίες Panel, ώστε να προστατεύονται από τις καιρικές συνθήκες
- οριζόντια πόλωση
- εύρος ζώνης ώστε να καλύπτεται το κανάλι 566-574 MHz (UHF)

Για την υλοποίηση του δικτύου χρησιμοποιούμε τις οδηγίες της κοινής υπουργικής απόφασης 14879/2018 όσον αφορά τα διαγράμματα ακτινοβολίας, τους τύπους κεραιών και τα επιτρεπτά όρια. Είναι επιθυμητό η μορφή του διαγράμματος ακτινοβολίας να συμπίπτει με εκείνη του διαγράμματος ακτινοβολίας το οποίο προτείνεται από τη νομοθεσία και βάσει του οποίου έγινε η μελέτη της κάλυψης του allotment 10. Επίσης επιθυμητό η πόλωση της κεραίας εκπομπής να είναι οριζόντια, διότι στην Ελλάδα κατά κανόνα οι κεραίες λήψης έχουν οριζόντια πόλωση.

Η κεραία που επιλέγεται τελικά και για τα δύο κέντρα εκπομπής, καθως και για τον αναμεταδότη είναι η UTV-01 UHF PANEL ANTENNA της σειράς SIRA της γερμανικής εταιρείας Kathrein.

Τα βασικότερα χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρουν στο πλαίσιο της μελέτης είναι τα εξής:

- Εύρος λειτουργίας: 470-860 MHz, επομένως καλύπτει το εύρος της τηλεόρασης
- Οριζόντια πόλωση
- Max Power=2.5 kW
- Πολύ καλή μηχανική αντοχή: Wind Load=0.7 kN
- Τοποθέτηση απευθείας πάνω στον ιστό-πυλώνα

Ειδικότερα τα ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με το επίσημο datasheet της εταιρείας παρατίθενται παρακάτω:

UTV-01
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-01/E *
FREQUENCY RANGE	470 ÷ 860 MHz	
IMPEDANCE	50 ohm	
CONNECTOR	7/8" EIA 90°	7/16 F 90° or 7/8" EIA 90°
MAX POWER	2.5 kW	1.5 kW (7/16 F 90°) 2.5 kW (7/8" EIA 90°)
VSWR	≤ 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	

* UTV-01/E: white radome only

RADIATION PATTERNS (Mid Band)

H-Plane **E-Plane**

MECHANICAL DATA

DIMENSIONS mm (in)	1000 x 450 x 280 (7/8" EIA 90°)
WEIGHT kg (lb)	14.5 (32)
WIND SURFACE m² (ft²)	0.45 (4.8)
WIND LOAD kN (lbf)	0.70 (157)
at 160 km/h (100 mph)	
MAX WIND VELOCITY km/h (mph)	220 (136.7)
MATERIALS	Brass, aluminium, stainless steel, teflon, fiberglass (radome)
ICING PROTECTION	Full radome
RADOME COLOUR	Orange (RAL 2005) - White (standard)
MOUNTING	Directly on supporting mast or with special pipe clamps

VSWR

GAIN (dB)

FREQ. (MHz)



Specifications are subject to change without prior notice

UHF ANTENNAS

65

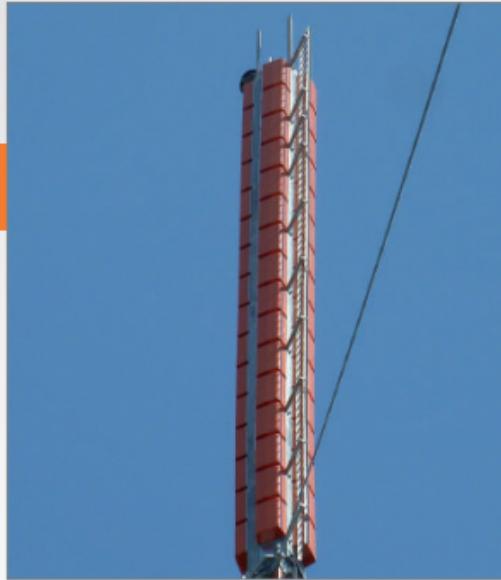
Εικόνα 4.16: UTV-01 UHF PANEL ANTENNA, Datasheet page 1.

UTV-01

UHF PANEL ANTENNA

FEATURES

- radiating systems with UTV-01 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 or ≤ 1.15 Throughout the frequency range
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.

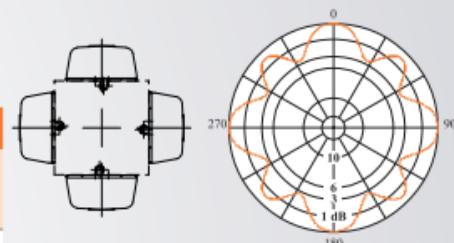
MECHANICAL DATA

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

UHF PANEL ANTENNA

HORIZONTAL PATTERNS WITH 2, 3 AND 4 FACES AT 666 MHz



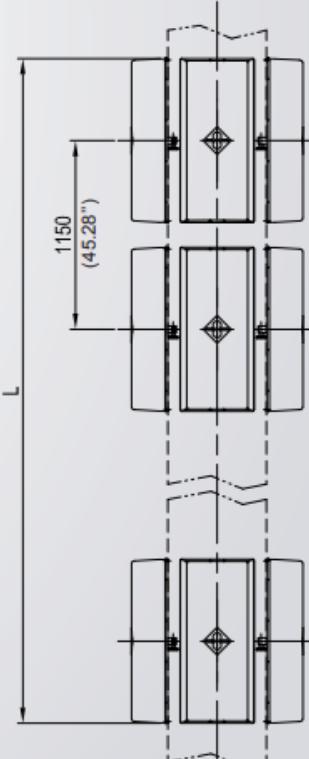
TECHNICAL DATA

NUMBER OF BAYS	PANELS PER BAY	GAIN dB (1)	GAIN TIMES (1)	WEIGHT (2) kg (lb)	ANTENNA HEIGHT L m (ft)	WIND LOAD (3) kN (lbf)	WIND LOAD (4) kN (lbf)
2	1	15.1	32.4	38 (84)	1.98 (445)	5.66 (1272)	
	2	12.2	16.6	84 (185)	2.15	4.34 (976)	8.03 (1805)
	3	10.3	10.7	122 (269)	(7.05)	5.38 (1209)	9.06 (2037)
	4	9.1	8.2	168 (370)		5.23 (1176)	8.92 (2005)
4	1	18.3	67.6	84 (185)	4.08 (917)	7.77 (1747)	
	2	15.3	34	168 (370)	4.45	8.98 (2019)	12.67 (2848)
	3	13.5	22.4	281 (620)	(14.6)	10.68 (2401)	14.37 (3231)
	4	12.3	17	340 (750)		10.37 (2331)	14.06 (3161)
6	1	20	100	122 (269)	6.29 (1414)	9.97 (2241)	
	2	17	50.1	281 (620)	6.75	13.65 (3069)	17.33 (3896)
	3	15.3	34	378 (833)	(22.15)	16.16 (3633)	19.85 (4462)
	4	14	25.2	460 (1014)		15.71 (3532)	19.40 (4361)
8	1	21.3	134.8	168 (370)	8.31 (1868)	12.00 (2698)	
	2	18.3	67.6	340 (750)	9.05	18.27 (4107)	21.95 (4935)
	3	16.6	45.7	460 (1014)	(29.69)	21.67 (4872)	25.36 (5701)
	4	15.3	34	583 (1286)		21.04 (4730)	24.73 (5560)
10	1	22.3	169.8	224 (494)	10.42 (2343)	14.10 (3170)	
	2	19.3	85.1	418 (922)	11.35	21.09 (4741)	24.78 (5571)
	3	17.6	57.5	672 (1482)	(37.24)	27.14 (6101)	30.83 (6931)
	4	16.3	42.6	896 (1976)		26.36 (5926)	30.04 (6753)
12	1	23	199.5	281 (620)	12.54 (2819)	16.23 (3649)	
	2	20.1	102.3	460 (1014)	13.65	27.54 (6191)	31.23 (7021)
	3	18.3	67.6	843 (1859)	(44.78)	31.97 (7187)	35.65 (8014)
	4	17.1	51.2	992 (2187)		32.08 (7212)	35.77 (8041)
16	1	24.3	269.2	340 (750)	16.75 (3766)	20.44 (4595)	
	2	21.3	134.8	583 (1286)	18.25	36.78 (8268)	40.47 (9098)
	3	19.6	91.2	992 (2187)	(59.88)	43.14 (9698)	46.83 (10527)
	4	18.4	69.2	1263 (2785)		44.16 (9928)	47.85 (10756)

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

(2) without mounting hardware

(3) Without top mast, v= 160 km/h (100 mph) (4) With top mast, v= 160 km/h (100 mph)

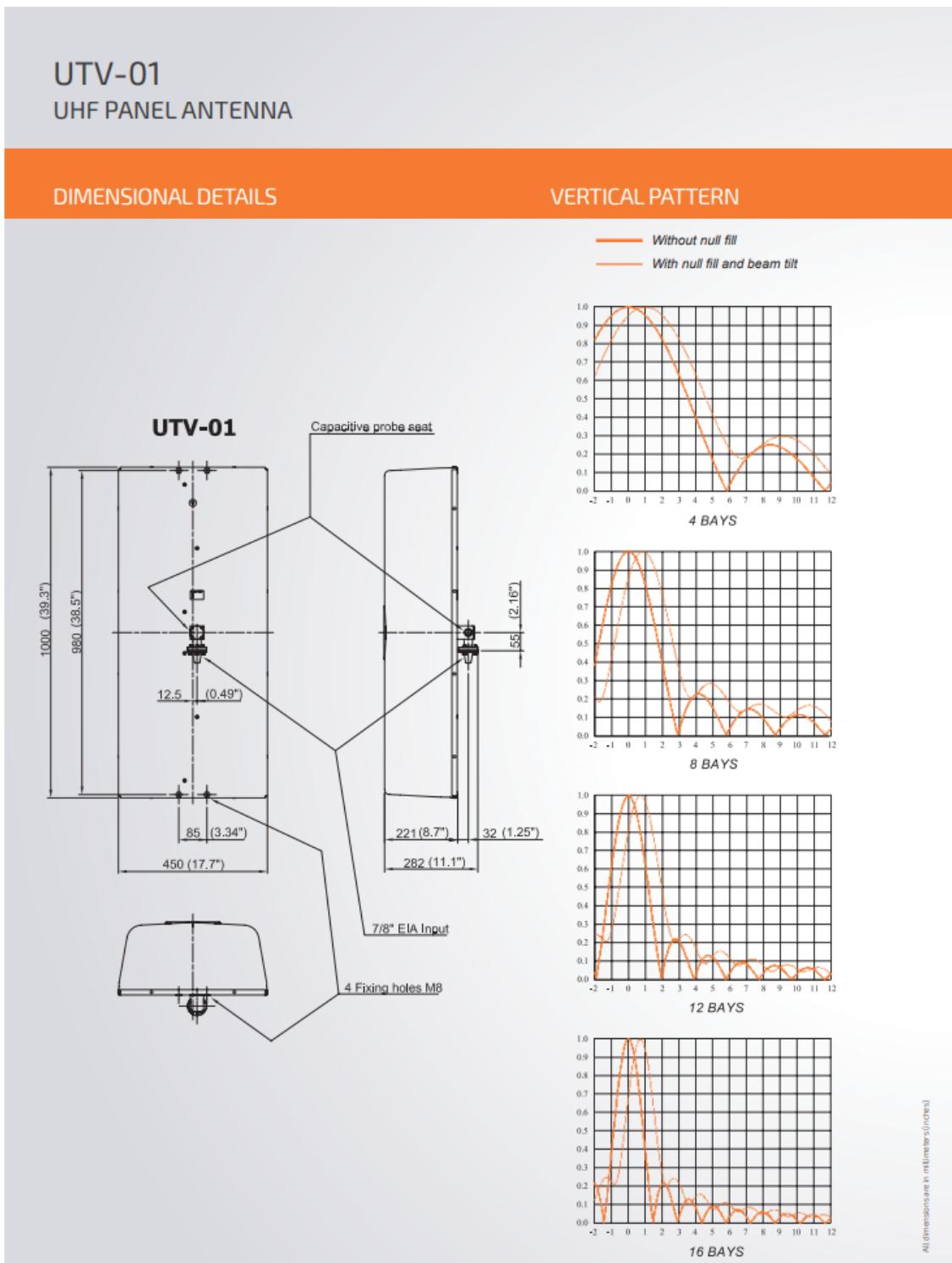


Specifications are subject to change without prior notice

UHF ANTENNAS

67

Eukóva 4.18: UTV-01 UHF PANEL ANTENNA, Datasheet page 3.



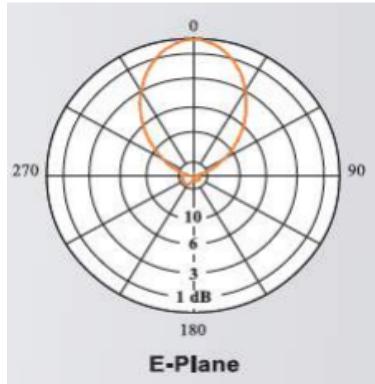
Εικόνα 4.19: UTV-01 UHF PANEL ANTENNA, Datasheet page 4.

Σημείωση: Το Κέρδος (Gain) της κεραίας δίνεται αναφορικά με το κέρδους δίπολου μισού μήκους κύματος (dBd), οπότε σε αυτή την τιμή προσθέτουμε 2.15 ώστε να εκφράζεται αναφορικά με το κέρδος ισοτροπικής κεραίας (dBi).

1. Σταθμός εκπομπής Ηγουμενίτσας

Με βάση, λοιπόν, τις απαιτήσεις για το ύψος της κεραίας και τον αριθμό των PANELS/BAY επιλέγεται η κεραία με 16 bays, χρησιμοποιείται 1 panel και η κεραία εκπέμπει προς μία πλευρά (face). Ο λοβός στοχεύει στην πόλη της Ηγουμενίτσας

$$\text{Κέρδος } G = 24.3 + 2.15 = 26.45 \text{ dBi}$$

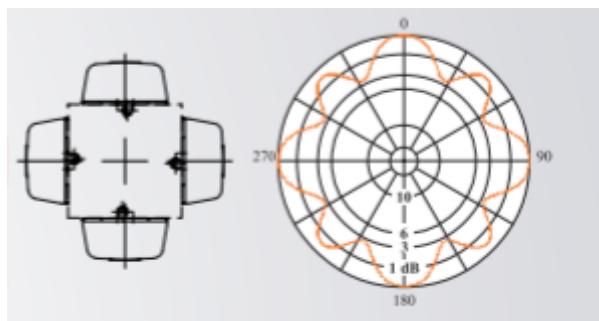


Εικόνα 4.20: Πραγματικό διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας του σταθμού εκπομπής Ηγουμενίτσας.

2. Σταθμός εκπομπής Ψάκας

Με βάση τις απαιτήσεις για το ύψος της κεραίας και τον αριθμό των PANELS/BAY επιλέγεται η κεραία με 16 bays, χρησιμοποιούνται 4 panel και η κεραία εκπέμπει πανκατευθυντικά.

$$\text{Κέρδος } G = 18.4 + 2.15 = 20.55 \text{ dBi}$$

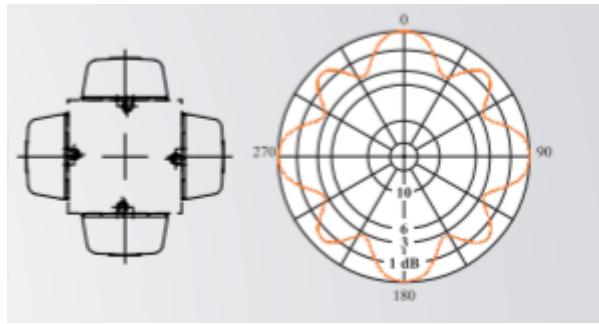


Εικόνα 4.21: Πραγματικό διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας του σταθμού εκπομπής Ψάκας.

3. Αναμεταδότης

Με βάση τις απαιτήσεις για το ύψος της κεραίας και τον αριθμό των PANELS/BAY επιλέγεται η κεραία με 16 bays, χρησιμοποιούνται 4 panel και η κεραία εκπέμπει πανκατευθυντικά.

$$\text{Κέρδος } G = 18.4 + 2.15 = 20.55 \text{ dBi}$$



Εικόνα 4.22: Πραγματικό διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας του αναμεταδότη Ψάκας.

Επειδή το σήμα στον αναμεταδότη φτάνει εξασθενημένο λόγω των απωλειών και επειδή θέλουμε να αποφύγουμε την αύξηση της ισχύος του κέντρου εκπομπής χρησιμοποιούμε ενεργό αναμεταδότη. Συγκεκριμένα, επιλέγουμε τον αναμεταδότη HALO Digital SFN Repeater της εταιρίας Elti.



Specifications

Digital SFN repeater / MFN transposer

Supported standards	DVB-T/H/T2/T2-LITE: EN 300 744, EN 302 304, EN 302 755 ISDB-T/TB: ARIB STB-B31, TR-B14 ATSC: A/53, A/110 DAB, DAB+: EN 300 401 v1.4.1
Input	SMA, 50Ω, 150-900 MHz
Output	N female, 50Ω, VHF band III 174-240 MHz, UHF band IV/V 470-862 MHz
Bandwidth	1,5 / 1,7 / 5 / 6 / 7 / 8 MHz
ECHO CANCELLER	
Sensitivity	-75 to -10 dBm
Gain loop	15 dB typical
Compensation window	7 µs and 14 µs
Echo compensation level	> 40 dB
Frequency response	± 0,1 dB
CONTROL AND MONITORING	
Local control and monitoring	Local operation with integrated LCD and/or computer
Remote control	Over Ethernet (web browser), SNMP, IEC 864-1 (optional)
Supported protocols	TCP/IP, HTTP, SNMP
GENERAL DATA	
Frequency range	VHF band III 174-240 MHz, UHF band IV/V 470-862 MHz, 50Ω
Frequency stability	1 × 10 ⁻⁷
Output power	50W rms and 200W rms
Dimensions and weight	50W rms: 400 mm × 19" × 1U, 4,5 kg, 200W rms: 545 mm × 19" × 2U, 15 kg
Return loss	> 18 dB
Power stability	± 0,25 dB
Supply voltage and frequency	110/230 V ±15%, 47 to 63 Hz
Power factor	>0,95 (typical 0,98)
Cooling	Air cooling
Nominal operating temperature	In accordance with ETS 300 019-1-3 (class 3.2) -5°C to +50°C
Relative humidity	In accordance with ETS 300 019-1-3 (class 3.2) 95% RH @ 30°C, no condensation, [8%-100% for transportation and storage]
Maximum altitude	2.800m, higher on request
PROTECTION	
Output power, Reflected power, Over current, Over temperature, Over voltage, Lighting protection	
CONFORMITY WITH STANDARDS	
Low voltage directive	73/23/EEC
EMC directive	89/336/EEC
CE Marking directive	93/68/EEC

Εικόνα 4.23: Χαρακτηριστικά του αναμεταδότη HALO Digital SFN Repeater.

Λήψη

Οικισμοί

Ως κεραίες λήψης στους 8 οικισμούς χρησιμοποιούνται κεραίες τύπου **Yagi-Uda** με κέρδος **15 dBi** με κατάλληλο προσανατολισμό ώστε να στοχεύουν στο κέντρο εκπομπής που εξυπηρετεί τον αντίστοιχο οικισμό.



Εικόνα 4.24: Κεραία Yagi - Uda

Αναμεταδότης

Για τη λήψη του σήματος στον **Αναμεταδότη-Ψάκας** θα χρησιμοποιήσουμε, παρόμοια με την εκπομπή που αναφέρθηκε παραπάνω, ένα UTV-01 UHF PANEL της SIRA που στοχεύει απευθείας στο κέντρο εκπομπής της Ψάκας και καλύπτει τη συχνότητα που μας ενδιαφέρει.

	<p>UHF Antennas</p> <p>UTV-01 – UHF Panel Antenna</p> <table border="0"> <tbody> <tr> <td>Frequency range</td><td>470 ÷ 860 MHz</td></tr> <tr> <td>Gain</td><td>12 dB</td></tr> <tr> <td>Polarization</td><td>horizontal</td></tr> <tr> <td>Input connector</td><td>7-16F or 7/8" EIA</td></tr> <tr> <td>Input power</td><td>1.5 kW or 2.5 kW</td></tr> </tbody> </table>	Frequency range	470 ÷ 860 MHz	Gain	12 dB	Polarization	horizontal	Input connector	7-16F or 7/8" EIA	Input power	1.5 kW or 2.5 kW
Frequency range	470 ÷ 860 MHz										
Gain	12 dB										
Polarization	horizontal										
Input connector	7-16F or 7/8" EIA										
Input power	1.5 kW or 2.5 kW										

Εικόνα 4.25: UTV-01 UHF PANEL ANTENNA

Τροφοδοσία κεραιών

Για την τροφοδοσία των κεραιών χρησιμοποιούνται ομοαξονικά καλώδια. Για την βέλτιστη συμβατότητα, για τις συγκεκριμένες κεραίες εκπομπής που επιλέχθηκαν χρησιμοποιούνται καλώδια με χαρακτηριστική αντίσταση Z_0 τα 50Ω , ενώ για τις κεραίες λήψης καλώδια χαρακτηριστικής αντίστασης 75Ω . Ένα από τα πιο διαδεδομένα ομοαξονικά καλώδια των 75Ω για τηλεόραση είναι και το **RG-6U**, ενώ για τα 50Ω το **RG-58U**.

Τύπος	$Z_0 (\Omega)$	Εξ. διάμετρος (mm)	Απόσβεση (dB/m)	Τάση (V)
RG-6U	75	8.4	0.2834	2700
RG-58U	50	5	0.57	1900

Πίνακας 4.3: Χαρακτηριστικά των καλωδίων τροφοδοσίας των κεραιών



Description

Likely the most familiar RG "Radio Guide" grade coaxial cable is RG6 or RG6/U (U stands for Utility). It is the ideal choice for home and commercial applications for carrying audio/video transmission such as TV or CCTV. RG6 cables are versatile and very flexible and the thinner construction is also more cost effective than many other alternatives. RG6 is good for most applications although for more rigorous, high end frequency or long distance connections there may be a loss of signal quality. RG11 cables are better for long runs and higher frequencies but are more rigid (difficult to use around bends) and ultimately more expensive. RG6 cables have characteristic 18 awg conductor and 75Ω Ohm impedance, but come in various construction designs.

Construction

Inner Conductor: 18 Awg Solid Bare Copper

Dielectric: Foam Polyethylene (PE)

Shield: Various available constructions with Foil, Mylar and different levels of Bare or Tinned Copper or Aluminum Braid - See below

Jacket: Polyvinyl Chloride (PVC); PVC [non-contaminating Type II per Mil-C-17]

Temperature Rating

-40°C to +85°C

Application

Residential or Commercial use. Versatile uses such as television transmission signal & secure communications.

Approvals

CSA FTI/FT4
UL 1685 (UL1581 Vertical Tray) Flame test
UL 444, UL 13
Mil-C-17/ Mil-DTL-17

Voltage Rating

300 Volts

RG6/U Foil Shield & 4 drains

Sycom Part Number	RG/U	Conductor	Insulation	Shield/Coverage	Jacket/Dia.	Nom. Imped.	Vel. %	Nom. Cap. pF/Ft.
M1A06F	6/U	18 AWG, Solid, BC	Foam PE	AL/Mylar Foil & 4 x 28 AWG Drains TCW	PVC .242"	75	78	17.3



RG6/U, Foil & Braid Shield

Sycom Part Number	RG/U	Conductor	Insulation	Shield/Coverage	Jacket/Dia.	Nom. Imped.	Vel. %	Nom. Cap. pF/Ft.
M1A06FB	6/U	18 AWG, Solid, BC	Foam PE	AL/Mylar Foil 100%, TC Braid 61%	PVC .270"	75	78	17.3

RG6/U, Foil & Aluminum Braid Shield

Sycom Part Number	RG/U	Conductor	Insulation	Shield/Coverage	Jacket/Dia.	Nom. Imped.	Vel. %	Nom. Cap. pF/Ft.
M1A06FAB	6/U	18 AWG, Solid, BCW	Foam PE	AL/Mylar Foil 100%, AL Braid 40%	PVC .270"	75	78	17.3

Value Added Services



Cutting Stripping Re-Spooling

Color Codes



Εικόνα 4.26: Datasheet για το καλώδιο τροφοδοσίας RG-6U.



Section 7 Cable & Connectors

RG58A/U

**Stranded MIL SPEC
50 Ohm Coaxial Cable**

RG58A/U stranded MIL SPEC, 50 Ohm coaxial cable is suitable for low power applications in the lower frequency range, such as UHF CB 477MHz communications.

This range of RG58 stranded MIL SPEC is available in either white outer jacket or black outer jacket.

This coaxial cable is available in metre cut lengths or by the roll, please consult ZCG for more information.

Specifications	RG58 stranded (7803)
Order Code	7803 (Black) or 7803/W (White)
Centre Conductor	Tinned copper, 19 strand, each 0.18mm
Dielectric	Polyethylene (PE)
Overall Braid	Tinned copper
Jacket	PVC, 4.95mm outside diameter
Mechanical Specifications	
Minimum Bend Radius	12.7mm
Weight	3Kg per 100 metres
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Electrical Specifications	
Impedance	50 Ohm
Nominal Capacitance	93.5 pF/m
Velocity of Propagation	66%



Εικόνα 4.27: Datasheet για το καλώδιο τροφοδοσίας RG-58U.

5. Ραδιοζεύξη

Σύμφωνα με την απόφαση υπ' αριθμόν 623/026 (ΦΕΚ 3006/B/28-12-2011) της Εθνικής Επιτροπής Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) ορίζεται η ζώνη 10 - 10.68 GHz ως η επιτρεπόμενη για ψηφιακές δισημειακές (point to point) ραδιοζεύξεις μεταφοράς τηλεοπτικού προγράμματος. Επιλέγονται τα **10.5 GHz** για την ζεύξη και προκύπτει $\lambda = 2.85 \text{ cm}$.

Ζώνη Συγνοτήτων (MHz) (N) ¹	Χρήσιμης (N)	Εύρος Διαύλου (MHz) (N)	Ελάχιστη Χωρητικότητα Διαύλου (Mbps) (N)	Πλάνο Συγνοτήτων (N) ²	Δικαιόμορφη Χρήσης (N)	Εναρμονισμένα πρότυπα Εξοπλισμού (ETSI) (I)	Πρόσθετες Απαιτήσεις (N)
	Δισημειακές Ραδιοζεύξεις			Παράρτημα B9 του Κανονισμού όρων χρήσης [20]			
7425–7725	Ψηφιακές Δισημειακές Ραδιοζεύξεις	7	8	Σχέδιο Διαυλοποίησης Παράρτημα B11 του Κανονισμού όρων χρήσης [20]	Απαιτείται	EN 302 217	
		14	2x8				
		28	34				
7725–8275	Ψηφιακές Δισημειακές Ραδιοζεύξεις	29,65	34	Σχέδιο Διαυλοποίησης Παράρτημα B12 του Κανονισμού όρων χρήσης [20]	Απαιτείται	EN 302 217	
8275–8500	Ψηφιακές Δισημειακές Ραδιοζεύξεις	7	8	Σχέδιο Διαυλοποίησης Παράρτημα B13 Κανονισμού όρων χρήσης [20]	Απαιτείται	EN 302 217	
		14	2x8				
10000–10680	Ψηφιακές Δισημειακές Ραδιοζεύξεις για μεταφορά τηλεοπτικού πορεύσαματος	5	-	Σχέδιο Διαυλοποίησης Παράρτημα B14 Κανονισμού όρων χρήσης [20]	Απαιτείται	EN 302 064-2	Στη ζώνη συγνοτήτων 10600–10680 MHz, max eirp: 40 dBW και max ισχύς τροφοδοσίας κεραιας:-3dBW
		10	-				
		20	-				
10700–11700	Ψηφιακές Δισημειακές Ραδιοζεύξεις	40	155	Σχέδιο Διαυλοποίησης Παράρτημα B15 Κανονισμού όρων χρήσης [20]	Απαιτείται	EN 302 217	

Εικόνα 5.1: Ζώνες συγνοτήτων και οι αντίστοιχες επιτρεπόμενες χρήσεις τους και βασικά χαρακτηριστικά τους.

Το τηλεοπτικό **studio** τοποθετείται στα όρια της πόλης της Ηγουμενίτσας (συντεταγμένες $39^{\circ}30'07.2''\text{N}$, $20^{\circ}15'53.1''\text{E}$). Η θέση αυτή επιτρέπει μία άνετη οπτική επαφή με τον σταθμό της Ηγουμενίτσας, αλλά ο σταθμός εκπομπής της Ψάκας εμποδίζεται από μεγάλο εμπόδιο. Για αυτό το λόγο τοποθετείται ένας **ενδιάμεσος σταθμός** κοντά στον οικισμό Φιλοθέη (συντεταγμένες $39^{\circ}29'6.09''\text{N}$, $20^{\circ}18'20.67''\text{ E}$) με ύψος κεραιών $h = 15 \text{ m}$. Ο ενδιάμεσος σταθμός δέχεται σήμα 10.5 GHz από το studio και στέλνει σήμα 10.5 GHz στο κέντρο εκπομπής Ψάκας (point to point). Από εκεί, όπως αναλύθηκε παραπάνω, σήμα **570 MHz** μεταδίδεται με ευρυεκπομπή στους οικισμούς Παραμυθιά και Φιλιάτες καθώς και στον αναμεταδότη.

Αφού η ραδιοζεύξη γίνεται στην περιοχή των 10.5 GHz υπάρχουν απώλειες απορρόφησης ενέργειας από το οξυγόνο και τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας, καθώς και από τη σκέδαση της ενέργειας στις σταγόνες της βροχής ή την ομίχλη. Για τον υπολογισμό των απωλειών αυτών χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα στις εικόνες 3.2, 3.3, 3.4

- Για τις απώλειες λόγω ατμοσφαιρικών αερίων στα 10.5 GHz $L_{atm} = 0.02 \text{ dB/km}$
- Για τις απώλειες λόγω βροχής στα 10.5 GHz $L_R = 0.05 \text{ dB/km}$

Συνολικά $L_a/d = 0.07 \text{ dB/km}$

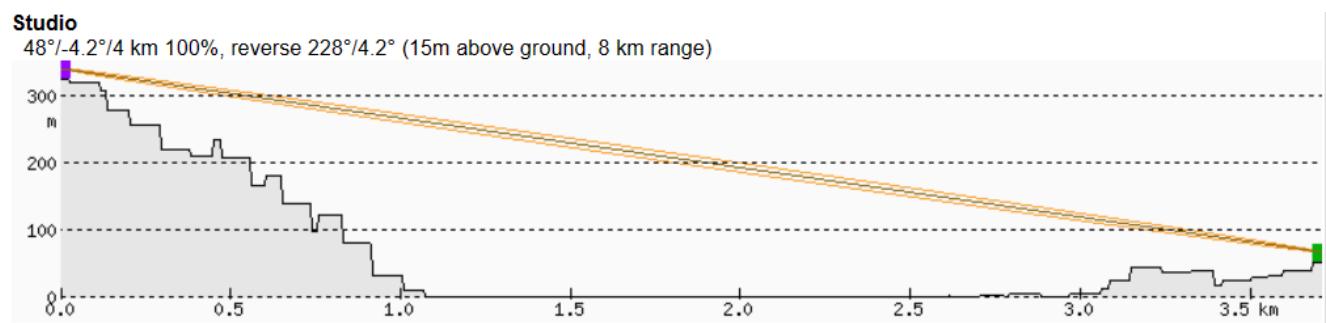
5.1 Μηκοτομές

5.1.1 Ζεύξη STUDIO με σταθμό Ηγουμενίτσας



Εικόνα 5.2: Περιοχή κάλυψης της κεραίας εκπομπής του studio

Πομπός Ηγουμενίτσας - Studio



Εικόνα 5.3: Studio - Ηγουμενίτσα(πομπός)

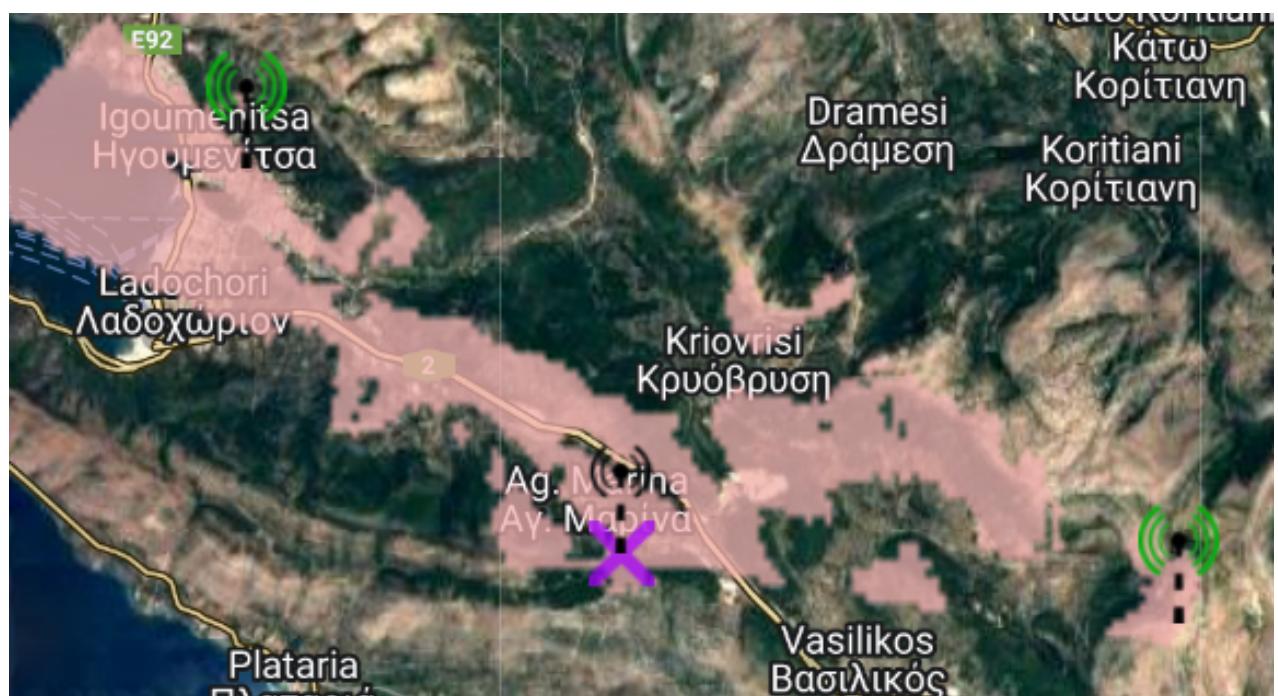
$$d = 3.5 \text{ km}, h_B = 15 \text{ m}$$

Απώλειες ελευθέρου χώρου: $L = 123.78 \text{ dB}$

Απώλειες απορρόφησης $L_a = 0.245 \text{ dB}$

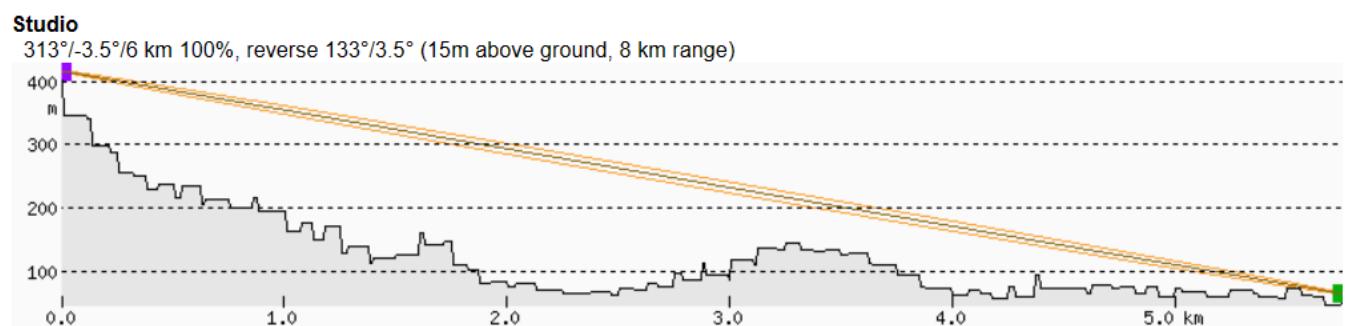
Συνολικές απώλειες $L_s = 124.025 \text{ dB}$

5.1.2 Ζεύξη STUDIO με σταθμό Ψάκας



Εικόνα 5.4: Περιοχή κάλυψης του ενδιάμεσου σταθμού

Studio - Ενδιάμεσος σταθμός



Εικόνα 5.5: Studio - Ενδιάμεσος σταθμός

$$d = 6 \text{ km}, h_B = 15 \text{ m}$$

Απώλειες ελευθέρου χώρου: $L = 128.466 \text{ dB}$

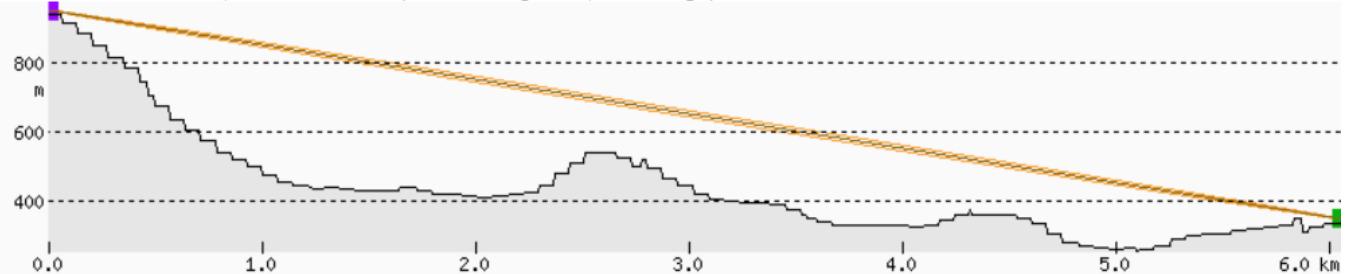
Απώλειες απορρόφησης $L_a = 0.42 \text{ dB}$

Συνολικές απώλειες $L_s = 128.886 \text{ dB}$

Ενδιάμεσος σταθμός - Πομπός Ψάκας

Ενδιάμεσος Σταθμός

272°/-5.7°/6 km 100%, reverse 92°/5.7° (15m above ground, 8 km range)



Εικόνα 5.6: Ενδιάμεσος σταθμός - Ψάκα(πομπός)

$d = 6 \text{ km}$, $h_B = 15 \text{ m}$

Απώλειες ελευθέρου χώρου: $L = 128.466 \text{ dB}$

Απώλειες απορρόφησης $L_a = 0.42 \text{ dB}$

Συνολικές απώλειες $L_s = 128.886 \text{ dB}$

5.2 Ποιότητα σήματος - Ισχύς εκπομπής

Η ισχύς του θερμικού θορύβου N για τυπική θερμοκρασία στο νομό Θεσπρωτίας 27° C ($T = 300 \text{ K}$), εύρος καναλιού $B = 8 \text{ MHz}$, και σταθερά Boltzmann $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ είναι:

$$N = k \cdot T \cdot B \approx 3.31 \cdot 10^{-14} \text{ W} \approx -105 \text{ dBm} \quad (5.1)$$

Δεδομένων των χαρακτηριστικών της ευρυεκπομπής και της ραδιοζεύξης **64-QAM** διαμόρφωση με κωδικοποίηση $\frac{3}{4}$ και διάστημα φύλαξης (**guard interval**) **1/8** και λαμβάνοντας υπόψη το πρότυπο DVB-T προκύπτει:

- Για την ευρυεκπομπή έχουμε:

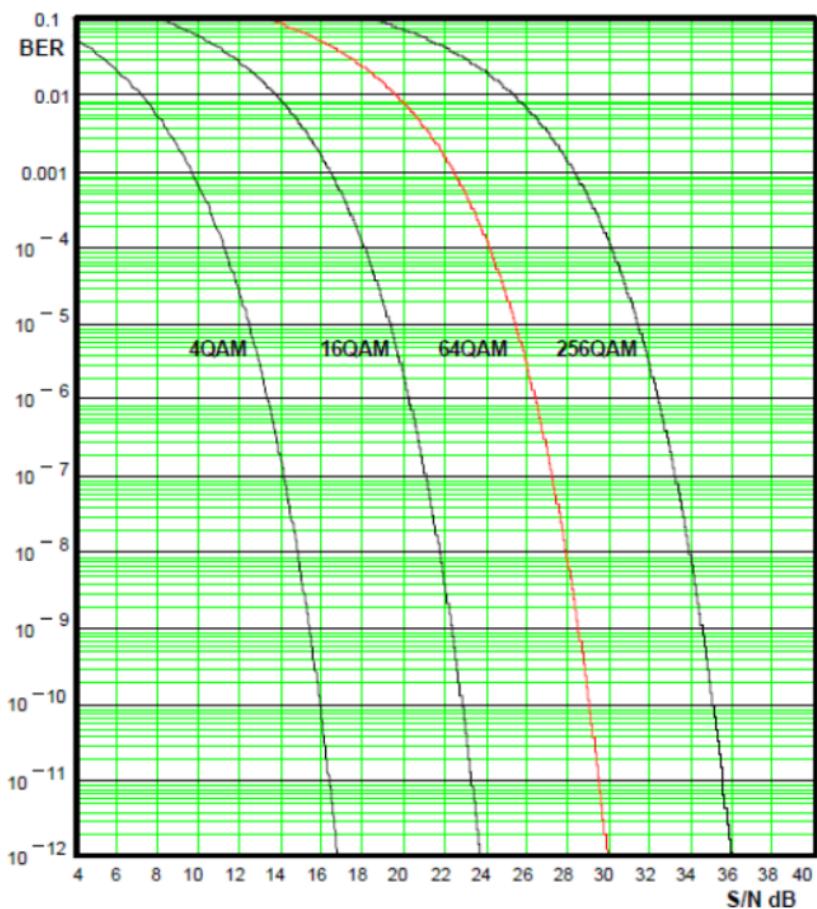
Οφέλιμο Bitrate = 26.35 Mbits/s για BER= 2×10^{-4} και απαιτούμενο carrier-to-noise ratio CNR = 21.7 σε κανάλι Rayleigh. Επιλέγεται η ασφαλέστερη τιμή **SNR = 24 dB** για το παραπάνω CNR με βάση το παρακάτω διάγραμμα BER – SNR.

- Για τις δισημειακές ραδιοζεύξεις:

Απαιτείται δείκτης σφάλματος πολύ μικρότερος και για αυτό επιλέχθηκε BER της τάξης του 10^{-8} . Επιλέγεται η ασφαλέστερη τιμή **SNR = 28 dB** με βάση το παρακάτω διάγραμμα BER – SNR

Required C/N (dB) for BER = 2×10^{-4} after Viterbi QEF after Reed-Solomon (see note 2)					Bitrate (Mbit/s) (see note 3)			
Constel- lation	Code rate	Gaussian Channel (AWGN)	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	3,5	4,1	5,9	4,98	5,53	5,85	6,03
QPSK	2/3	5,3	6,1	9,6	6,64	7,37	7,81	8,04
QPSK	3/4	6,3	7,2	12,4	7,46	8,29	8,78	9,05
QPSK	5/6	7,3	8,5	15,6	8,29	9,22	9,76	10,05
QPSK	7/8	7,9	9,2	17,5	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	9,3	9,8	11,8	9,95	11,06	11,71	12,06
16-QAM	2/3	11,4	12,1	15,3	13,27	14,75	15,61	16,09
16-QAM	3/4	12,6	13,4	18,1	14,93	16,59	17,56	18,10
16-QAM	5/6	13,8	14,8	21,3	16,59	18,43	19,52	20,11
16-QAM	7/8	14,4	15,7	23,6	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	13,8	14,3	16,4	14,93	16,59	17,56	18,10
64-QAM	2/3	16,7	17,3	20,3	19,91	22,12	23,42	24,13
64-QAM	3/4	18,2	18,9	23,0	22,39	24,88	26,35	27,14
64-QAM	5/6	19,4	20,4	26,2	24,88	27,65	29,27	30,16
64-QAM	7/8	20,2	21,3	28,6	26,13	29,03	30,74	31,67

NOTE 1: Figures in italics are approximate values.
 NOTE 2: 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 3: Net bit rates are given after the Reed-Solomon decoder.



Εικόνα 5.7: Σχέση BER με το SNR για κάθε QAM διαμόρφωση

Τελικά η ευαισθησία του δέκτη είναι

- Στην περίπτωση ευρυεκπομπής: $P_s = N + SNR = -105 + 24 = -81 \text{ (dBm)}$
- Στην περίπτωση ραδιοζεύξης: $P_s = N + SNR = -105 + 28 = -77 \text{ (dBm)}$

Στη συνέχεια θεωρώντας:

- $L_e = 5 \text{ dB}$ οι απώλειες των γραμμών μεταφοράς
- L_s οι συνολικές απώλειες μεταξύ κέντρου εκπομπής και οικισμού
- $L_{margin} = 3 \text{ dB}$ ως περιθώριο σφάλματος υπολογισμού απωλειών
- G_r το κέρδος της κεραίας λήψης
- G_t το κέρδος της κεραίας εκπομπής
- P_t η ισχύς εκπομπής

$$\text{έχουμε την ακόλουθη σχέση: } \mathbf{P}_t = \mathbf{P}_s + \mathbf{L}_e + \mathbf{L}_s + \mathbf{L}_{margin} - \mathbf{G}_r - \mathbf{G}_t \quad (5.2)$$

- στην περίπτωση ευρυεκπομπής: $\mathbf{P}_t = -73 + \mathbf{L}_s - \mathbf{G}_r - \mathbf{G}_t$
- στην περίπτωση ραδιοζεύξης: $\mathbf{P}_t = -69 + \mathbf{L}_s - \mathbf{G}_r - \mathbf{G}_t$

'Ορια ασφαλούς έκθεσης ακτινοβολίας

Σύμφωνα με το νόμο υπ' αριθμό 4070 (ΦΕΚ 82/A/10-5-2012) τα όρια ασφαλούς έκθεσης σε ακτινοβολία δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν το 70% των τιμών που καθορίζονται στα άρθρα 2 - 4 της υπ' αριθμό 53571/3839 κοινής υπουργικής απόφασης (ΦΕΚ 1105/B/6-9-2000) και αναφέρονται παρακάτω.

Ζώνη συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου - E (V/m)	Ένταση μαγνητικού πεδίου-H (A/m)	Μαγνητική επαγωγή πεδίου B (μT)	Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος επιπέδου κύματος Seq (W/m ²)
0-1 Hz	-	3.2×10^4	4×104	-
1-8 Hz	10.000	$3.2 \times 10^4 / f^2$	$3.2 \times 10^4 / f^2$	-
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	-
0.025-0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0.8-3 kHz	$250/f$ 87	5	6.25	-
3-150 kHz	87	5	6.26	-
0.15-1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	-
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	-
10-400 MHz	28	0.073	0.092	2
400-2000 MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0.16	0.20	10

Εικόνα 5.8: Όρια ασφαλούς έκθεσης ακτινοβολίας για τις αντίστοιχες ζώνες συχνοτήτων

Για $f = 570 \text{ MHz}$ τα επιτρεπτά όρια είναι:

$$E_{max} = 0.7(1.375\sqrt{570}) = 23 \text{ V/m}$$

Συνεχίζοντας, θα καταλήξουμε σε μία σχέση υπολογισμού της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου ανά σταθμό: $E = \sqrt{Z_0 S} \text{ V/m}$

όπου $Z_0 = 377\Omega$ και S η πυκνότητα ισχύος: $S = \frac{EIRP}{4\pi r^2}$ και άρα:

$$E = \sqrt{Z_0 \frac{EIRP}{4\pi r^2}} \text{ V/m}$$

Τελικά ισοζύγια ισχύος

1. Σταθμός εκπομπής Ηγουμενίτσας

- $G_t = 26.45 \text{ dBi}$
- $G_r = 15 \text{ dB}$
- Μέγιστες απώλειες $L_s = 105.6 \text{ dB}$ για τη ζεύξη με Μαυρούδι
- Ελάχιστη απόσταση από κατοικημένη περιοχή $r = 4 \text{ km}$ από Ηγουμενίτσα

$$P_t = -73 + L_s - G_r - G_t = -8.85 \text{ dBm} = 0.13 \text{ mW}$$

$$\text{EIRP} = P_t + G_t - 30 = -12.4 \text{ dBW}$$

$\text{EIRP}_{max} = 23 + 30 = 53 \text{ dBW}$ (σύμφωνα με τις νομοθεσίες για το allotment 10 και τα στοιχεία κεραίας εκπομπής Ηγουμενίτσας)

Άρα $\text{EIRP}_{max} >> \text{EIRP}$ και $E_{max} >> E = 0.305 \text{ V/m}$

2. Σταθμός εκπομπής Ψάκας

- $G_t = 20.55 \text{ dBi}$
- $G_r = 15 \text{ dB}$
- Μέγιστες απώλειες $L_s = 112.63 \text{ dB}$ για τη ζεύξη με Φιλιάτες
- Ελάχιστη απόσταση από κατοικημένη περιοχή $r = 2.4 \text{ km}$ από τον οικισμό της Ψάκας

$$P_t = -73 + L_s - G_r - G_t = 4.08 \text{ dBm} = 2.56 \text{ mW}$$

$$\text{EIRP} = P_t + G_t - 30 = -6.89 \text{ dBW}$$

$\text{EIRP}_{max} = 26 + 30 = 56 \text{ dBW}$ (σύμφωνα με τις νομοθεσίες για το allotment 10 και τα στοιχεία κεραίας εκπομπής Ψάκας)

Άρα $\text{EIRP}_{max} >> \text{EIRP}$ και $E_{max} >> E = 0.305 \text{ V/m}$

3. Κεραία εκπομπής Αναμεταδότη

- $G_t = 20.55 \text{ dBi}$
- $G_r = 15 \text{ dB}$
- Μέγιστες απώλειες $L_s = 100 \text{ dB}$ για τη ζεύξη με Σύβοτα και Πέρδικα
- Ελάχιστη απόσταση από κατοικημένη περιοχή $r = 3 \text{ km}$ από τον οικισμό Αργυρότοπος

$$P_t = -73 + L_s - G_r - G_t = -8.55 \text{ dBm} = 0.14 \text{ mW}$$

$$\text{EIRP} = P_t + G_t - 30 = -14.6 \text{ dBW}$$

$\text{EIRP}_{\max} = 26 + 30 = 56 \text{ dBW}$ (σύμφωνα με τις νομοθεσίες για το allotment 10 και τα στοιχεία κεραίας εκπομπής Ψάκας)

Άρα $\text{EIRP}_{\max} >> \text{EIRP}$ και $E_{\max} >> E = 0.305 \text{ V/m}$

Για συχνότητα στα studio $f = 10.5 \text{ GHz}$ και προσεγγιστικά $\eta = 377 \Omega$ τα επιτρεπτά όρια είναι:

$$E_{\max} = 0.7 * 61 = 42.7 \text{ V/m}$$

4. Studio

- Κέρδος $G_t = G_r = 39.9 \text{ dBi}$ (λόγω της επιλογής κεραίας στο 5.3)
- Απώλειες $L_s = 125.28 \text{ dB}$ για τη ζεύξη με τον ενδιάμεσο σταθμό Φιλοθέης
- Αφού το studio είναι σε κατοικημένη περιοχή η ελάχιστη απόσταση από κατοικημένη περιοχή θεωρείται $r = 10 \text{ m}$

$$P_t = -69 + L_s - G_r - G_t = -21.52 \text{ dBm} = 7.04 \text{ mW}$$

$$\text{EIRP} = P_t + G_t - 30 = -11.62 \text{ dBW}$$

$$\text{EIRP}_{\max} = 26 + 30 = 56 \text{ dBW}$$

Άρα $\text{EIRP}_{\max} >> \text{EIRP}$ και $E_{\max} >> E = 0.305 \text{ V/m}$

5. Ενδιάμεσος σταθμός

- Κέρδος $G_t = G_r = 39.9 \text{ dBi}$
- Απώλειες $L_s = 130.39 \text{ dB}$ για τη ζεύξη με το σταθμό Ψάκας
- Ελάχιστη απόσταση από κατοικημένη περιοχή $r = 1 \text{ km}$ από Φιλοθέη

$$P_t = -69 + L_s - G_r - G_t = -21.52 \text{ dBm} = 7.04 \text{ mW}$$

$$\text{EIRP} = P_t + G_t - 30 = -11.62 \text{ dBW}$$

$$\text{EIRP}_{\max} = 26 + 30 = 56 \text{ dBW}$$

Άρα $\text{EIRP}_{\max} >> \text{EIRP}$ και $E_{\max} >> E = 0.305 \text{ V/m}$

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω τα νόμιμα όρια εκπομπής για το νομό τηρούνται για όλες τις κεραίες ενώ δεν παρατηρείται υπέρβαση ούτε του ορίου έκθεσης του κοινού για τις κοντινότερες κατοικημένες περιοχές.

5.3 Εξοπλισμός

Προϋποθέσεις κεραιών:

- Παραβολικές κεραίες για μεγάλη κατευθυντικότητα (δισημειακές ζεύξεις).
- Εύρος ζώνης τέτοιο ώστε να καλύπτει τη συχνότητα 10.5 GHz που μας ενδιαφέρει.
- Κεραυνική προστασία (επιλογή κεραιών με γειωμένα μεταλλικά μέρη).

5.3.1 Πομπός

Για την μικροκυματική ραδιοζέυξη που αναλύσαμε επιλέχθηκε ο πομπός DXL8000 της εταιρείας Vislink, με ζώνη λειτουργίας στα 6-23 Ghz.



Features

- High Performance
 - Up to 170 Mbps throughput
 - Integrated Multiplexer & Modulator
 - Duplex and Simplex configurations
- Multiple Transport Streams
 - ATSC, DVB-T, ISDB-T BTS
 - SMPTE 310M, ASI
 - 10/100 Ethernet
 - Telco DS3/E3 and T1/E1
- Advanced Management functionality
 - Browser based local and remote configuration/monitoring
 - Firmware upgrades in the field
 - Embedded Wayside data channel
- Designed for Reliability
 - Transmitter provides ultrarobust performance under adverse path conditions
 - Receiver automatically compensates for multi-path errors
 - Versatile 1 RU split mount design configurations
- IF Only option for use with external 70 MHz modems
- ANSI and ETSI Versions

Εικόνα 5.9: Πομπός DXL8000 της εταιρείας Vislink και βασικές λειτουργίες του

5.3.2 Κεραία

Η κεραία που θα εξοπλίσει το STUDIO είναι η HP10-107-P3A της εταιρείας COMMSCOPE.



Εικόνα 5.10: Κεραία HP10-107-P3A της εταιρείας COMMSCOPE

Η τροφοδοσία των κεραιών γίνεται μέσω του ομοαξονικού καλωδίου N Male to N Female cable LMR-400 Coax της εταιρείας FAIRVIEW MICROWAVE INC. Η σύνδεση του καλωδίου και της κεραίας γίνεται με το ακροφύσιο (connector) Waveguide to N Female Coax Adapter PDR100 της εταιρείας RADIO FREQUENCY SYSTEMS.

Στην εικόνα 5.11 φαίνονται τα βασικά ηλεκτρικά και μηχανολογικά χαρακτηριστικά της κεραίας:

General Specifications

Packing	Standard pack
Radome Color	White
Radome Material	Enhanced
Reflector Construction	One-piece reflector
Antenna Input	PDR100
Antenna Color	Gray
Antenna Type	HSX - High Performance, Super High XPD Parabolic Shielded Antenna, dual-polarized
Diameter, nominal	1.2 m 4 ft
Flash Included	Yes
Polarization	Dual

Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	1.7 °
Beamwidth, Vertical	1.7 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	40 dB
Electrical Compliance	ETSI Class 2 US FCC Part 101A
Front-to-Back Ratio	62 dB
Gain, Low Band	39.5 dBi
Gain, Mid Band	39.7 dBi
Gain, Top Band	39.9 dBi
Operating Frequency Band	10.000 – 10.700 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	6000 6001
Return Loss	26.4 dB
VSWR	1.10

Mechanical Specifications

Fine Azimuth Adjustment	±15°
Fine Elevation Adjustment	±20°
Mounting Pipe Diameter	115 mm 4.5 in
Net Weight	69 kg 152 lb
Side Struts, Included	1 inboard
Side Struts, Optional	1 inboard
Wind Velocity Operational	110 km/h 68 mph

Εικόνα 5.11: Βασικά ηλεκτρικά και μηχανολογικά χαρακτηριστικά της κεραίας HP10-107-P3A της εταιρείας COMMSCOPE.

5.3.3 Συγχρονισμός

Τέλος, επιλέγουμε το ρολόι GPS-EC205 της εταιρείας SPECTRACOM, το οποίο είναι κατάλληλο για τον συγχρονισμό των ψηφιακών συστημάτων DVB-T.



Εικόνα 5.12: Ρολόι GPS-EC205

6. Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας και γειώσεων (ΣΑΠΙΓ)

Ο σχεδιασμός ενός κατάλληλου συστήματος αντικεραυνικής προστασίας, είναι απαραίτητος για τηλεπικοινωνιακά κέντρα εκπομπής καθώς τοποθετούνται σε υψόμετρα και τοποθεσίες με μεγάλη πιθανότητα πλήγματος από κεραυνό και γενικά υπόκεινται σε δυσχερείς καιρικές συνθήκες. Οι επιπτώσεις που μπορούν να υπάρξουν στις κατασκευές μπορεί να είναι μηχανικές, θερμικές και ηλεκτρομαγνητικές.

6.1 Σχεδίαση συστήματος

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας γίνεται μία βασική μελέτη της προστασίας των εγκαταστάσεων χωρίς εκτενέστερη αναφορά σε όλες τις πολύπλοκες διαδικασίες και απαιτούμενο εξοπλισμό που συνθέτουν τη γείωση μιας εγκατάστασης.

Αρχικά θεωρούμε ότι :

- Η εγκατάσταση είναι απομονωμένη από άλλα κτίρια
- Ο πύργος έχει βάση $2.5 \times 2.5 m^2$ και ύψος 15m
- Το υψόμετρο είναι 300m – 1000m
- Το έδαφος έχει ειδική αντίσταση $\rho = 1000\Omega m$

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ 1412, λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους του εδάφους του κτιρίου και του καιρού μπορούμε να αποφανθούμε εάν απαιτείται η υλοποίηση ενός Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) σε μια εγκατάσταση και σε ποια Στάθμη Προστασίας θα ενταχθεί.

Στάθμες Προστασίας

Η στάθμη προστασίας ενός συστήματος αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ) σχετίζεται με την πιθανότητα με την οποίο το ΣΑΠ προστατεύει ένα χώρο από τις επιπτώσεις του κεραυνού, διαμορφώνει τα χαρακτηριστικά του και κατατάσσει το ΣΑΠ σύμφωνα με την αποτελεσματικότητά του. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η σχέση μεταξύ στάθμης προστασίας και αποτελεσματικότητας του ΣΑΠ.

Στάθμη προστασίας	Αποτελεσματικότητα ΣΑΠ
$E > 0.98$	I + επιπλέον μέτρα 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

Πίνακας 6.1: Σχέση στάθμης προστασίας και αποτελεσματικότητας ΣΑΠ

Συχνότητα κεραυνικών πληγμάτων

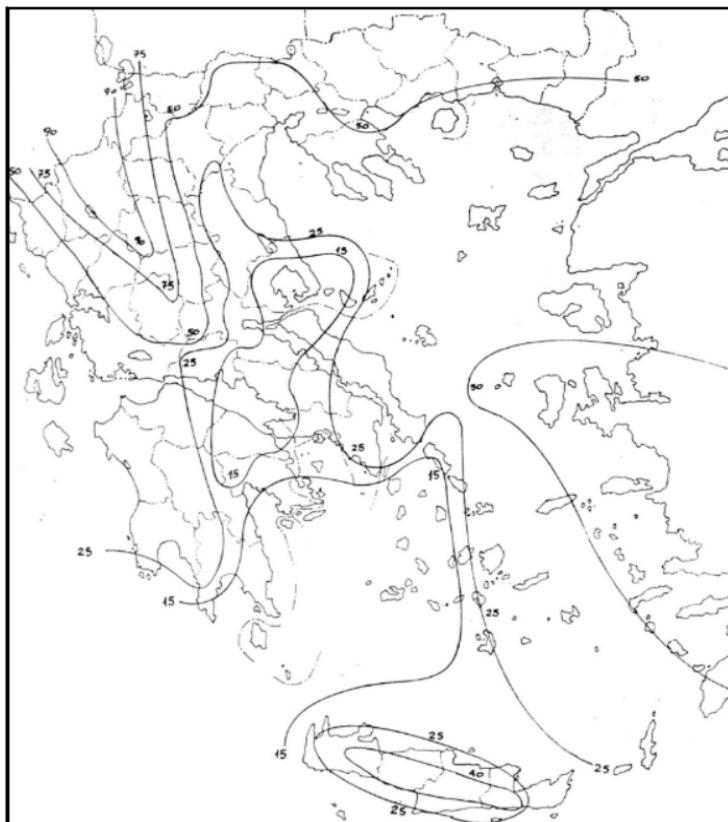
Η εκτίμηση της συχνότητας κεραυνικών πληγμάτων ανά έτος, θα γίνει από τον τύπο:

$$N_d = N_g A_e 10^6 \quad (6.1)$$

Όπου:

- $N_g = 0.04 T_d^{1.25}$ πλήγματα κεραυνού ανά km^2

Από τον παρακάτω χάρτη των ισοκεραυνικών καμπυλών $T_d = 50$ ημέρες καταιγίδας ανά έτος άρα $N_g = 5.32$ κεραυνοί ανά km^2 ανά έτος.



Εικόνα 6.1: Χάρτης ισοκεραυνικών καμπυλών Ελλάδας

- A_e η ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια σε m^2

$$A_e = L^*W + 6H^*(L+W) + 9\pi^*H^2 = \mathbf{6818 \text{ m}^2} \quad (6.2)$$

Όπου : • W: πλάτος κατασκευής σε m

- L: μήκος κατασκευής σε m
- H: ύψος κατασκευής σε m

Τελικά, $N_d = \mathbf{0.036}$

Η αναμενόμενη συχνότητα άμεσων κεραυνικών πληγμάτων υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$N'_d = N_d \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \quad (6.3)$$

Όπου: A, B, C, D, E, συντελεστές που προκύπτουν από τους παρακάτω πίνακες

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

Πίνακας 6.2: Συντελεστής A : Χρήση του κτιρίου

Συντελεστής B: 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

Πίνακας 6.3: Συντελεστής B: υλικά κατασκευής του κτιρίου

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, οικοτροφεία, κτίρια με κόσμο	1.7

Πίνακας 6.4: Συντελεστής C: περιεχόμενο του κτιρίου

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

Πίνακας 6.5: Συντελεστής D: βαθμός απομόνωσης του κτιρίου

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

Πίνακας 6.6: Συντελεστής E: μορφολογία του εδάφους

Για την περίπτωση μας λαμβάνουμε: **A = 0.7, B= 0.2, C = 1, D = 2, E = 1.3**

Τελικά $\mathbf{N}'_d = 0.0131$

Επίσης λαμβάνοντας για την αποδεκτή συχνότητα κεραυνικών πληγμάτων της κατασκευής $\mathbf{N}_c = 5 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \mathbf{N}'_d > \mathbf{N}_c$, απαιτείται σύμφωνα με τα πρότυπα η εγκατάσταση ΣΑΠ αποτελεσματικότητας $E > 1 - \frac{N_c}{N'_d}$ και να επιλεγεί αποδεκτή στάθμη προστασίας σύμφωνα με τον πίνακα 6.1.

Άρα υπολογίζεται $E = 0.996$ και τελικά η επιλεγόμενη στάθμη προστασίας είναι η I με επιπλέον μέσα προστασίας όπως:

- μέτρα περιορισμού των βηματικών τάσεων καθώς και των τάσεων επαφής.
- μέτρα περιορισμού της διάδοσης της φωτιάς.
- μέτρα μείωσης των επαγόμενων τάσεων λόγω κεραυνών σε ευαίσθητες συσκευές.

6.2 Εγκατάσταση συστήματος

Η εγκατάσταση του ΣΑΠ θα αποτελείται από:

1. το συλλεκτήριο σύστημα που προορίζεται να δέχεται τους κεραυνούς
2. το σύστημα αγωγών καθόδου που συνδέουν το συλλεκτήριο σύστημα με το σύστημα γείωσης
3. το σύστημα γείωσης που διαχέει το ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος

6.2.1 Συλλεκτήριο σύστημα

Το συλλεκτήριο σύστημα είναι το τμήμα της εξωτερικής εγκατάστασης που δέχεται τους κεραυνούς. Λόγω της απλής γεωμετρίας της κατασκευής είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της γωνίας προστασίας. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, η ζώνη προστασίας έχει την μορφή ενός ορθού κυκλικού κώνου με κορυφή την άκρη της ράβδου. Για την κάλυψη ολόκληρου του κτιρίου χρησιμοποιείται τεταμένο σύρμα κατά μήκος του κτιρίου, σε ύψος h_t από την οροφή. Με αυτό τον τρόπο ο όγκος κάλυψης περιλαμβάνει ολόκληρο το κτήριο.

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα ανάλογα με την στάθμη προστασίας της σχεδίασης, προσδιορίζεται η τιμή της ημιγωνίας α.

Στάθμη Προστασίας	R (m)	h (m)				Διάσταση Πλέγματος (m)
		20	30	45	60	
		Γωνία προστασίας(a)				
I	20	25°	*	*	*	5
II	30	35°	25°	*	*	10
III	45	45°	35°	25°	*	10
IV	60	55°	45°	35°	25°	20

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

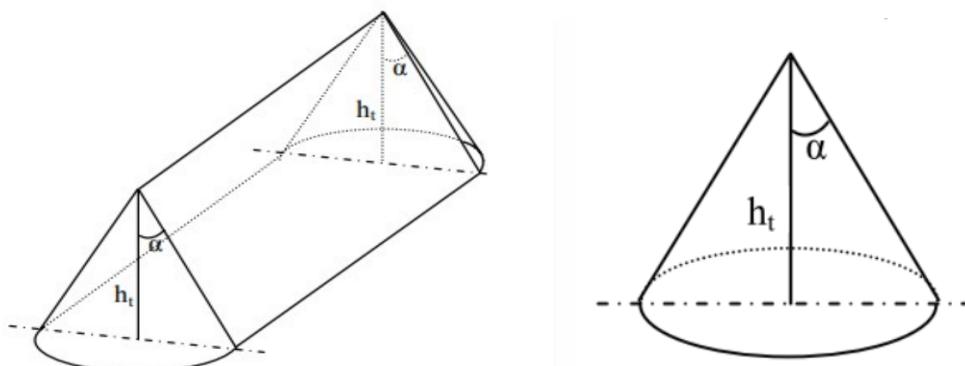
Πίνακας 6.7: Γωνία προστασίας α° ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας R(m) και διαστάσεις πλέγματος αγωγών ανάλογα με τη στάθμη προστασίας

$$\text{Στην περίπτωση μας: } h = H + h_t = 15 + 3 = \mathbf{18 \text{ m}}$$

Ο κώνος θα έχει ακτίνα βάσης $r = h \cdot \tan 25 \approx 8.5 \text{ m}$ και θα εκτείνεται μέχρι το έδαφος.

Λαμβάνοντας υπόψη και τις διαστάσεις του κτιρίου η κατασκευή αυτή κρίνεται επαρκής.

Ως ακίδα επιλέγεται το μοντέλο **64 41 203** της εταιρείας **ΕΛΕΜΚΟ** από κράμα αλουμινίου με αυτοχή σε κεραυνικό ρεύμα H-100kA και ειδική ηλεκτρική αντίσταση <0.036 μΩm



Εικόνα 6.2: Μέθοδος της γωνίας προστασίας

6.2.2 Σύστημα αγωγών καθόδου

Το σύστημα αγωγών καθόδου αποτελεί συνέχεια του συλλεκτήριου συστήματος. Οι αγωγοί γενικά πρέπει να βρίσκονται κατά κανόνα περιμετρικά του κτιρίου σε συμμετρική διάταξη, ώστε να εξασφαλίζεται η ροή του ρεύματος του κεραυνού προς το έδαφος μέσω διαφόρων κατευθύνσεων. Στην περίπτωση μας, η γεωμετρία του κτιρίου μας επιτρέπει να αξιοποιηθούν οι φυσικοί αγωγοί καθόδου, δηλαδή ο οπλισμός του κτιρίου.

Στάθμη Προστασίας	Μέση απόσταση αγωγών καθόδου
I	10m
II	15m
III	20m
IV	25m

Πίνακας 6.8: Μέση απόσταση αγωγών καθόδου ανάλογα με τη στάθμη προστασίας

Ως αγωγός καθόδου επιλέγεται το μοντέλο **6420 170** της εταιρείας **ΕΛΕΜΚΟ** από ηλεκτρολυτικό χαλκό με ηλεκτρική αντίσταση $\rho < 0.019 \mu\Omega\text{m}$. Οι αγωγοί τοποθετούνται περιμετρικά στις εξωτερικές παράπλευρες επιφάνειες του κτιρίου, σε μέση απόσταση 2.5m.

6.2.3 Σύστημα γείωσης

Σκοπός του συστήματος γείωσης είναι να επιτυγχάνει την διάχυση του κεραυνικού ρεύματος μέσα στη γη, με ταχύτητα και ασφάλεια χωρίς να δημιουργούνται επικίνδυνες υπερτάσεις στον χώρο όπου είναι κατασκευασμένη. Το ελάχιστο μήκος των ηλεκτροδίων γείωσης δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

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

Πίνακας 6.9: Ελάχιστο μήκος ηλεκτροδίου γείωσης συναρτήσει της στάθμης προστασίας.

Θεωρούμε πως τα κέντρα εκπομπής είναι τοποθετημένα σε πετρώδες έδαφος, επομένως η ειδική αντίσταση ρ κυμαίνεται μεταξύ 1000 και 3000 Ωm . Θεωρούμε $\rho = 1000$, οπότε $l = 20 \text{ m}$

Ωστόσο, η τιμή αυτή των 20 m είναι φανερά απαγορευτική για κατακόρυφη τοποθέτηση ενός μόνο ηλεκτροδίου μέσα στο έδαφος.

Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα γείωσης που προτείνεται είναι η τοποθέτηση ενός περιμετρικού ισοδυναμικού ηλεκτροδίου γείωσης σε σχήμα δακτυλίου γύρω από το κεραιοσύστημα σε βάθος 1 m κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να απέχει από τον δακτύλιο αυτό τουλάχιστον 1 m οριζόντιας προς όλες τις κατευθύνσεις, και επιπλέον ο ενταφιασμός κάθετων πασσάλων περιμετρικά με τέτοιο τρόπο, ώστε να συνδέονται μεταξύ τους με τον δακτύλιο. Επιλέγεται οι πάσσαλοι αυτοί να είναι χάλκινοι, για την αποφυγή φαινομένων διάβρωσης, και να έχουν μήκος 2.5 m και διάμετρο 10 mm (Φ10 mm). Επιπλέον, προκείμενου να πετύχουμε την σωστή λειτουργία των ηλεκτροδίων χωρίς να αιξήσουμε πολύ τον αριθμό τους, θα χρησιμοποιήσουμε **βελτιωτικό εδάφους**. Θα χρησιμοποιήσουμε ενδεικτικά το βελτιωτικό TERRAFILL της εταιρίας ΕΛΕΜΚΟ. Με την αρχική θεώρηση $\rho = 1000 \Omega\text{m}$ μετά τη χρήση του βελτιωτικού εκτιμούμε πως η ειδική αγωγιμότητα του εδάφους μειώνεται κατά 14 φορές άρα έχουμε $\rho = 71 \Omega\text{m}$. Η αντίσταση γείωσης για ένα ηλεκτρόδιο μπορεί να θρεθεί προσεγγιστικά από τον τύπο:

$$R = \rho / l_{\text{eff}} \quad (6.4)$$

Όπου

- $l_{\text{eff}} = 1 - 0.5(\text{m})$ και
- 1 το μήκος του ηλεκτροδίου σε m

Για πολύγωνο 5 πασάλων με $k = 1.2$ η συνολική αντίσταση είναι

$$R_{\text{total}} = kl \frac{R}{n} \quad (6.5)$$

άρα $R = 35.5 \Omega$ και επομένως $R_{\text{total}} = 8.52 < 10 \Omega$ οπότε και ικανοποιούνται οι απαιτήσεις της αντικεραυνικής προστασίας

Τέλος, θεωρείται ότι για το studio έχει γίνει **θεμελιακή γείωση**, αλλά η υλοποίησή της δεν είναι αντικείμενο της παρούσας μελέτης.

6.3 Εξοπλισμός

Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά κομμάτια του εξοπλισμού που θα χρειαζόμασταν για την υλοποίηση του ΣΑΠ που αναλύθηκε:



Εικόνα 6.3: Αλεξικέραυνο-ακίδα.



Εικόνα 6.4: Χάλκινη ράβδος γείωσης.



Εικόνα 6.5: Σφριγκτήρας γείωσης αγωγού.

PRODUCT DATA SHEET	
LIGHTNING PROTECTION AND EARTHING SYSTEM COMPONENTS	
Code: 64 00 000	ed.02/2020
Description: Earthing compound TERRAFILL™	
Application	
Earthing resistance improver, consisting of elements that improve the resistivity of the ground. It does not contain any organic elements (e.g. carbon or any of its compounds). Depending to the surrounding soil resistivity it reduces up to 14 times the earthing resistance.	
Technical characteristics	
Electric conductance	3,29 mS
Resistivity	2,5 Ωm (at 300% moisture)
pH	8-10
Installation instructions	
Can be used in high resistivity ground, solid/hard grounds and protects the earth electrode from corrosion.	
Use with earth rods:	
Fill the hole needed for the rod's installation, with "TERRAFILL"™ and after that place the rod into the hole.	
Use with earth electrodes other than earth rods:	
Fill the pit needed for the earth electrode's installation with a mixture of "TERRAFILL"™ and concrete (a proportion of 80% concrete and 20% "TERRAFILL"™). The mixture should overlap the earth electrode at least 5 cm at each side.	
Environmental aspects	
Earthing resistance improver is eco-friendly and does not contain any hazardous materials which can harm to the environment.	
Comply with	
The component complies with standard IEC EN 62561-7 "Lightning protection system components (LPSC) – Part 7 : Requirements for earthing enhancing compounds".	
Manufacturing Quality Control	
Manufacturing quality control according standard ISO 9001	
Country of Origin	
Greece	
Unit: bucket / Package: 1 bucket (12 kg)	

Εικόνα 6.6: Ενδεικτικό βελτιωτικό εδάφους της εταιρίας ELEMKO.

7. Συμπεράσματα

Στην παρούσα μελέτη αναλύθηκε μια πρόταση για την ψηφιακή τηλεοπτική ραδιοικάλυψη της περιφερειακής ενότητας Θεσπρωτίας. Αρχικά, λήφθηκαν υπόψη τα γεωφυσικά και πληθυσμιακά χαρακτηριστικά της περιοχής καθώς και το ισχύον νομικό πλαίσιο σε κάθε στάδιο της μελέτης. Έπειτα ακολούθησε η ανάλυση των ζεύξεων των βασικών κέντρων εκπομπής, του αναμεταδότη και του τηλεοπτικού studio. Πιο συγκεκριμένα, η περιγραφή των κέντρων εκπομπής περιλαμβάνει την ακριβή τοποθεσία τους, τον προσανατολισμό των κεραιών, την ισχύ εκπομπής καθώς και τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό. Τέλος έγινε μία βασική μελέτη για το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας και γείωσης της εγκατάστασης.

8. Βιβλιογραφία

1. <http://wisp.heywhatsthat.com>
2. Theodore S. Rappaport. Wireless Communications - Principles and Practice (Second Edition) (1996)
3. Ι.Δ. Κανελλόπουλος. Διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε γήινο περιβάλλον (2003)
4. Παντελής Ν. Μικρόπουλος. Συστήματα Αντικεραυνικής Προστασίας (2017)
5. Πέτρος Ντοκόπουλος. Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών (2009)
6. Θωμάς Δ. Ξένος. Διάδοση ραδιοκυμάτων στο γήινο χώρο (2016)
7. Φ.Ε.Κ. 2704/B/5-10-2012
8. Φ.Ε.Κ. 13/A/3-2-2006
9. Φ.Ε.Κ. 346/B/3-3-2008
10. Wikipedia: H264, DVB-T, DVB-T2
11. Σημειώσεις στο μάθημα “Ειδικές Κεραίες”, Τραϊανός Β. Γιούλτσης (2018- 2019)
12. Τραϊανός Β. Γιούλτσης και Εμμανουήλ Ε. Κριεζής, “Μικροκύματα Θεωρία και Εφαρμογές” (2017)
13. Σημειώσεις: “Διάδοση Ραδιοκυμάτων στο γήινο χώρο”, Θωμάς Δ. Ξένος Καθηγητής, Ασύρματος Τηλεπικοινωνία II 2015-2016, Κεραίες και Διάδοση 2018-2019
14. Σημειώσεις: “Αντικεραυνική Προστασία”, Θωμάς Δ. Ξένος Καθηγητής, Ειδικά Θέματα Διάδοσης και Ραδιοζεύξεων 2020