



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΛΙΚΩΝ

Μελέτη Ραδιοκάλυψης
για Συστήματα Τεχνολογίας WiMAX

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστάσιος Α. Γκιουζέπας

Σπυρίδων Κ. Σκεύας

Επιβλέπων: Φίλιππος Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάιος 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Μελέτη Ραδιοκάλυψης
για Συστήματα Τεχνολογίας WiMAX

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αναστάσιος Α. Γκιουζέπας

Σπυρίδων Κ. Σκεύας

Επιβλέπων: Φίλιππος Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 27 Μαΐου 2010.

.....
Φίλιππος Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ιωάννης Κανελλόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Αθανάσιος Παναγόπουλος
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάιος 2010

.....
Αναστάσιος Α. Γκιουζέπας
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

.....
Σπυρίδων Κ. Σκεύας
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Αναστάσιος Α. Γκιουζέπας, Σπυρίδων Κ. Σκεύας, 2010
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη ραδιοκάλυψης περιοχής με ασύρματο δίκτυο WiMAX και αντίστοιχες κεραιές με μεθόδους προσομοίωσης. Η προσομοίωση επικεντρώνεται στην ραδιοκάλυψη στις περιοχές της Αττικής και του Αμαρουσίου. Στην περιοχή της Αττικής, στην οποία διατίθενται χαμηλής ανάλυσης χαρτογραφικά δεδομένα, δημιουργείται κυβελωτό σύστημα και μελετάται στατιστικά η ραδιοκάλυψη σε μία ευρύτερη περιοχή. Στο Αμαρούσιο διατίθενται υψηλής ανάλυσης χαρτογραφικά δεδομένα και μελετάται αναλυτικά η ραδιοκάλυψη περιορισμένης περιοχής καθώς και η στατιστική συμπεριφορά του συστήματος με την εισαγωγή χρηστών σε αυτό.

Στο Κεφάλαιο 1 διατυπώνονται βασικές έννοιες που συναντούμαι στα ευρυζωνικά συστήματα ενώ επιχειρείται μια πρώτη προσέγγιση στην κατάσταση της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα, τόσο από πλευράς εξέλιξης των ευρυζωνικών συνδέσεων όσο και από πλευράς νομοθεσίας. Επιπλέον αναφέρονται οι υπηρεσίες που μπορεί να παρέχει ένα σύστημα WiMAX καθώς επίσης και οι προκλήσεις για τα συστήματα αυτά. Τέλος, γίνεται μια σύγκριση με άλλα ευρυζωνικά συστήματα, όπως το 3G και WiFi.

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται μία εισαγωγή στα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του WiMAX, όπως η Ορθογώνια Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνότητας (OFDM) και η Πολλαπλή Πρόσβαση Ορθογώνιας Διαίρεσης Συχνότητας (OFDMA). Γίνεται επίσης αναφορά στις τεχνικές πολλαπλών κεραιών, ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του WiMAX, έναντι των υπολοίπων συστημάτων. Τέλος μελετάται το φυσικό στρώμα και η απόδοση του στρώματος ζεύξης.

Στο Κεφάλαιο 3 μελετώνται οι μηχανισμοί και τα μοντέλα διάδοσης καθώς και επιπρόσθετα φαινόμενα διάδοσης. Γίνεται τέλος μία σύγκριση των μοντέλων και εξάγονται συμπεράσματα για την καταλληλότητα χρήσης των μοντέλων στα συστήματα WiMAX.

Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται η μελέτη ραδιοκάλυψης της περιοχής της Αττικής. Πραγματοποιείται αρχικά μία περιγραφή του προγράμματος προσομοίωσης. Στη συνέχεια πραγματοποιούνται προσομοιώσεις με διάφορα μοντέλα διάδοσης, τύπους πολλαπλών κεραιών και εύρη ζώνης καναλιού. Τέλος πραγματοποιούνται προσομοιώσεις μεταβάλλοντας διάφορους παράγοντες των κεραιών και εξάγονται διάφορα στατιστικά δεδομένα. Οι προσομοιώσεις γίνονται με εμπειρικά μοντέλα λόγω του ότι διατίθενται χαμηλής ανάλυσης χαρτογραφικά δεδομένα.

Στο κεφάλαιο 5 γίνεται η μελέτη ραδιοκάλυψης της περιοχής του Αμαρουσίου. Πραγματοποιούνται προσομοιώσεις με διάφορα μοντέλα διάδοσης, μεταβάλλοντας διάφορους παράγοντες των κεραιών. Επιπλέον γίνεται ανάλυση εξυπηρέτησης – κίνησης δικτύου, με την εισαγωγή χρηστών κατά τις προσομοιώσεις. Οι προσομοιώσεις γίνονται με αναλυτικά μοντέλα λόγω του ότι διατίθενται υψηλής ανάλυσης χαρτογραφικά δεδομένα.

Τέλος, στο κεφάλαιο 6 πραγματοποιείται μία σύνοψη των βασικότερων παραγόντων, οι οποίοι επηρεάζουν την σχεδίαση της ραδιοκάλυψης μιας περιοχής με ένα σύστημα WiMAX.

Λέξεις κλειδιά

Ευρυζωνικά δίκτυα, WiMAX, OFDM, OFDMA, πολλαπλές κεραιές, μοντέλα διάδοσης, μηχανισμοί διάδοσης, προσομοίωση ραδιοκάλυψης.

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study the coverage area with a wireless network of WiMAX and related antennas and simulation methods. The simulation focuses on the radio coverage in the areas of Attiki (Athens) and Maroussi. In Attiki, where the cartographic data are of low-resolution, a cellular system is created and the radio coverage of a wide area is studied statistically. In Maroussi the cartographic data are of high-resolution and the coverage of a limited area is studied in detail, as well as the statistical behavior of the system with users in it.

Chapter 1 gives a supervisory introduction and the basic concepts that are common to broadband systems. Besides, a first approach of the status of the broadband services is attempting. Also it resumes the services that a WiMAX system can provide as well as the challenges that these system will confront. Finally, there is a comparison to other broadband systems and a defining of the services it provides.

Chapter 2 gives an introduction to basic technical characteristics of WiMAX, such as Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) and Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA). Also it refers to the multiple antenna techniques which give the main advantages of WiMAX, against other systems. Finally, it studies the physical layer and link layer performance.

Chapter 3 studies the propagation mechanisms and propagation models, as well as additional propagation phenomena. Finally it gives a comparison of the models and conclusions are extracted about the appropriateness of the models used in the WiMax systems.

Chapter 4 studies the radio coverage in the region of Attica. Firstly an initial description of the simulation program is provided. Then simulations are conducted with different propagation models, multiple types of antennas and channel bandwidths. Finally the simulations are conducted by changing various factors of the antennas and various statistical data are exported. The simulations are conducted by using empirical propagation models because of the low-resolution cartographic data.

Chapter 5 studies the radio coverage in the area of Maroussi. Simulations are conducted by using different propagation models and by changing various antenna factors. Furthermore a network traffic and service analysis is provided by user input during the simulations. The simulations are conducted with analytical models because high resolution cartographic data are provided.

Chapter 6 provides a synopsis of the basic parameters that are affecting the design of the wireless coverage with these systems.

Keywords

Broadband Networks, WiMAX, OFDM, OFDMA, multiple antennas, propagation models, propagation mechanisms, radio coverage simulation.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλουμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Φίλιππο Κωνσταντίνου, τόσο για την αμέριστη συμπαράστασή του όσο και για την άριστη συνεργασία μας. Επιπλέον, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον Διδάκτορα ΕΜΠ κ. Νεκτάριο Μωραΐτη για την πολύτιμη βοήθειά του, τις καίριες υποδείξεις του και για την εν γένει καθοδήγησή μας, για την εκπλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Αφιερώνεται στους πεσόντες στα πεδία των μαχών.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	iii
Abstract.....	iv
Ευχαριστίες.....	v
Πίνακας Περιεχομένων.....	vii
Πίνακας Σχημάτων.....	xii
Πίνακας Πινάκων.....	xvi
Πίνακας Παραρτημάτων.....	xviii
Λίστα Ακρωνυμίων.....	xix
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εποπτική Παρουσίαση Συστημάτων WiMAX	
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Βασικές Έννοιες.....	1
1.2.1 Ευρυζωνικές Υπηρεσίες.....	1
1.2.2 Ευρυζωνικότητα στην Ελλάδα.....	2
1.2.3 Νομοθεσία.....	4
1.2.4 Ασύρματη Πρόσβαση.....	5
1.3 WiMAX.....	5
1.3.1 Ιστορικό.....	5
1.3.2 WiMAX Forum.....	8
1.3.3 Υπηρεσίες.....	10
1.3.4 Προκλήσεις.....	11
1.3.5 Εξέχοντα Χαρακτηριστικά του WiMAX.....	14
1.4 Συγκρίσεις.....	16
1.4.1 Σύγκριση WiMAX με 3G.....	16
1.4.2 Σύγκριση WiMAX με Wi-Fi.....	18
1.5 Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Συστημάτων WiMAX	
2.1 Ορθογώνια πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (OFDM).....	21
2.1.1 Εισαγωγή.....	21
2.1.2 Αρχή Λειτουργίας.....	21
2.1.3 Υλοποίηση.....	22
2.1.3.1 Κυκλική Συνέλιξη-Κυκλικό Πρόθεμα-Χρονική Παρεμβολή.....	23
2.1.3.2 Συγχρονισμός.....	24
2.1.4 Λόγος Μείστου-Μέσου Όρου (Pick to Average Ratio- PAR).....	24
2.1.5 Συγκρίσεις-Συμπεράσματα.....	25
2.2 Τεχνικές πολλαπλών κεραιών.....	26
2.2.1 Εισαγωγή.....	26
2.2.2 Κέρδη από τη Χωρική Διαφορικότητα.....	27
2.2.2.1 Διαφορικό Κέρδος.....	27
2.2.2.2 Κέρδος Διάταξης Κεραιών.....	27
2.2.2.3 Αύξηση ρυθμού μετάδοσης.....	28
2.2.2.4 Αύξηση Κάλυψης ή Μείωση Ισχύος Εκπομπής.....	28
2.2.3 Χωρική Διαφορική Λήψη.....	28
2.2.3.1 Επιλογή Ροής.....	29

2.2.3.2 Συνδυασμός μεγίστου λόγου.....	29
2.2.4 Χωρική Διαφορική Εκπομπή.....	30
2.2.4.1 Χωρική Διαφορική Εκπομπή Ανοιχτού βρόχου.....	30
2.2.4.2 Χωρική Διαφορική Εκπομπή με Χρήση $N_t \times N_r$ Κεραιών.....	31
2.2.4.3 Χωρική Διαφορική Εκπομπή Κλειστού Βρόχου.....	31
2.2.4.3.1 Επιλογή Διαφορικής Εκπομπής.....	32
2.2.4.3.2 Διαφορικότητα Γραμμικής Προκωδικοποίησης.....	32
2.2.5 Σχηματισμός Λοβού Ακτινοβολίας-Στοιχειοκεραίες.....	32
2.2.5.1 Κατεύθυνση Άφιξης.....	32
2.2.5.2 Μαθηματικές Στοιχειοκεραίες.....	33
2.2.6 Χωρική Πολυπλεξία.....	33
2.2.6.1 Χωρική Πολυπλεξία Ανοιχτού Βρόχου.....	33
2.2.6.1.1 Βέλτιστη Αποκωδικοποίηση: Ανίχνευση Μέγιστης Πιθανοφάνειας.....	33
2.2.6.1.2 Γραμμικοί Ανιχνευτές.....	34
2.2.6.2 Χωρική Πολυπλεξία Κλειστού Βρόχου.....	34
2.2.6.2.1 Προκωδικοποίηση SVR.....	34
2.2.6.2.2 Γραμμική Προκωδικοποίηση.....	34
2.2.7 Παραδοχές.....	34
2.2.7.1 Διάυλος επίπεδος ως προς τη συχνότητα.....	34
2.2.7.2 Ασυσχετίστες Κεραίες.....	34
2.2.7.3 Περιορισμένη Παρεμβολή.....	34
2.2.8 Εκτίμηση καναλιού για συστήματα MIMO-OFDM.....	34
2.2.8.1 Προοίμιο και Πιλοτικός τόνος.....	35
2.2.9 Ανατροφοδότηση.....	35
2.2.10 Συμπεράσματα.....	35
2.3 Πολλαπλή Πρόσβαση Ορθογώνιας Διαίρεσης Συχνότητας OFDMA.....	37
2.3.1 Εισαγωγή.....	37
2.3.2 Στρατηγικές Πολλαπλής Πρόσβασης και OFDMA.....	37
2.3.3 Κατανομή Υποφερουσών και Ισχύος-Προσαρμοστική Διαμόρφωση.....	37
2.3.4 Κατανομή Πόρων.....	38
2.3.5 OFDMA και WiMAX.....	39
2.3.5.1 Υποκαναλοποίηση.....	39
2.3.5.2 Μηνύματα Ενημέρωσης Κατανομής.....	39
2.3.5.3 Λόγος Κοντινού Προς Μακρινό Άκρο.....	39
2.4 Φυσικό Στρώμα.....	40
2.4.1 Εισαγωγή.....	40
2.4.2 Κωδικοποίηση Καναλιού.....	40
2.4.2.1 Τυχαιοποίηση Δεδομένων.....	40
2.4.2.2 Κωδικοποίηση Διαύλου.....	41
2.4.2.3 Υβριδικό ARQ.....	41
2.4.2.4 Διεμπλοκή.....	42
2.4.3 Απεικόνιση Συμβόλων.....	42
2.4.4 Πρωταρχικοί Παράγοντες.....	42
2.4.5 Υποκαναλοποίηση και Σχήματα Κατανομής Υποφερουσών.....	43
2.4.5.1 Πλήρης Χρησιμοποίηση Υποφερουσών Κάτω Ζεύξης (DL FUSC – Downlink Full Usage Subcarrier Permutation).....	43
2.4.5.2 Μερική Χρησιμοποίηση Υποφερουσών Κάτω Ζεύξης (DL PUSC – Downlink Partial Usage Subcarrier Permutation).....	44

2.4.5.3	Μερική Χρησιμοποίηση Υποφερουσών Άνω Ζεύξης (DL FUSC – Downlink Full Usage Subcarrier Permutation).....	44
2.4.5.4	Κατανομή Ζωνών Υποφερουσών Προσαρμοστικής Διαμόρφωσης και Κωδικοποίησης.....	44
2.5	Απόδοση στρώματος ζεύξης.....	44
2.5.1	Εισαγωγή.....	44
2.5.2	Λειτουργία επιπέδου ζεύξης.....	45
2.5.3	AWGN κανάλι και AMC.....	46
2.5.4	Υβριδικό σχήμα ARQ.....	48
2.5.5	Υποστήριξη πολλαπλών κεραιών.....	48
2.6	Βιβλιογραφικές Αναφορές	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:Μηχανισμοί και Μοντέλα Διάδοσης		
3.1	Εισαγωγή.....	50
3.2	Μηχανισμοί Διάδοσης.....	51
3.2.1	Διάδοση Ελευθέρου Χώρου	51
3.2.2	Ανάκλαση.....	51
3.2.3	Σκέδαση ή διάχυση	52
3.2.4	Περίθλαση	53
3.3	Επιπρόσθετα Φαινόμενα Διάδοσης.....	54
3.3.1	Διείσδυση-Απορρόφηση.....	55
3.3.2	Κυματοδήγηση.....	55
3.3.3	Ατμοσφαιρικές Κατακρημνίσεις	55
3.3.4	Διάθλαση.....	55
3.3.5	Παγίδευση.....	55
3.4	Μοντέλα Διάδοσης.....	56
3.4.1	Διάκριση Μοντέλων.....	56
3.4.2	Ανάλυση Μοντέλων	58
3.4.2.1	Μοντέλο Okumura-Hata.....	58
3.4.2.2	Μοντέλο COST 231-Hata.....	59
3.4.2.3	Μοντέλο ERCEG.....	59
3.4.2.4	Μοντέλο 802.16d.....	60
3.4.2.5	Μοντέλα SUI.....	61
3.4.2.6	Μοντέλο COST 231-Walfisch-Ikegami.....	62
3.4.2.7	Μοντέλο ITU-R P.1411-4.....	64
3.4.2.8	Μοντέλο ITU-R P.525/526.....	67
3.5	Σύγκριση Μοντέλων-Συμπεράσματα.....	67
3.6	Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Μελέτη Ραδιοκάλυψης Περιοχής Αττικής		
4.1	Περιγραφή Προγράμματος Προσομοίωσης.....	72
4.2	Εισαγωγή στη Μελέτη Ραδιοκάλυψης.....	72
4.2.1	Καθορισμός κατωφλίου κάλυψης.....	75
4.3	Προσομοίωση με Μοντέλο SUI	78
4.3.1	Αποτελέσματα Προσομοιώσεων με Εύρος Ζώνης Καναλιού 5 MHz.....	78
4.3.1.1	Κεραίες Απλής Εκπομπής – Λήψης.....	78
4.3.1.1.1	Χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	78
4.3.1.1.2	Με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	81

4.3.1.2 Έξυπνες κεραιές 2x2	84
4.3.1.3 Έξυπνες κεραιές 4x2	88
4.3.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων με εύρος ζώνης καναλιού 7 MHz.....	90
4.3.3 Αποτελέσματα προσομοιώσεων με εύρος ζώνης καναλιού 10 MHz.....	95
4.3.4 Συμπεράσματα – Συγκρίσεις – Σύνοψη Αποτελεσμάτων Προσομοιώσεων με το Μοντέλο SUI.....	98
4.3.4.1 Σύγκριση σε διάφορα εύρη ζώνης καναλιού.....	98
4.3.4.2 Σύγκριση Χρήσης Πολλαπλών Κεραιών.....	100
4.3.4.3 Σύγκριση Επαναχρησιμοποίησης Συχνοτήτων.....	102
4.4 Προσομοίωση με Μοντέλο COST 231 HATA.....	103
4.4.1 Έξυπνες κεραιές 2x2.....	103
4.4.2 Έξυπνες κεραιές 4x2.....	107
4.4.3 Συμπεράσματα – Συγκρίσεις – Σύνοψη Αποτελεσμάτων Προσομοιώσεων με το Μοντέλο HATA – COST 231.....	110
4.5 Προσομοιώσεις με Μεταβολές Παραγόντων των Κεραιών.....	112
4.5.1 Μεταβολή του Ύψους της Κεραίας του Δέκτη.....	112
4.5.2 Μεταβολή του Κέρδους της Κεραίας του Δέκτη.....	115
4.5.3 Μεταβολή του Ύψους της Κεραίας του Πομπού.....	117
4.5.4 Μεταβολή της Γωνίας Ανύψωσης του Πομπού.....	121
4.5.5 Μεταβολή των Απωλειών της Κεραίας του Πομπού.....	123
4.5.6 Διαφοροποίηση του Χρησιμοποιούμενου Σχήματος Κατανομής Υποφερουσών.....	124
4.5.7 Διαφοροποίηση της Πόλωσης των Κεραιών.....	126
4.6 Ακτίνα Κάλυψης.....	127
4.7 Βιβλιογραφικές αναφορές.....	129
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Μελέτη Ραδιοκάλυψης Περιοχής Αμαρουσίου	
5.1 Εισαγωγή.....	130
5.2 Προσομοιώσεις με τα μοντέλα διάδοσης ITU-R 525/526, SUI και COST 231 – HATA.....	130
5.2.1 Καθορισμός παραμέτρων προσομοίωσης	131
5.2.2 Καθορισμός κατωφλίου κάλυψης.....	131
5.2.3 Αποτελέσματα προσομοιώσεων με το μοντέλο ITU-R 525/526.....	133
5.2.4 Αποτελέσματα προσομοιώσεων με το μοντέλο SUI - C.....	134
5.2.5 Αποτελέσματα προσομοιώσεων με το μοντέλο COST 231 – HATA.....	135
5.2.6 Συμπεράσματα προσομοιώσεων μοντέλων.....	135
5.3 Διαδικασία εγκατάστασης Σταθμών Βάσης.....	136
5.4 Δημιουργία βάσης δεδομένων χρηστών.....	138
5.5 Προσομοιώσεις με το μοντέλο διάδοσης ITU-R 525/526 και μεταβλητό ύψος κεραιάς δέκτη (h_{ms}).....	139
5.5.1 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{ms} = 1.5 \text{ m}$	140
5.5.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{ms} = 2 \text{ m}$	142
5.5.3 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{ms} = 2.5 \text{ m}$	142
5.5.4 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{ms} = 3 \text{ m}$	142
5.5.5 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{ms} = 3.5 \text{ m}$	142
5.5.6 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{ms} = 4 \text{ m}$	142
5.5.7 Συμπεράσματα προσομοιώσεων.....	144

5.6 Προσομοιώσεις με το μοντέλο διάδοσης ITU-R 525/526 και μεταβλητό ύψος κεραίας πομπών (h_{bs}).....	149
5.6.1 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{bs} = 1.5 \text{ m}$	149
5.6.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{bs} = 2 \text{ m}$	152
5.6.3 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{bs} = 2.5 \text{ m}$	152
5.6.4 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{bs} = 3 \text{ m}$	152
5.6.5 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{bs} = 3.5 \text{ m}$	152
5.6.6 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{bs} = 4 \text{ m}$	152
5.6.7 Συμπεράσματα προσομοιώσεων.....	154
5.7 Προσομοιώσεις με το μοντέλο διάδοσης ITU-R 525/526 και μεταβλητό σχήμα κατανομής υποφερουσών.....	160
5.7.1 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για FUSC.....	160
5.7.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για FUSC.....	163
5.7.3 Συμπεράσματα προσομοιώσεων.....	164
5.8 Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	168
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
6.1 Σύνοψη - Συμπεράσματα Μελέτης Ραδιοκάλυψης Περιοχής Αττικής.....	169
6.2 Σύνοψη - Συμπεράσματα Μελέτης Ραδιοκάλυψης Περιοχής Αμαρουσίου.....	170
6.3 Επίλογος	171

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1	Εξέλιξη των ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ελλάδα.....	2
Σχήμα 1.2	Αύξηση της ευρυζωνικής διείσδυσης στα κράτη μέλη της Ε.Ε. κατά τη διάρκεια του 2008 και αντίστοιχη αύξησή της στην Ελλάδα.....	3
Σχήμα 1.3	Εξέλιξη συμμετοχής παρόχων WiMAX στο WiMAX Forum.....	9
Σχήμα 1.4	Απεικόνιση των σημείων σε πολλαπλά σημεία υποστηριζόμενων υπηρεσιών από το WiMAX.....	10
Σχήμα 2.1	Επίτευξη διαύλου με επίπεδες διαλείψεις, ενώ ο συνολικός διάυλος είναι επιλεκτικός ως προς τη συχνότητα.....	21
Σχήμα 2.2	Πομπός OFDM.....	22
Σχήμα 2.3	Δέκτης OFDM.....	22
Σχήμα 2.4	Γενικό μπλοκ εκπομπού OFDM.....	23
Σχήμα 2.5	Κυκλικό πρόθεμα.....	23
Σχήμα 2.6α	Διάγραμμα χρονικής παρεμβολής.....	23
Σχήμα 2.6β	Λειτουργία χρονικής παρεμβολής.....	24
Σχήμα 2.7	Πολυπλοκότητα επεξεργασίας.....	25
Σχήμα 2.8	OFDM σύστημα.....	25
Σχήμα 2.9	Βελτίωση BEP χωρικής διαφορικότητας.....	27
Σχήμα 2.10	Επιλογή ροής - συνδυασμός μεγίστου λόγου.....	29
Σχήμα 2.11	Απόδοση αλγορίθμου SC.....	29
Σχήμα 2.12	Απόδοση αλγορίθμου MRC.....	30
Σχήμα 2.13	Χωρική διαφορική εκπομπή ανοιχτού βρόχου.....	31
Σχήμα 2.14	Χωρική διαφορική εκπομπή κλειστού βρόχου.....	32
Σχήμα 2.15	Χωρική πολυπλεξία.....	33
Σχήμα 2.16	Απεικόνιση λειτουργίας OFDMA.....	37
Σχήμα 2.17	Προσαρμοστική διαμόρφωση.....	38
Σχήμα 2.18	Κατανομή υποφερουσών σε χρήστες για το σχηματισμό υποκαναλιών 1.....	38
Σχήμα 2.19	Κατανομή υποφερουσών σε χρήστες για το σχηματισμό υποκαναλιών 2.....	39
Σχήμα 2.20	Φυσικό στρώμα.....	40
Σχήμα 2.21	Επίπεδο ζεύξης WiMAX.....	45
Σχήμα 2.22	Φασματική απόδοση στο WiMAX.....	47
Σχήμα 3.1	Μηχανισμοί διάδοσης ραδιοκυμάτων.....	50
Σχήμα 3.2	Διάδοση ελευθέρου χώρου.....	51
Σχήμα 3.3	Κατευθυνόμενη ανάκλαση.....	52
Σχήμα 3.4	Ανάκλαση-Σκέδαση.....	52
Σχήμα 3.5	Ζώνες Fresnel.....	53
Σχήμα 3.6	Περίθλαση σε ευθεία ακμή.....	54
Σχήμα 3.7α	Ορισμός των παραμέτρων ($h_{roof} - w - b$) του μοντέλου COST 231-Walfish-Ikegami.....	63
Σχήμα 3.7β	Ορισμός της κατεύθυνσης των κτιρίων (φ) του μοντέλου COST 231-Walfish-Ikegami.....	63
Σχήμα 3.8	Ορισμός των παραμέτρων του μοντέλου ITU – R P.1411-4.....	66
Σχήμα 4.1	Αττική - Περιοχή Ενδιαφέροντος.....	73
Σχήμα 4.2	Αττική – Δημιουργία Κυψελών.....	74
Σχήμα 4.3	Παλέτα ραδιοκάλυψης για εύρος ζώνης καναλιού 5 MHz.....	76
Σχήμα 4.4	Παλέτα ραδιοκάλυψης για εύρος ζώνης καναλιού 7 MHz.....	77

Σχήμα 4.5	Παλέτα ραδιοκάλυψης για εύρος ζώνης καναλιού 10 MHz.....	78
Σχήμα 4.6	Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	78
Σχήμα 4.7	Επικάλυψη Σταθμών Βάσης χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	79
Σχήμα 4.8	Παλέτα SINR και SIR χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	79
Σχήμα 4.9	Εικόνα SIR χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	80
Σχήμα 4.10	Εικόνα SINR χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	80
Σχήμα 4.11	Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	81
Σχήμα 4.12	Επικάλυψη Σταθμών Βάσης με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	82
Σχήμα 4.13	Παλέτα SIR με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	82
Σχήμα 4.14	Εικόνα SIR με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	83
Σχήμα 4.15	Παλέτα SINR με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	83
Σχήμα 4.16	Εικόνα SINR με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.....	84
Σχήμα 4.17	Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz	85
Σχήμα 4.18	Επικάλυψη Σταθμών Βάσης για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz	85
Σχήμα 4.19	Παλέτα SIR για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz.....	86
Σχήμα 4.20	Εικόνα SIR για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz.....	86
Σχήμα 4.21	Παλέτα SINR για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz.....	87
Σχήμα 4.22	Εικόνα SINR για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz.....	87
Σχήμα 4.23	Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 5 MHz	88
Σχήμα 4.24	Επικάλυψη Σταθμών Βάσης για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 5 MHz	89
Σχήμα 4.25	Παλέτα SINR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 5 MHz.....	89
Σχήμα 4.26	Εικόνα SINR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 5 MHz.....	90
Σχήμα 4.27	Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz	91
Σχήμα 4.28	Επικάλυψη Σταθμών Βάσης για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz	92
Σχήμα 4.29	Παλέτα SIR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz.....	92
Σχήμα 4.30	Εικόνα SIR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz.....	93
Σχήμα 4.31	Παλέτα SINR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz.....	93
Σχήμα 4.32	Εικόνα SINR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz.....	94
Σχήμα 4.33	Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz.....	95
Σχήμα 4.34	Επικάλυψη Σταθμών Βάσης για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz.....	96
Σχήμα 4.35	Παλέτα SIR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz.....	96
Σχήμα 4.36	Εικόνα SIR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz.....	97
Σχήμα 4.37	Παλέτα SINR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz.....	97
Σχήμα 4.38	Εικόνα SINR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz.....	98
Σχήμα 4.39	Ποσοστό κάλυψης ανά διαμόρφωση για εύρη ζώνης 5,7 και 10 MHz.....	99
Σχήμα 4.40	SIR, SINR και ποσοστό επικάλυψης για εύρη ζώνης 5,7 και 10 MHz.....	100
Σχήμα 4.41	Ποσοστό κάλυψης ανά διαμόρφωση για διάφορα είδη κεραιών.....	101
Σχήμα 4.42	SIR, SINR και ποσοστό επικάλυψης για διάφορα είδη κεραιών.....	102
Σχήμα 4.43	SIR, SINR και ποσοστό επικάλυψης κατά την επαναχρησιμοποίηση ή μη συχνοτήτων.....	103
Σχήμα 4.44	Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη με κεραιές 2x2 (HATA).....	104
Σχήμα 4.45	Επικάλυψη Σταθμών Βάσης με κεραιές 2x2 (HATA).....	104
Σχήμα 4.46	Παλέτα SIR με κεραιές 2x2 (HATA).....	105
Σχήμα 4.47	Εικόνα SIR με κεραιές 2x2 (HATA).....	105
Σχήμα 4.48	Παλέτα SINR με κεραιές 2x2 (HATA).....	106
Σχήμα 4.49	Εικόνα SINR με κεραιές 2x2 (HATA).....	106

Σχήμα 4.50	Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη με κεραίες 4x2 (HATA).....	107
Σχήμα 4.51	Επικάλυψη Σταθμών Βάσης με κεραίες 4x2 (HATA).....	108
Σχήμα 4.52	Εικόνα SIR με κεραίες 4x2 (HATA).....	108
Σχήμα 4.53	Παλέτα SINR με κεραίες 4x2 (HATA).....	109
Σχήμα 4.54	Εικόνα SINR με κεραίες 4x2 (HATA).....	109
Σχήμα 4.55	Ποσοστό κάλυψης ανά διαμόρφωση ανά πολλαπλότητα κεραίας και ανά χρησιμοποιούμενο μοντέλο ραδιοκάλυψης.....	111
Σχήμα 4.56	SIR, SINR και ποσοστό επικάλυψης ανά πολλαπλότητα κεραίας και ανά χρησιμοποιούμενο μοντέλο ραδιοκάλυψης.....	112
Σχήμα 4.57	Επίδραση στο ποσοστό κάλυψης και στο SINR μεταβάλλοντας ύψος κεραίας δέκτη.....	113
Σχήμα 4.58	Επίδραση στο SINR μεταβάλλοντας ύψος κεραίας δέκτη.....	113
Σχήμα 4.59	Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για ύψος δέκτη 1 m.....	114
Σχήμα 4.60	Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για ύψος δέκτη 8 m.....	114
Σχήμα 4.61	Επίδραση στο SINR μεταβάλλοντας κέρδος κεραίας δέκτη.....	115
Σχήμα 4.62	Επίδραση στο ποσοστό κάλυψης και στο SINR μεταβάλλοντας κέρδος κεραίας δέκτη.....	116
Σχήμα 4.63	Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για κέρδος δέκτη 0 dB.....	116
Σχήμα 4.64	Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για κέρδος δέκτη 4 dB.....	117
Σχήμα 4.65	Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για κέρδος δέκτη 8 dB.....	117
Σχήμα 4.66	Επίδραση στο ποσοστό κάλυψης και στα SIR και SINR μεταβάλλοντας ύψος κεραίας πομπού.....	118
Σχήμα 4.67	Επίδραση στο SINR μεταβάλλοντας ύψος κεραίας πομπού.....	119
Σχήμα 4.68	Επίδραση στο SIR μεταβάλλοντας ύψος κεραίας πομπού.....	119
Σχήμα 4.69	Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για ύψος πομπού 20 m.....	120
Σχήμα 4.70	Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη για ύψος δέκτη 41 m.....	120
Σχήμα 4.71	Επίδραση στο ποσοστό κάλυψης και στο SINR μεταβάλλοντας γωνία ανύψωσης.....	121
Σχήμα 4.72	Επίδραση στο SINR μεταβάλλοντας γωνία ανύψωσης.....	122
Σχήμα 4.73	Επίδραση στο SIR μεταβάλλοντας γωνία ανύψωσης.....	122
Σχήμα 4.74	Επίδραση στο συνολικό ποσοστό κάλυψης μεταβάλλοντας απώλειες κεραίας πομπού.....	123
Σχήμα 4.75	Επίδραση στο ποσοστό κάλυψης με 64 QAM μεταβάλλοντας απώλειες κεραίας πομπού.....	124
Σχήμα 4.76	Επίδραση στο SIR σχήματος κατανομής υποφερουσών.....	125
Σχήμα 4.77	Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για χρησιμοποίηση σχήματος FUSC.....	125
Σχήμα 4.78	Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για χρησιμοποίηση σχήματος PUSC.....	126
Σχήμα 4.79	Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη με οριζόντια πόλωση κεραίας.....	127
Σχήμα 4.80	Ακτίνα κάλυψης ανά διαμόρφωση.....	128
Σχήμα 5.1	Ραδιοκάλυψη με ITU-R 525/526.....	134
Σχήμα 5.2	Ραδιοκάλυψη με SUI – C.....	134
Σχήμα 5.3	Ραδιοκάλυψη με COST 231 – HATA.....	135
Σχήμα 5.4	Ραδιοκάλυψη με αρχική τοποθέτηση Σταθμών Βάσης.....	137
Σχήμα 5.5	Αντιστοιχία χρωμάτων με τιμές ορίων SINR.....	139
Σχήμα 5.6	Αντιστοιχία χρωμάτων με διαμορφώσεις.....	139
Σχήμα 5.7	Παλέτα αντιστοιχίας χρωμάτων με τιμές SIR.....	139
Σχήμα 5.8	Ραδιοκάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 1.5 m$	140
Σχήμα 5.9	Επικάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 1.5 m$	140

Σχήμα 5.10	SIR με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 1.5$ m.....	141
Σχήμα 5.11	SINR με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 1.5$ m.....	141
Σχήμα 5.12	Ραδιοκάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 4$ m.....	142
Σχήμα 5.13	Επικάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 4$ m.....	143
Σχήμα 5.14	SIR με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 4$ m.....	143
Σχήμα 5.15	SINR με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 4$ m.....	144
Σχήμα 5.16	Μεταβολή της συνολικής ραδιοκάλυψης και της κάλυψης με 64 QAM $\frac{3}{4}$ για διάφορα h_{ms}	145
Σχήμα 5.17	Μεταβολή της επικάλυψης για διάφορα h_{ms}	146
Σχήμα 5.18	Ανάλυση εξυπηρέτησης δικτύου για νομαδική πρόσβαση και διάφορα h_{ms}	148
Σχήμα 5.19	Ανάλυση εξυπηρέτησης δικτύου για κινητή πρόσβαση και διάφορα h_{ms}	148
Σχήμα 5.20	Ραδιοκάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{bs} = 1,5$ m.....	150
Σχήμα 5.21	Επικάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{bs} = 1,5$ m.....	150
Σχήμα 5.22	SIR με ITU-R 525/526 για $h_{bs} = 1,5$ m.....	151
Σχήμα 5.23	SINR με ITU-R 525/526 για $h_{bs} = 1,5$ m.....	151
Σχήμα 5.24	Ραδιοκάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{bs} = 4$ m.....	152
Σχήμα 5.25	Επικάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{bs} = 4$ m.....	153
Σχήμα 5.26	SIR με ITU-R 525/526 για $h_{bs} = 4$ m.....	153
Σχήμα 5.27	SINR με ITU-R 525/526 για $h_{bs} = 4$ m.....	154
Σχήμα 5.28	Μεταβολή της ραδιοκάλυψης (ανα διαμόρφωση) για διάφορα h_{bs}	155
Σχήμα 5.29	Μεταβολή της συνολικής ραδιοκάλυψης και της κάλυψης με 64 QAM $\frac{3}{4}$ για διάφορα h_{bs}	156
Σχήμα 5.30	Μεταβολή της επικάλυψης για διάφορα h_{bs}	156
Σχήμα 5.31	Μεταβολή του SINR για διάφορα h_{bs}	157
Σχήμα 5.32	Μεταβολή του SIR για διάφορα h_{bs}	158
Σχήμα 5.33	Ανάλυση εξυπηρέτησης δικτύου για νομαδική πρόσβαση και διάφορα h_{bs}	159
Σχήμα 5.34	Ανάλυση εξυπηρέτησης δικτύου για κινητή πρόσβαση και διάφορα h_{bs}	159
Σχήμα 5.35	Παλέτα αντιστοιχίας χρωμάτων με τιμές SINR.....	161
Σχήμα 5.36	Παλέτα αντιστοιχίας χρωμάτων με τιμές SIR.....	161
Σχήμα 5.37	SIR με ITU-R 525/526 για PUSC και $h_{ms} = 1,5$ m , $h_{bs} = 3$ m.....	162
Σχήμα 5.38	SINR με ITU-R 525/526 για PUSC και $h_{ms} = 1,5$ m , $h_{bs} = 3$ m.....	162
Σχήμα 5.39	SIR με ITU-R 525/526 για FUSC και $h_{ms} = 1,5$ m , $h_{bs} = 3$ m.....	163
Σχήμα 5.40	SINR με ITU-R 525/526 για FUSC και $h_{ms} = 1,5$ m , $h_{bs} = 3$ m.....	163
Σχήμα 5.41	SINR ανα σχήμα κατανομής υποφερουσών.....	165
Σχήμα 5.42	SIR ανα σχήμα κατανομής υποφερουσών.....	166
Σχήμα 5.43	Ανάλυση εξυπηρέτησης δικτύου για νομαδική πρόσβαση ανα σχήμα κατανομής υποφερουσών.....	166
Σχήμα 5.44	Ανάλυση εξυπηρέτησης δικτύου για κινητή πρόσβαση ανα σχήμα κατανομής υποφερουσών.....	167

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1	Βασικά χαρακτηριστικά των προτύπων 802.16-2004 (fixed) και 802.16e-2005 (mobile).....	7
Πίνακας 1.2	Πιστοποιημένα προφίλ από το WiMAX Forum για σταθερή και ασύρματη πρόσβαση.....	8
Πίνακας 1.3	Πρόσφατες πιστοποιήσεις προϊόντων WiMAX.....	9
Πίνακας 2.1	Βασικές παράμετροι OFDM συστήματος.....	26
Πίνακας 2.2	Τεχνικές πολλαπλών κεραιών.....	36
Πίνακας 2.3	Ρυθμοί μετάδοσης για τα υποχρεωτικά σχήματα κωδικοποίησης.....	41
Πίνακας 2.4	Επιτρεπτά προφίλ διαμόρφωσης-κωδικοποίησης.....	42
Πίνακας 2.5	Πρωταρχικοί παράγοντες.....	43
Πίνακας 2.6	Παράμετροι DL PUSC.....	44
Πίνακας 2.7	Τυπικές παράμετροι εξομοίωσης συστήματος WiMAX.....	46
Πίνακας 2.8	Συνδυασμοί διαμορφώσεων με κωδικοποιήσεις.....	47
Πίνακας 3.1	Καθορισμός τύπων κυψελών με βάση την τελική αναφορά του COST 231.....	57
Πίνακας 3.2	Παράμετροι μοντέλου Erceg.....	60
Πίνακας 3.3	Τύπος εδάφους και Doppler για τα μοντέλα SUI.....	61
Πίνακας 3.4	Περιγραφή και εξασθενήσεις της διάδοσης ανάλογα με τον τύπο του περιβάλλοντος.....	65
Πίνακας 3.5	Τυπικές ταχύτητες κινούμενων χρηστών ανάλογα με τον τύπο του περιβάλλοντος.....	65
Πίνακας 4.1	Τεχνικά χαρακτηριστικά Σταθμού Βάσης.....	75
Πίνακας 4.2	Τιμές σηματοθορυβικού λόγου, ευαισθησίας σταθερού δέκτη ανά τύπο διαμόρφωσης για εύρος ζώνης καναλιού 5 MHz.....	76
Πίνακας 4.3	Τιμές σηματοθορυβικού λόγου, ευαισθησίας σταθερού δέκτη ανά τύπο διαμόρφωσης για εύρος ζώνης καναλιού 7 MHz.....	77
Πίνακας 4.4	Τιμές σηματοθορυβικού λόγου, ευαισθησίας σταθερού δέκτη ανά τύπο διαμόρφωσης για εύρος ζώνης καναλιού 10 MHz.....	77
Πίνακας 4.5	Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων).....	81
Πίνακας 4.6	Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων).....	84
Πίνακας 4.7	Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz).....	88
Πίνακας 4.8	Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 5 MHz).....	90
Πίνακας 4.9	Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz).....	94
Πίνακας 4.10	Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz).....	98
Πίνακας 4.11	Συνολικά στατιστικά στοιχεία κάλυψης για διάφορα εύρη ζώνης.....	99
Πίνακας 4.12	Συνολικά στατιστικά στοιχεία θορύβου παρεμβολής και επικάλυψης για διάφορα εύρη ζώνη.....	99
Πίνακας 4.13	Συνολικά στατιστικά στοιχεία κάλυψης για διάφορα είδη κεραιών.....	100
Πίνακας 4.14	Συνολικά στατιστικά στοιχεία θορύβου παρεμβολής και επικάλυψης.....	101
Πίνακας 4.15	Συνολικά στατιστικά στοιχεία κάλυψης κατά την επαναχρησιμοποίηση ή μη συχνοτήτων.....	102

Πίνακας 4.16	Συνολικά στατιστικά στοιχεία θορύβου παρεμβολής και επικάλυψης κατά την επαναχρησιμοποίηση ή μη συχνοτήτων.....	102
Πίνακας 4.17	Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (για μοντέλο COST 231 - Hata).....	107
Πίνακας 4.18	Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (για έξυπνες κεραιές 4x2).....	110
Πίνακας 4.19	Συνολικά στατιστικά στοιχεία κάλυψης (Σύγκριση Μοντέλων).....	110
Πίνακας 4.20	Συνολικά στατιστικά στοιχεία θορύβου παρεμβολής και επικάλυψης (Σύγκριση Μοντέλων)	111
Πίνακας 4.21	Συνολικά στατιστικά στοιχεία μεταβάλλοντας ύψος κεραιάς δέκτη.....	112
Πίνακας 4.22	Συνολικά στατιστικά στοιχεία μεταβάλλοντας κέρδος κεραιάς δέκτη.....	115
Πίνακας 4.23	Συνολικά στατιστικά στοιχεία μεταβάλλοντας ύψος κεραιάς πομπού.....	118
Πίνακας 4.24	Συνολικά στατιστικά στοιχεία μεταβάλλοντας γωνία ανύψωσης.....	121
Πίνακας 4.25	Συνολικά στατιστικά στοιχεία μεταβάλλοντας απώλειες κεραιάς πομπού.....	123
Πίνακας 4.26	Συνολικά στατιστικά στοιχεία σχήματος κατανομής υποφερουσών.....	124
Πίνακας 4.27	Συνολικά στατιστικά στοιχεία πόλωσης.....	126
Πίνακας 4.28	Ακτίνα κάλυψης για κάθε διαμόρφωση (σε επιλεγμένους σταθμούς).....	127
Πίνακας 4.29	Συνολικά στατιστικά στοιχεία ακτίνας κάλυψης.....	128
Πίνακας 5.1	Τεχνικά χαρακτηριστικά Σταθμού Βάσης.....	131
Πίνακας 5.2	Τιμές σηματοθορυβικού λόγου, ευαισθησίας κινητού δέκτη και μέγιστου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (θεωρητικού) ανά τύπο διαμόρφωσης.....	132
Πίνακας 5.3	Τιμές σηματοθορυβικού λόγου, ευαισθησίας σταθερού δέκτη και μέγιστου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (θεωρητικού) ανά τύπο διαμόρφωσης.....	133
Πίνακας 5.4	Προφίλ χρηστών περιοχής Αμαρουσίου.....	138
Πίνακας 5.5	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων για μεταβολή h_{ms}	144
Πίνακας 5.6	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων ανα διαμόρφωση για μεταβολή h_{ms}	145
Πίνακας 5.7	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων SINR για μεταβολή h_{ms}	146
Πίνακας 5.8	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων SIR για μεταβολή h_{ms}	146
Πίνακας 5.9	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξυπηρέτησης χρηστών (νομαδική πρόσβαση) για μεταβολή h_{ms}	147
Πίνακας 5.10	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξυπηρέτησης χρηστών (κινητή πρόσβαση) για μεταβολή h_{ms}	147
Πίνακας 5.11	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων για μεταβολή h_{bs}	154
Πίνακας 5.12	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων ανα διαμόρφωση για μεταβολή h_{bs}	155
Πίνακας 5.13	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων SINR για μεταβολή h_{bs}	157
Πίνακας 5.14	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων SIR για μεταβολή h_{bs}	157
Πίνακας 5.15	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξυπηρέτησης χρηστών (νομαδική πρόσβαση) για μεταβολή h_{bs}	158
Πίνακας 5.16	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξυπηρέτησης χρηστών (κινητή πρόσβαση) για μεταβολή h_{bs}	158
Πίνακας 5.17	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων για τα διάφορα σχήματα κατανομής υποφερουσών.....	164
Πίνακας 5.18	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξυπηρέτησης χρηστών (νομαδική πρόσβαση) για τα διάφορα σχήματα κατανομής υποφερουσών.....	164
Πίνακας 5.19	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξυπηρέτησης χρηστών (κινητή πρόσβαση) για τα διάφορα σχήματα κατανομής υποφερουσών.....	165

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Παράρτημα Α	Διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας.....
Παράρτημα Β	Αποτελέσματα προσομοίωσης control bit rate (νομαδική πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα Γ	Αποτελέσματα προσομοίωσης control bit rate-AMC (νομαδική πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα Δ	Αποτελέσματα προσομοίωσης demand Mbps per angle (νομαδική πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα Ε	Αποτελέσματα προσομοίωσης general analisis (νομαδική πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα ΣΤ	Αποτελέσματα προσομοίωσης subscribers interference from BS (νομαδική πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα Ζ	Αποτελέσματα προσομοίωσης traffic for best server - controled servise flow - AMC - status report (νομαδική πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα Η	Αποτελέσματα προσομοίωσης traffic for best server - controled servise flow - AMC (νομαδική πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα Θ	Αποτελέσματα προσομοίωσης traffic for best server - controled servise flow - status report (νομαδική πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα Ι	Αποτελέσματα προσομοίωσης traffic for best server - controled servise flow (νομαδική πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα ΙΑ	Αποτελέσματα προσομοίωσης control bit rate (κινητή πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα ΙΒ	Αποτελέσματα προσομοίωσης control bit rate-AMC (κινητή πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα ΙΓ	Αποτελέσματα προσομοίωσης demand Mbps per angle (κινητή πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα ΙΔ	Αποτελέσματα προσομοίωσης general analisis (κινητή πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα ΙΕ	Αποτελέσματα προσομοίωσης subscribers interference from BS (κινητή πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα ΙΣΤ	Αποτελέσματα προσομοίωσης traffic for best server - controled servise flow - AMC - status report (κινητή πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα ΙΖ	Αποτελέσματα προσομοίωσης traffic for best server - controled servise flow - AMC (κινητή πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα ΙΗ	Αποτελέσματα προσομοίωσης traffic for best server - controled servise flow - status report (κινητή πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα ΙΘ	Αποτελέσματα προσομοίωσης traffic for best server - controled servise flow (κινητή πρόσβαση) στην περιοχή του Αμαρουσίου για $h_{ms} = 1,5m$ και $h_{bs} = 3,5m$
Παράρτημα Κ	Site optimizing.....
Παράρτημα ΚΑ	Δημοσίευση.....

ΛΙΣΤΑ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

PAR: Peak to Average Ratio (Λόγος Μεγίστου-Μέσου Όρου)
MIMO: Multiple Input Multiple Output (Πολλαπλή Είσοδος Πολλαπλή Έξοδος)
SISO: Single Input Single Output (Μία Είσοδος Μία Έξοδος)
OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing (Ορθογώνια Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνότητας)
OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access
AWGN: Additive White Gaussian Noise (Προσθετικός Λευκός Γκαουσιανός Θόρυβος)
ACM: Adaptive Modulation Coding (Προσαρμοστική Διαμόρφωση και Κωδικοποίηση)
ARQ: Automatic Repeat Request (Αυτόματη Αίτηση Επανάληψης)
ISI: Inter-Symbol Interference (Διασυμβολική Παρεμβολή)
DFT: Discrete Fourier Transform (Διακριτός Μετασχηματισμός Fourier)
FFT: Fast Fourier Transform (Ταχύς Μετασχηματισμός Fourier)
AM: Amplitude Modulation (Διαμόρφωση Πλάτους)
PM: Phase Modulation (Διαμόρφωση Φάσης)
TR: Tone Reservation (Κατακράτηση Τόνου)
ACE: Active Constellation Extension (Επέκταση Ενεργού Σχηματισμού)
BER: Bit Error Rate (Πιθανότητα Εμφάνισης Σφάλματος bit)
SNR: Signal to Noise Ratio (Σηματοθορυβικός Λόγος)
LOS: Line Of Sight (Άμεση Οπτική Επαφή)
NLOS: Non Line Of Sight (Μη Άμεση Οπτική Επαφή)
MRC: Maximal Ratio Combining (Συνδυασμός Μεγίστου Λόγου)
SC: Selection Combining (Επιλογή Ροής)
EGG: Equal Gain Combining (Συνδυασμός Ίσου Κέρδους)
MRC: Maximum Ratio Combining (Συνδυασμός Μεγίστου Λόγου)
TDD: Time Division Duplexing (Αμφιδρόμηση με Διαίρεση Χρόνου)
STBC: Space - Time Block Coding (Κωδικοποίηση Χώρου - Χρόνου)
OSTBC: Orthogonal Space - Time Block Coding (Ορθογώνια Κωδικοποίηση Χώρου - Χρόνου)
CSI: Channel State Information (Εκμεταλλεύσιμη Πληροφορία Διαύλου στον Πομπό)
CDMA: Code Division Multiple Access (Πολλαπλή Προσπέλαση Διαίρεσης Κωδίκων)
QPSK: Quadrature Phase-Shift Keying (Τετραδικό Κλείδωμα Μεταλλαγής Φάσεως)
QAM: Quadrature Amplitude Modulation
HARQ: Hybrid Automatic Repeat Request (Υβριδική Αυτόματη Αίτηση Επανάληψης)
ΕΕΤΤ: Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων
Κ.Υ.Α: Κοινή Υπουργική Απόφαση
Υ.Α: Υπουργική Απόφαση
ΦΕΚ: Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως
ΕΕΑΕ: Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας
DSL: Digital Subscriber Line (Ψηφιακή Συνδρομητική Γραμμή)
UMTS: Universal Mobile Telecommunications System (Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Τηλεπικοινωνιών)

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Διεθνής Οργανισμός Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών)
WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access (παγκόσμια διαλειτουργικότητα για μικροκυματική πρόσβαση)
WLL: Wireless Local Loop (Ασύρματος τοπικός βρόχος)
MMDS: Multichannel Multipoint Distribution Service
LMDS: Local Multipoint Distribution Service
FDD: Feature Driven Development (Αμφιδρόμηση με Διαίρεση Συχνότητας)
ETSI: European Telecommunications Standards Institute (Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων)
SME: Small and Medium Enterprises
SOHO: Small Office/Home Office
HDTV: High-Definition Television
er: Σχετικής Δηλεκτρική Σταθεράς
k: Ειδική Αγωγιμότητα
G: Κέρδος Κεραίας
Rin: Αντίσταση Εισόδου Κεραίας
MAC: Media Access Control
QoS: Quality of Service (Ποιότητα υπηρεσίας)
UL: Ζεύξη Ανόδου (Uplink)
DL: Ζεύξη Καθόδου (Downlink)
AES: Advanced Encryption Standard
3DES: Triple Data Encryption Standard
EAP: Extensible Authentication Protocol
IP: Internet Protocol
Wi-Fi: Wireless Fidelity
ICI: Inter Carrier Interference
SDMA: Space Division Multiple Access ()
AAS: Advanced Antenna Systems
HSDPA: High-Speed Downlink Packet Access
WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access
LLC: Logical Link Control
LAN: Local Area Network
WAN: Wide Area Network
IMS: IP Multimedia System
AP: Access Point

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εποπτική Παρουσίαση Συστημάτων WiMAX

1.1 Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες τόσο οι ευρυζωνικές όσο και οι ασύρματες υπηρεσίες γνώρισαν αλματώδη ανάπτυξη και υιοθετήθηκαν παγκοσμίως από την αγορά. Αναφέρεται ότι στις φορητές ασύρματες υπηρεσίες από τα 11 εκατομμύρια των συνδρομητών το 1990 φθάσαμε στα 2 δισεκατομμύρια το 2003 παγκοσμίως. Επιπρόσθετα, σε λιγότερο από μια δεκαετία, οι συνδρομητές των ευρυζωνικών υπηρεσιών ξεπέρασαν τα 200 εκατομμύρια παγκοσμίως. Πολλοί ερευνητές πιστεύουν, ότι το επόμενο πεδίο ανάπτυξης της βιομηχανίας των τηλεπικοινωνιών, θα είναι ο συνδυασμός της ευκολίας που παρέχουν οι ασύρματες υπηρεσίες με την υψηλή επίδοση των αντίστοιχων ευρυζωνικών [1].

1.2 Βασικές Έννοιες

Ακολουθεί μια σύντομη αναφορά και επεξήγηση των όρων «ευρυζωνικότητα - ευρυζωνικές υπηρεσίες» και «ασύρματη πρόσβαση», έννοιες που χρησιμοποιούνται συχνά στο περιβάλλον των ασύρματων επικοινωνιών, καθώς και μια προσπάθεια περιγραφής του υπάρχοντος πλαισίου ανάπτυξής τους στον Ελληνικό χώρο.

1.2.1 Ευρυζωνικές Υπηρεσίες

Ο όρος «ευρυζωνικός» αρχικά, ήταν ένας τεχνικός όρος που αναφερόταν στην ποσότητα πληροφορίας που μπορούσε να μεταφερθεί ανάμεσα σε δύο επικοινωνούσες οντότητες μέσω ενός τηλεπικοινωνιακού καναλιού. Όμως, στη προσπάθεια διατύπωσης της ευρυζωνικής πρόσβασης, οι διάφορες ομάδες εργασίας κατέληξαν σε ένα σύνολο διαφορετικών ορισμών, κυρίως λόγω της δυναμικής φύσης του τηλεπικοινωνιακού περιβάλλοντος, όπου οι εφαρμογές, οι υπηρεσίες αλλά και η τεχνολογία των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων βρίσκεται σε συνεχή αναδιαμόρφωση. Για να επισημάνουμε την διαφορετικότητα αυτών των ορισμών μπορούμε να αναφερθούμε στον ορισμό που δόθηκε στις Η.Π.Α., σύμφωνα με τον οποίο η ευρυζωνική πρόσβαση καθορίζεται αποκλειστικά από τους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, στον αντίστοιχο Καναδικό, που βασίζεται στα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας που προσφέρεται στους χρήστες και στον Ιταλικό, που θεωρεί την ευρυζωνική πρόσβαση ως ένα τεχνολογικό περιβάλλον [2]. Εξετάζοντας καλύτερα τους ορισμούς που έχουν ήδη δοθεί, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι ο ζητούμενος ορισμός είναι άρρηκτα δεμένος και με μη τεχνολογικά ζητήματα και θέτει σημαντικές νέες απαιτήσεις στην ανάπτυξη της χώρας.

Έτσι, ο όρος «ευρυζωνικότητα» ή «ευρυζωνικές υπηρεσίες» δεν είναι μια στενή έννοια, αλλά ένα δυναμικό πλαίσιο που αγγίζει ένα ευρύ φάσμα τεχνολογιών, υπηρεσιών και πολιτικοοικονομικών θεμάτων [3]. Ευρυζωνικότητα, λοιπόν, ορίζεται με ευρεία έννοια ως το προηγμένο, εφικτό και καινοτόμο από πολιτική, κοινωνική, οικονομική και τεχνολογική άποψη περιβάλλον αποτελούμενο από:

α. Την παροχή γρήγορων συνδέσεων στο Διαδίκτυο, σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού, με ανταγωνιστικές τιμές (με τη μορφή καταναλωτικού αγαθού), χωρίς εγγενείς περιορισμούς στα συστήματα μετάδοσης και τον τερματικό εξοπλισμό των επικοινωνούντων άκρων.

β. Την κατάλληλη δικτυακή υποδομή που:

- Επιτρέπει την κατανομημένη ανάπτυξη υπαρχόντων και μελλοντικών δικτυακών εφαρμογών και πληροφοριακών υπηρεσιών
- Δίνει τη δυνατότητα αδιάλειπτης σύνδεσης των χρηστών σε αυτές
- Ικανοποιεί τις εκάστοτε ανάγκες των εφαρμογών σε εύρος ζώνης, αναδραστικότητα και διαθεσιμότητα
- Είναι ικανή να αναβαθμίζεται συνεχώς και με μικρό επιπλέον κόστος ώστε να εξακολουθεί να ικανοποιεί τις ανάγκες, όπως αυτές αυξάνουν και μετεξελίσσονται με ρυθμό και κόστος που επιτάσσονται από την πρόοδο της πληροφορικής και της τεχνολογίας επικοινωνιών

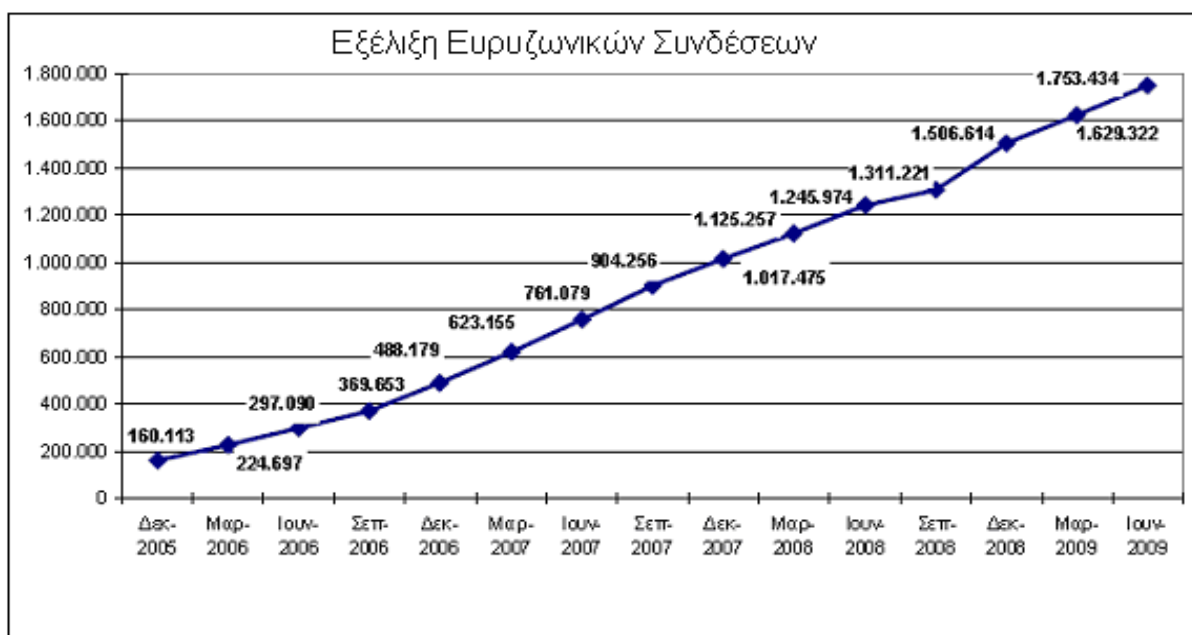
γ. Την δυνατότητα του χρήστη να επιλέγει:

- Ανάμεσα σε εναλλακτικές προσφορές σύνδεσης που ταιριάζουν στον εξοπλισμό του
- Μεταξύ διαφόρων δικτυακών εφαρμογών
- Μεταξύ διαφόρων υπηρεσιών πληροφόρησης και ψυχαγωγίας και με πιθανή συμμετοχή του ίδιου του πολίτη στην παροχή περιεχομένου, εφαρμογών και υπηρεσιών

δ. Το κατάλληλο ρυθμιστικό πλαίσιο αποτελούμενο από πολιτικές, μέτρα, πρωτοβουλίες, άμεσες και έμμεσες παρεμβάσεις, αναγκαίες για την ενδυνάμωση της καινοτομίας, την προστασία του ανταγωνισμού και την εγγύηση σοβαρής ισορροπημένης οικονομικής ανάπτυξης, ικανής να προέλθει από τη γενικευμένη συμμετοχή στην Ευρυζωνικότητα και την Κοινωνία της Πληροφορίας [2].

1.2.2 Ευρυζωνικότητα στην Ελλάδα

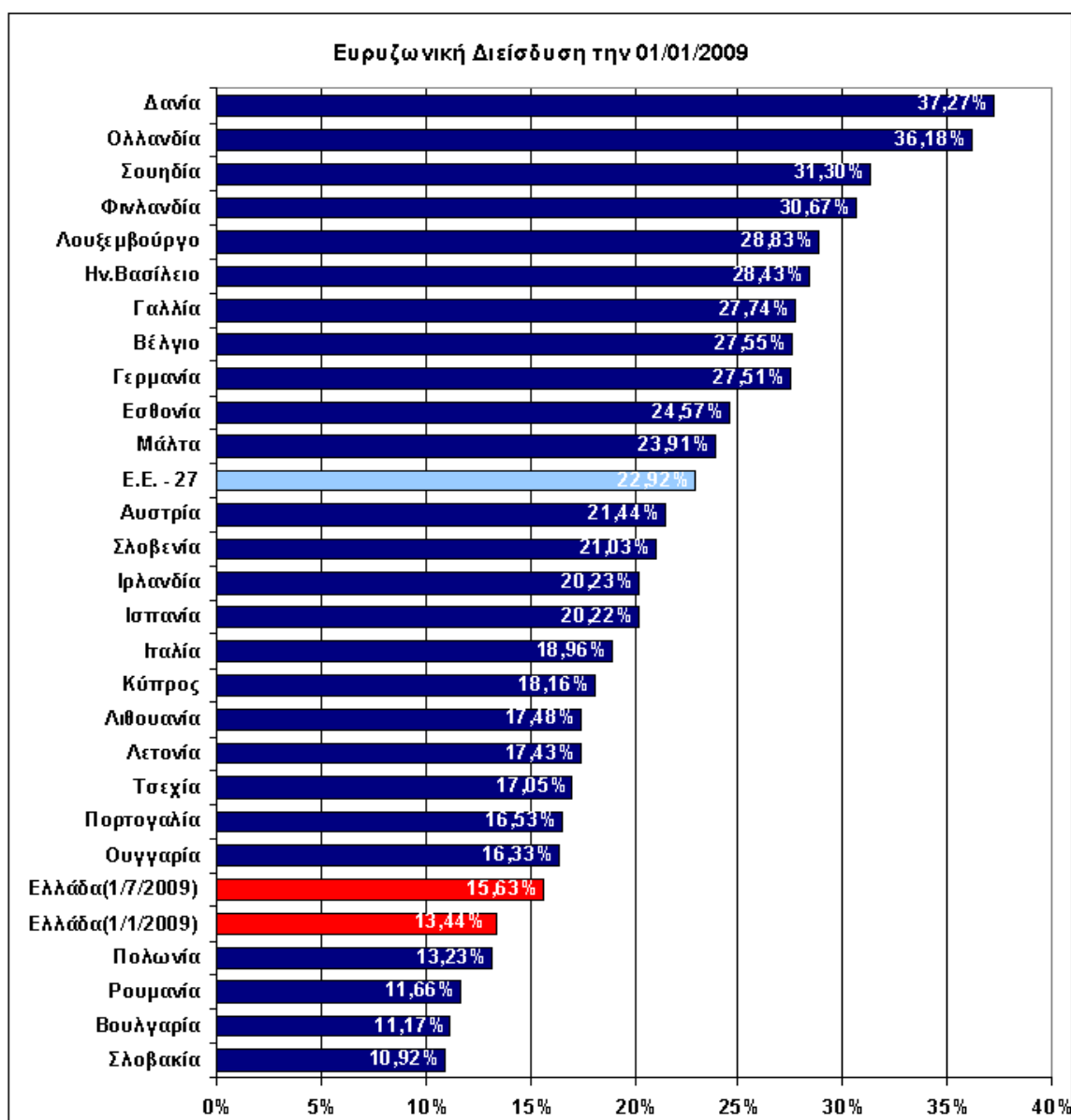
Τα παρακάτω στοιχεία παρουσιάζουν την πορεία της ευρυζωνικότητας στον Ελληνικό χώρο σύμφωνα με την τριμηνιαία αναφορά της Εθνικής Επιτροπής Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ – Β΄ ΤΡΙΜΗΝΟ 2009) [4]. Όπως φαίνεται από τα παρακάτω σχήματα, οι ευρυζωνικές συνδέσεις της χώρας τον Ιούλιο του 2009 έφτασαν τις 1.753.434, σημειώνοντας αύξηση 33,7% σε σχέση με τον Ιούλιο του 2008 και 130,4% σε σχέση με τον Ιούλιο του 2007 (Σχήμα 1.1). Επίσης, η ευρυζωνική διείσδυση στον πληθυσμό τον Ιούλιο του 2009 έφθασε το 15,6% έναντι 11,2% τον Ιούλιο του 2008.



Πηγή: ΕΕΤΤ βάσει στοιχείων αδειοδοτημένων παρόχων)

Σχήμα 1.1 Εξέλιξη των ευρυζωνικών συνδέσεων στην Ελλάδα

Σύμφωνα με στοιχεία της 14ης Έκθεσης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την πορεία της αγοράς ηλεκτρονικών επικοινωνιών στην Ε.Ε., το ποσοστό ευρυζωνικής διείσδυσης της Ελλάδας την 1/1/2009 ήταν το πέμπτο από το τέλος σε σειρά κατάταξης μεταξύ των 27 κρατών μελών της Ε.Ε.. Ακόμη και με τα νεότερα στοιχεία του Ιουνίου, η Ελλάδα παραμένει πίσω από την αμέσως προηγούμενη χώρα (Ουγγαρία), η διείσδυση της οποίας στο τέλος 2008 (16,33%) ήταν υψηλότερη από τη διείσδυση στην Ελλάδα στο τέλος Ιουνίου 2009. Επίσης, βάσει της ίδιας έκθεσης, η Ελλάδα κατά τη διάρκεια του 2008, είχε την τρίτη υψηλότερη αύξηση ευρυζωνικής διείσδυσης μεταξύ των 27 κρατών μελών της Ε.Ε. Εάν δεν αυξηθεί ο σημερινός ρυθμός ευρυζωνικής ανάπτυξης, η Ελλάδα θα βελτιώσει τη θέση της στην ευρυζωνική κατάταξη περί τα μέσα του 2010. Τα παραπάνω στοιχεία επιβεβαιώνουν το γεγονός ότι παρόλο που η Ελλάδα συγκαταλέγεται στα ταχέως αναπτυσσόμενα κράτη της Ε.Ε., εντούτοις η απόστασή της από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο εξακολουθεί να είναι μεγάλη (Σχήμα 1.2).



(Πηγή: 14η Έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την πορεία της αγοράς Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών στην Ε.Ε.)

Σχήμα 1.2 Αύξηση της ευρυζωνικής διείσδυσης στα κράτη μέλη της Ε.Ε. κατά τη διάρκεια του 2008 και αντίστοιχη αύξησή της στην Ελλάδα.

1.2.3 Νομοθεσία

Παρακάτω ακολουθεί μια προσπάθεια γενικής παρουσίασης του νομοθετικού πλαισίου που ισχύει στην χώρα μας, για την παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, από την αδειοδότηση έως και την κατασκευή κεραιών, όπως αυτό αναφέρεται από τους αρμόδιους φορείς [5], [6], [7].

α. Αδειοδότηση

Κάθε είδους δραστηριότητα ηλεκτρονικών επικοινωνιών που αφορά στην παροχή δικτύων ή/και υπηρεσιών ηλεκτρονικών επικοινωνιών υπάγεται στα παρακάτω:

➤ Στο Νόμο 3431/2006 "*Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις*" (Φ.Ε.Κ 13/Α/3-2-2006) που αφορά το Καθεστώς Γενικών Αδειών.

➤ Στον "*Κανονισμό Γενικών Αδειών*" (Φ.Ε.Κ. 748/Β/21-6-2006), όπως αυτός τροποποιήθηκε με τις υπ' αριθμ. 442/68/28-6-2007 και 513/014/3-3-2009 Αποφάσεις της ΕΕΤΤ.

➤ Στη Δήλωση Καταχώρησης υπό Καθεστώς Γενικής Άδειας (αρχική ή τροποποιητική) που υποβάλλεται από πρόσωπα που παρέχουν δημόσια δίκτυα επικοινωνιών ή διαθέσιμες στο κοινό υπηρεσίες ηλεκτρονικών επικοινωνιών, καθώς επίσης και από πρόσωπα που λειτουργούν ειδικά ραδιοδίκτυα.

β. Κατανομή – Χρήση Ζωνών Συχνότητας

Η κατανομή των ζωνών ραδιοσυχνότητας του φάσματος από 9 ΚHz μέχρι 400 GHz σε μία ή περισσότερες υπηρεσίες ραδιοεπικοινωνιών καθορίζεται από:

➤ Την Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α) 17225/655/2006 "*Έγκριση Εθνικού Κανονισμού Κατανομής Ζωνών Συχνότητας (Ε.Κ.Κ.Ζ.Σ)*" που περιέχει τις διατάξεις που εφαρμόζονται σε μόνιμες εκχωρήσεις, σε περίοδο ειρήνης, στην Ελληνική Επικράτεια για τη χρήση του φάσματος ραδιοσυχνότητας από 9 kHz μέχρι 400 GHz.

➤ Την Κ.Υ.Α. 38960/1619/12-9-2008 που τροποποιεί την παραπάνω Κ.Υ.Α.

➤ Την Υπουργική Απόφαση (Υ.Α) 31940/1190/24-5-2007 (ΦΕΚ Β' 876) που ρυθμίζει τη διαδικασία χορήγησης δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνότητας ή ζωνών ραδιοσυχνότητας ατελώς σε δικαιούχους φορείς, που αναπτύσσουν, λειτουργούν και χρησιμοποιούν κρατικά δίκτυα ηλεκτρονικών επικοινωνιών.

➤ Τον "*Κανονισμό Χρήσης και Χορήγησης Δικαιωμάτων Χρήσης Ραδιοσυχνότητας υπό καθεστώς Γενικής Άδειας για τη Παροχή Δικτύων ή / και Υπηρεσιών Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών*" (ΦΕΚ 750/Β/21-6-06) που καθορίζει τις διαδικασίες, προϋποθέσεις και λεπτομέρειες χορήγησης δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνότητας.

➤ Τον "*Κανονισμό Όρων Χρήσης Μεμονωμένων Ραδιοσυχνότητας ή Ζωνών Ραδιοσυχνότητας*" (ΦΕΚ 1010/Β/28-5-2009) που εξειδικεύει σε ποια από τις παραπάνω κατηγορίες ανήκει κάθε χρήση μεμονωμένης ραδιοσυχνότητας ή ζώνης ραδιοσυχνότητας για την παροχή δικτύων ή/και υπηρεσιών ηλεκτρονικών επικοινωνιών.

➤ Τον "*Κανονισμό Μεταβίβασης Δικαιωμάτων Χρήσης Ραδιοσυχνότητας*" (ΦΕΚ 638/Β/27-4-2007) που καθορίζει τους όρους, τις προϋποθέσεις και τις διαδικασίες που διέπουν τη μεταβίβαση δικαιωμάτων χρήσης ραδιοσυχνότητας.

➤ Τον "*Κανονισμό Μεταβίβασης ή Εκμίσθωσης Τμήματος Δικαιώματος Χρήσης Μεμονωμένων Ραδιοσυχνότητας ή Ζωνών Ραδιοσυχνότητας*" (ΦΕΚ 1836/Β/12-9-2008) που καθορίζει τους όρους, τις προϋποθέσεις, τα κριτήρια και τις διαδικασίες μεταβίβασης ή εκμίσθωσης τμήματος δικαιώματος χρήσης ραδιοσυχνότητας.

γ. Κατασκευή Κεραιών

Οι διαδικασίες, προϋποθέσεις και λεπτομέρειες για την αδειοδότηση κατασκευών κεραιών ρυθμίζονται από:

➤ Τον "*Κανονισμό Αδειών Κατασκευών στη Ξηρά*" σύμφωνα με το Ν.3431/2006 της ΕΕΤΤ (ΦΕΚ 1666/Β/14-11-2006).

➤ Την Τροποποίηση της προηγούμενης Απόφασης της ΕΕΤΤ (ΦΕΚ 517/Β/20-3-2009).

- Τον Νόμο 2801/2000 "*Ρυθμίσεις θεμάτων αρμοδιότητας του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις*".
- Την απόφαση της ΕΕΤΤ με υπ' αριθμόν 262/107 (ΦΕΚ 1262/Β/26-09-2002) "*Ειδικά Μέτρα προστασίας των σταθμών εποπτείας του Εθνικού συστήματος Διαχείρισης και Εποπτείας Φάσματος Ραδιοσυχνοτήτων από επιζήμιες παρενοχλήσεις*" που καθορίζει τους περιορισμούς ως προς την έκδοση Αδειών Κατασκευών Κεραιών και την εκχώρηση ραδιοσυχνοτήτων.
- Την Εγκύκλιο της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) "*Καθορισμό ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο περιβάλλον σταθμών κεραιών*" σε εφαρμογή του Ν.3431/2006 (ΦΕΚ 13/Α/03-02-2006).
- Την Εγκύκλιο του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) "*Διαδικασία Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης και Περιεχόμενο Περιβαλλοντικών Μελετών για τις Εγκαταστάσεις Κεραιών Σταθμών στην Ξηρά*".

1.2.4 Ασύρματη Πρόσβαση

Οι κυριότερες ευρυζωνικές τεχνολογίες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες, τις ενσύρματες (δίκτυα οπτικών ινών, τεχνολογίες xDSL) και τις ασύρματες (Wi-Fi, WiMAX, 3G/UMTS, δορυφορικές τεχνολογίες). Με τον όρο ασύρματες ευρυζωνικές υπηρεσίες εννοούμε την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών σε χρήστες μέσω ασύρματων ζεύξεων, η οποία παρουσιάζει μοναδικά πλεονεκτήματα. Ουσιαστικά υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι ασύρματων ευρυζωνικών υπηρεσιών. Ο πρώτος, η σταθερή ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση, μπορεί να θεωρηθεί εναλλακτικός-ανταγωνιστικός του DSL και του καλωδιακού μόντεμ, καθώς παρέχει ένα σύνολο υπηρεσιών παρόμοιο με αυτό της παραδοσιακής σταθερής-ενσύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης, αλλά χρησιμοποιώντας ασύρματα μέσα μετάδοσης. Ο δεύτερος, η φορητή ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση προσφέρει επιπλέον τις λειτουργίες της φορητότητας, της νομαδικότητας και της κινητικότητας. (Η τεχνολογία WiMAX έχει σχεδιασθεί και για τους δύο προαναφερθέντες τύπους της ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης) [1].

1.3 WiMAX

Το WiMAX είναι ένα αρκτικόλεξο που αντιπροσωπεύει την Παγκόσμια Διαλειτουργικότητα για την Μικροκυματική Πρόσβαση (Worldwide Interoperability for Microwave Access). Είναι ένα σημάδι πιστοποίησης για τα προϊόντα που περνούν τις δοκιμές συμμόρφωσης και διαλειτουργικότητας για το πρότυπο IEEE 802.16 (αφορούν το τέταρτο εξελικτικό στάδιο της ανάπτυξης, όπως παρακάτω). Τα προϊόντα που περνούν τις δοκιμές συμμόρφωσης για WiMAX είναι σε θέση να δημιουργήσουν τις ασύρματες συνδέσεις μεταξύ τους για να επιτρέψουν τη μεταφορά των στοιχείων πακέτων Διαδικτύου.

1.3.1 Ιστορικό

Η εμφάνιση της τεχνολογίας WiMAX ως κοινό βιομηχανικό πρότυπο για την παροχή ασύρματων ευρυζωνικών υπηρεσιών πέρασε από τέσσερα κυρίως στάδια σε παγκόσμιο επίπεδο:

α. Συστήματα Στενής Ζώνης

Το πρώτο στάδιο αναφέρεται στην ανάπτυξη συστημάτων στενής ζώνης, κυρίως για την τηλεφωνία στις αναπτυσσόμενες χώρες, που δεν διέθεταν την απαραίτητη υποδομή (Συστήματα Ασύρματου Τοπικού Βρόγχου, Wireless Local Loop-WLL) καθώς και συστημάτων πρόσβασης στο διαδίκτυο (1993 – Project Angel by AT&T στα 1900MHz).

β. Ευρυζωνικά Συστήματα Πρώτης Γενιάς

Κατά το δεύτερο στάδιο, η ανάπτυξη των ασύρματων συστημάτων ακολούθησε την εξέλιξη της τεχνολογίας της Ψηφιακής Συνδρομητικής Γραμμής (Digital Subscriber Line-DSL) και του καλωδιακού μόντεμ, ως ανταγωνιστική τεχνολογία, αναπτύσσοντας αρχικά συστήματα που

λειτουργούσαν στα 2.5 και 3.5 GHz (Local to Multipoint Distribution Service-LMDS). Ουσιαστική ώθηση δόθηκε με την εκμετάλλευση του φάσματος που μέχρι τότε χρησιμοποιούνταν για παροχή καλωδιακής τηλεόρασης (Multichannel to Multipoint Distribution Service-MMDS). Τα συστήματα MMDS όμως απαιτούσαν συνθήκες Άμεσης Οπτικής Επαφής (Line Of Sight-LOS). Αυτό, σε συνδυασμό με την μικρή χωρητικότητα του συστήματος, τις απαιτήσεις για ύπαρξη εξωτερικής κεραίας από τους χρήστες και για αναμεταδότες που λειτουργούσαν σε μεγάλες ισχύς, υπήρξαν σημαντικά εμπόδια για την περαιτέρω ανάπτυξη του συστήματος.

γ. Ευρυζωνικά Συστήματα Δεύτερης Γενιάς

Στο τρίτο στάδιο, τα Ευρυζωνικά Συστήματα Δεύτερης Γενιάς εφαρμόζοντας εξελιγμένες τεχνικές όπως την Ορθογώνια Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiple-OFDM), την Πολλαπλή Προσπέλαση Διαίρεσης Κωδίκων (Code Division Multiple Access-CDMA) καθώς και τεχνικές πολλαπλών κεραιών (Multiple Input Multiple Output-MIMO), είχαν καλή απόδοση σε συνθήκες μη Άμεσης Οπτικής Επαφής (Non Line Of Sight-NLOS), ξεπερνώντας προβλήματα πολυδιαδρομικής διάδοσης και τελικά παρέχοντας λίγα Mbits σε κυβέλες ακτίνας λίγων χιλιομέτρων.

δ. Εμφάνιση Προτύπων Συστημάτων Ασύρματης Ευρυζωνικής Πρόσβασης

Στα τέλη της δεκαετίας του '90 ο Διεθνής Οργανισμός Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronics Engineers-IEEE) ανέπτυξε τα απαραίτητα πρότυπα για την ασύρματη κάλυψη μητροπολιτικών δικτύων (Wireless Metropolitan Area Networks-WAN). Έτσι:

➤ Τον Δεκέμβριο του 2001 παρουσιάστηκε το πρότυπο 802.16, στο οποίο καθοριζόταν ότι το φυσικό στρώμα (Physical Layer-PHY) χρησιμοποιούσε μονής φέρουσας διαμόρφωση και το στρώμα ζεύξης (Media Access Control-MAC) υποστήριζε τόσο Αμφιδρόμηση με Διαίρεση Συχνότητας (Frequency Division Duplexing-FDD) όσο και Αμφιδρόμηση με Διαίρεση Χρόνου (Time Division Duplexing-TDD) στις συχνότητες 10 έως 66 GHz.

➤ Τον Ιανουάριο του 2003 παρουσίασε το πρότυπο 802.16a, μια αναθεωρημένη έκδοση του προηγούμενου προτύπου, στο οποίο εισαγόταν η τεχνική OFDM για το φυσικό στρώμα και η τεχνική Πολλαπλής Πρόσβασης Ορθογώνιας Διαίρεσης Συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiple Access-OFDMA) για το στρώμα ζεύξης, στις συχνότητες 2 έως 11 GHz.

➤ Τον Ιούνιο του 2004, παρουσίασε το πρότυπο 802.16-2004, το οποίο υιοθετήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (European Telecommunications Standards Institute-ETSI), ως η βάση για το HYPERTERMINAL, και αντικατέστησε όλα τα προηγούμενα.

➤ Τον Δεκέμβριο του 2005 παρουσίασε το πρότυπο 802.16e-2005, που αναφέρετε σε φορητά συστήματα ευρυζωνικών υπηρεσιών.

Το πρότυπο 802.16-2004 είναι το πρότυπο που αναφέρεται στην υποστήριξη σταθερών ασύρματων ευρυζωνικών υπηρεσιών και το 802.16e-2005 στην υποστήριξη φορητών ασύρματων ευρυζωνικών υπηρεσιών. Η παρουσίαση όμως των προτύπων αφορά μόνο την θεωρητική προσέγγιση του θέματος. Η υλοποίησή τους έγινε από το WiMAX Forum, το οποίο τον Ιανουάριο του 2006 παρουσίασε το πρώτο προϊόν στο πεδίο των ασύρματων ευρυζωνικών υπηρεσιών. Τα βασικά χαρακτηριστικά των προτύπων, όπως αυτά καθορίστηκαν από την IEEE φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1.1 Βασικά χαρακτηριστικά των προτύπων 802.16-2004 (fixed) και 802.16e-2005 (mobile)

	802.16	802.16-2004	802.16e-2005
Κατάσταση	Τελείωσε τον Δεκέμβριο του 2001	Τελείωσε τον Ιούνιο του 2004	Τελείωσε τον Δεκέμβριο του 2005
Συχνότητα	10-66 GHz	2-11 GHz	2-11GHz (σταθερή ασύρματη πρόσβαση) 2-11GHz (φορητή ασύρματη πρόσβαση)
Εφαρμογή	Σταθερή LOS	Σταθερή LOS	Σταθερή και φορητή LOS
Αρχιτεκτονική Επιπέδου MAC	Σημείο προς πολλαπλά σημεία, πλέγμα	Σημείο προς πολλαπλά σημεία, πλέγμα	Σημείο προς πολλαπλά σημεία, πλέγμα
Μετάδοση	Μονού φέροντος	Μονού φέροντος, 256 OFDM, 2048 OFDM	Μονού φέροντος, 256 OFDM ή κλιμακωτή OFDM με 128, 512, 1024 ή 2048 φέροντα
Διαμόρφωση	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Ρυθμός Μετάδοσης	32-134,4 Mbps	1-75 Mbps	1-75 Mbps
Πολυπλεξία	TDM/TDMA	TDM/TDMA/OFDMA	TDM/TDMA/OFDMA
Αμφιδρόμηση	TDD, FDD	TDD, FDD	TDD, FDD
Εύρος Ζώνης Καναλιού	20 MHz 25 MHz 28 MHz	1.75 MHz, 3.5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 1.25 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 8,75 MHz	1.75 MHz, 3.5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 1.25 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 8,75 MHz

Όμως, το WiMAX Forum για πρακτικούς λόγους χρησιμοποιεί ένα μέρος από τις σχεδιαστικές επιλογές των προτύπων, οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1.2 Πιστοποιημένα προφίλ από το WiMAX Forum για σταθερή και ασύρματη πρόσβαση

	Συχνότητα	Εύρος Ζώνης Καναλιού	FFT		Παρατηρήσεις
<i>Σταθερή Ασύρματη Πρόσβαση</i>					
1	3.5 GHz	3.5 MHz	256	FDD	Τα προϊόντα έχουν πιστοποιηθεί
		3.5 MHz	256	TDD	
		7 MHz	256	FDD	
		7 MHz	256	TDD	
2	5.8 GHz	10 MHz	256	TDD	
<i>Φορητή Ασύρματη Πρόσβαση</i>					
3	2.3 – 2.4 GHz	5 MHz	512	TDD	Το εύρος ζώνης πρέπει να υποστηρίζεται από τον κινητό χρήστη
		10 MHz	1024	TDD	
		8.75 MHz	1024	TDD	
4	2.305 – 2.320 GHz 2.345 – 2.360 GHz	3.5 MHz	512	TDD	
		5 MHz	512	TDD	
		10 MHz	1024	TDD	
5	2.496 – 2.69 GHz	5 MHz	512	TDD	Το εύρος ζώνης πρέπει να υποστηρίζεται από τον κινητό χρήστη
		10 MHz	1024	TDD	
6	3.3 – 3.4 GHz	5 MHz	512	TDD	
		7 MHz	1024	TDD	
		10 MHz	1024	TDD	
7	3.4 – 3.8 GHz 3.4 – 3.6 GHz 3.6 – 3.8 GHz	5 MHz	512	TDD	
		7 MHz	1024	TDD	
		10 MHz	1024	TDD	

1.3.2 WiMAX Forum

Το WiMAX Forum είναι μία μη κερδοσκοπική οργάνωση που δημιουργήθηκε από τους κατασκευαστές συστημάτων WiMAX (ολοκληρωμένων ή τμημάτων αυτών) καθώς και από παρόχους τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών με σκοπό να προάγει και να πιστοποιήσει τη συμβατότητα και τη διαλειτουργικότητα των προϊόντων που προσφέρουν ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση και λειτουργούν στη βάση που καθορίζουν τα πρότυπα IEEE 802.16 και ETSI HiperMAN για τα ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα (WirelessMAN). Με έτος έναρξης των λειτουργιών το 2003 και με ιδρυτικά μέλη τις Intel, Alvarion, ATT, Array Com, Nortel, Motorola, Samsung κ.α., σήμερα αριθμεί πάνω από 487 μέλη, στη λίστα των οποίων περιλαμβάνονται τα κορυφαία ονόματα στο χώρο των κατασκευαστών τηλεπικοινωνιών παρόχων δικτύων, όπως Nokia, Vodafone, BellSouth, Cisco Systems, Verizon, China Telecom και πολλοί άλλοι.

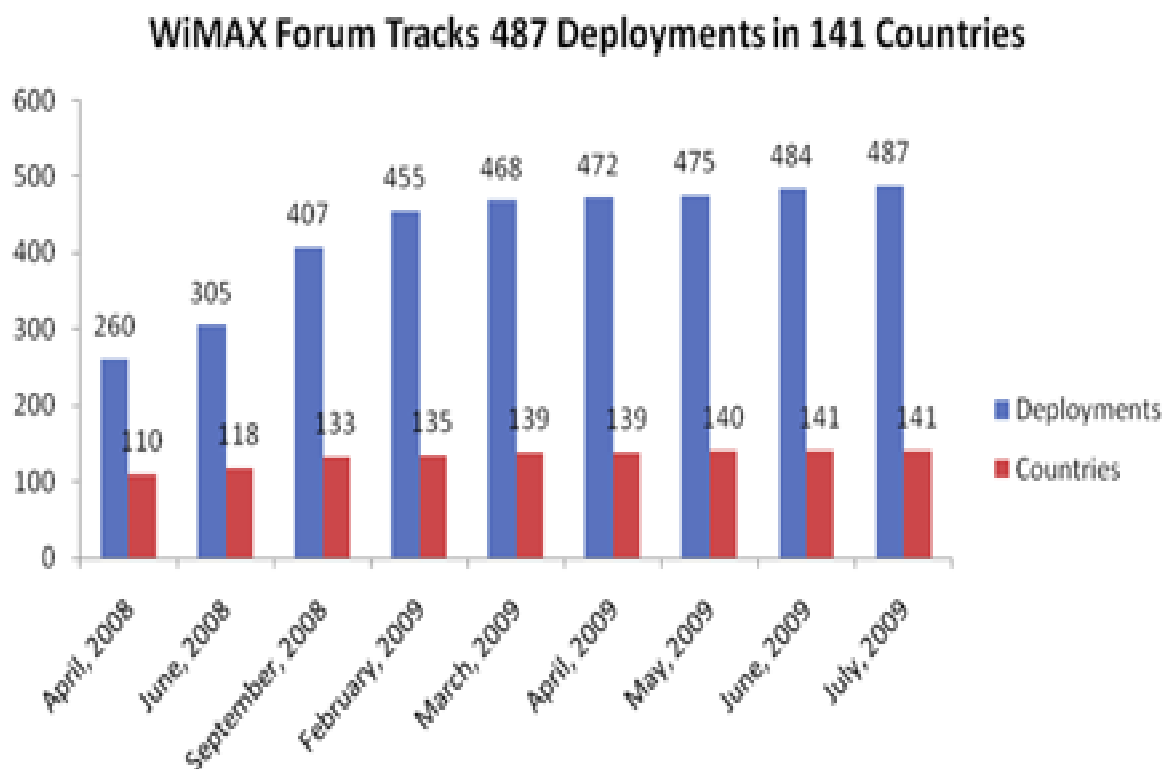
Στόχος του Forum είναι η επιτάχυνση της εισαγωγής στην αγορά των μητροπολιτικών ευρυζωνικών εφαρμογών για σταθερά, φορητά και κινητά συστήματα. Ο μόνος τρόπος που αυτό μπορεί να επιτευχθεί είναι με τη διεξαγωγή ελέγχων, που γίνονται σε ανεξάρτητα εργαστήρια (το εργαστήριο Cetecom στην Ισπανία ήταν το πρώτο που πραγματοποίησε ελέγχους σε εξοπλισμό WiMAX ενώ το εργαστήριο Telecommunications Technology Association (TTA) στην Κορέα λειτουργεί ως δεύτερο εργαστήριο πιστοποίησης) και την πιστοποίηση από το Forum, ότι τα

συστήματα αυτά λειτουργούν με βάση τα πρότυπα και ότι είναι εγγυημένη η διαλειτουργικότητα μεταξύ τους. Το πρόγραμμα πιστοποίησης WiMAX Forum Certified™ ξεκίνησε στα μέσα του 2005 και εξασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των κατασκευαστών, ενώ τα πρώτα πιστοποιημένα προϊόντα ανακοινώθηκαν τον Ιανουάριο του 2006 και βασίζονται στο πρότυπο IEEE 802.16-2004 για σταθερά συστήματα WiMAX [8]. Η κατασκευή και πιστοποίηση προϊόντων WiMAX έχει επιταχυνθεί αρκετά. Έτσι μόνο τον Ιούλιο του 2009 πιστοποιήθηκαν εννιά καινούργιες συσκευές (ένας νέος Σταθμός Βάσης και οκτώ νέοι Σταθμοί Συνδρομητού), των παρακάτω εταιριών [9]:

Πίνακας 1.3 Πρόσφατες πιστοποιήσεις προϊόντων WiMAX

Εταιρεία	Προϊόν	Τύπος Προϊόντος	Συχνότητα Λειτουργίας
ZTE	E9230 W200/W300	Base Station	2.5 GHz
PointRed Telecom	PointMAX 1100 USB Modem	Mobile Station	2.5 GHz
Acer Inc.	Aspire One	Mobile Station	2.5 GHz
Toshiba	Dynabook UX 2Xj	Mobile Station	2.5 GHz
Intel	Wireless Multiconnection MWM3280	Mobile Station	2.5 GHz & 3.5 GHz
Intel	Centrino Advanced-N + WiMAX 6250	Mobile Station	2.5 GHz & 3.5 GHz
C-motech Co., Ltd.	USB Type CDMA & WiMAX Modem	Mobile Station	2.5 GHz

Το επόμενο σχήμα δείχνει την εξέλιξη της συμμετοχής των παρόχων WiMAX στο WiMAX Forum



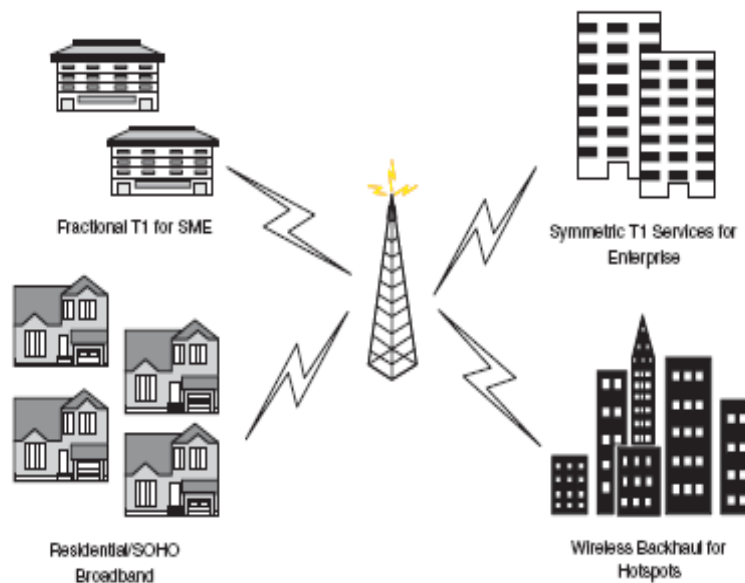
Σχήμα 1.3 Εξέλιξη συμμετοχής παρόχων WiMAX στο WiMAX Forum

1.3.3 Υπηρεσίες

Στην συνέχεια παρουσιάζονται γενικά και με συντομία, το σύνολο των υπηρεσιών, τις οποίες είναι δυνατόν να παρέχει ένα WiMAX σύστημα:

α. Υπηρεσίες Σταθερής Ασύρματης Πρόσβασης

Ένα σταθερό (fixed) WiMAX σύστημα μπορεί να παρέχει υπηρεσίες σημείου προς σημείο ή σημείου προς πολλαπλά σημεία. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει την παροχή ασύρματων ευρυζωνικών υπηρεσιών σε εσωτερικούς χώρους κτιρίων, σε campus και σε backhaul, ενώ η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει την παροχή ασύρματων ευρυζωνικών υπηρεσιών σε Μικρές και Μεσαίες Επιχειρήσεις (Small and Medium Enterprises-SME), πολύ μικρές επιχειρήσεις/σπίτια (Small Office/Home Office-SOHO) και ως backhaul σε Wi-Fi περιοχές.



Σχήμα 1.4 Απεικόνιση των σημείο σε πολλαπλά σημεία υποστηριζόμενων υπηρεσιών από το WiMAX

Η ανάπτυξη σταθερών συστημάτων ασύρματων ευρυζωνικών υπηρεσιών διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα παραδοσιακά ενσύρματα συστήματα, όπως το μικρότερο κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας, διαχείρισης και συντήρησης, την ευκολία αναβάθμισης, τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί από τις εταιρίες που παρέχουν δορυφορική τηλεόραση, τη δυνατότητα να παρέχουν σε εμπορικά κτίρια συμμετρικές T1/E1 υπηρεσίες (κάτι που δεν έχει καλυφθεί σε μεγάλο βαθμό από την τεχνολογία DSL), τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ως backhaul σύνδεσμοι με τα hotspots των Wi-Fi, 3G.

β. Υπηρεσίες Φορητής Ασύρματης Πρόσβασης

Στο πεδίο των φορητών ασύρματων ευρυζωνικών υπηρεσιών, ένα WiMAX σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη χρηστών χαμηλής κινητικότητας (πεζοδρόμια) από τις υπάρχουσες εταιρίες κινητής τηλεφωνίας (3G), για την παροχή υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης σε αστικές περιοχές. Επιπρόσθετα, τα ευέλικτα εύρη ζώνης και τα πολλαπλά υπάρχοντα επίπεδα ποιότητας υπηρεσιών (Quality of Service-QoS) που υποστηρίζει το WiMAX, το καθιστούν κατάλληλο για τις υπηρεσίες που απαιτούν μικρή καθυστέρηση και διαφοροποίηση του εύρους ζώνης.

1.3.4 Προκλήσεις

Παρά τα πλεονεκτήματά του και την ευρεία βιομηχανική υποστήριξη για την ανάπτυξή του, η επιτυχία της τεχνολογίας WiMAX δεν είναι εξασφαλισμένη. Στην πραγματικότητα η ασύρματη ευρυζωνικότητα γενικά και η τεχνολογία WiMAX ειδικά, αντιμετωπίζουν έναν αριθμό από προκλήσεις, οι οποίες είναι δυνατόν να εμποδίσουν την υιοθέτησή τους από την αγορά. Αυτές είναι: [1]

α. Η εξέλιξη της παραδοσιακής ευρυζωνικότητας

Στον τομέα των σταθερών ευρυζωνικών εφαρμογών, η τεχνολογία WiMAX θα πρέπει να συναγωνιστεί αποδοτικά τις παραδοσιακές εναλλακτικές ενσύρματες τεχνολογίες, όπως την DSL και το καλωδιακό modem. Κι αυτό, διότι τόσο η τεχνολογία DSL όσο και το καλωδιακό modem συνεχίζουν να εξελίσσονται ραγδαία, παρέχοντας αυξανόμενες δυνατότητες ρυθμών μετάδοσης. Σύντομα, μέσω του νέου προτύπου VDSL2 θα υπάρχει η δυνατότητα παροχής 50-100 Mbps, ενώ η τεχνολογία καλωδιακού modem επιτυγχάνει ακόμα υψηλότερους ρυθμούς ακόμα και στην άνω ζεύξη (Uplink - UL), όπου παραδοσιακά το εύρος ζώνης γι' αυτήν την τεχνολογία είναι περιορισμένο. Έτσι, οι τεχνολογίες αυτές, λόγω της επίτευξης υψηλών ρυθμών μετάδοσης θα είναι σε θέση να υποστηρίζουν όχι μόνο φωνή, δεδομένα και πολυμεσικές εφαρμογές αλλά και τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (High definition television-HDTV). Είναι δύσκολο για την τεχνολογία WiMAX να επιτύχει τέτοιες επιδόσεις ρυθμών μετάδοσης, όμως αντί αυτού θα πρέπει να αντιτάξει την κινητικότητα και την φορητότητα. Με βάση τα δεδομένα αυτά, το σταθερό WiMAX είναι περισσότερο πιθανό να αναπτυχθεί σε αγροτικές περιοχές ή σε περιοχές όπου ακόμα δεν έχουν υποδομή ενσύρματων τεχνολογιών.

β. Η διαφορά στην διαθεσιμότητα του φάσματος σε παγκόσμιο επίπεδο

Η τεχνολογία WiMAX μπορεί να χρησιμοποιήσει αρκετές συχνότητες, η κάθε μια από τις οποίες έχει μοναδική επίδραση στην απόδοση του συστήματος. Συνήθως η συχνότητα λειτουργίας υπαγορεύει βασικά όρια στην επίτευξη υψηλών ρυθμών μετάδοσης και μέγιστης περιοχής κάλυψης. Πιο πιθανές για εφαρμογές WiMAX παγκοσμίως είναι οι συχνότητες 2.3, 2.5, 3.5 και 5.7 GHz. Ωστόσο υπάρχει μια αξιοσημείωτη διαφορά στην αδειοδότηση και στην κατάρτιση κανόνων που αφορούν το ευρυζωνικό φάσμα σε παγκόσμιο επίπεδο. Είναι λοιπόν πρόκληση για την τεχνολογία WiMAX να επιτύχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ευελιξία, αναφορικά με τις υπηρεσίες που μπορούν να προσφερθούν στις διάφορες κατά τόπους συχνότητες.

γ. Ανταγωνισμός με την τεχνολογία 3G

Είναι περισσότερο εύκολο για τους παρόχους κινητής τηλεφωνίας να στηριχθούν και να εξελίξουν την τεχνολογία 3G, παρά να υιοθετήσουν την τεχνολογία WiMAX. Γι αυτό πρέπει η τεχνολογία φορητής πρόσβασης WiMAX να βρει ένα τρόπο διαφοροποίησης από την τεχνολογία 3G, με την ανάπτυξη καινοτόμων εφαρμογών και επιχειρηματικών μοντέλων ανταγωνιστικών έναντι αυτής.

δ. Ανάπτυξη συσκευών

Είναι σημαντικό για την τεχνολογία WiMAX να διαθέτει ένα ευρύ φάσμα τερματικών συσκευών οι οποίες πρέπει, συνδυάζοντας την ανάγκη διαφοροποίησης από το 3G, να είναι πρωτοποριακές. Τέτοιες WiMAX συσκευές θα μπορούσαν να ενσωματωθούν εκτός από H/Y, σε mp3 player, video player κτλ.

ε. Ασύρματη Ραδιοζεύξη

Η βασικότερη πρόκληση στην σχεδίαση ενός συστήματος WiMAX είναι το ασύρματο μέσο διάδοσης. Ενώ στην ενσύρματη επικοινωνία η διάδοση γίνεται μέσω ενός καλωδίου ή μέσω μιας οπτικής ίνας, όπου το σήμα οδηγείται από τον πομπό στο δέκτη, γενικά οι ασύρματες επικοινωνίες

εξαρτώνται από την πολυπλοκότητα του μηχανισμού διάδοσης, ιδιαίτερα σε NLOS συνθήκες. Η επίδραση του ραδιοδιαύλου στο εκπεμπόμενο σήμα είναι πολλαπλή και γενικά προσεγγίζεται από τους εξής παράγοντες:

➤ Απώλειες Διάδοσης [10]

Οι απώλειες διάδοσης στις οποίες έχει αποδοθεί ο όρος εξασθένιση, καθορίζουν την εξάρτηση της μείωσης της μέσης ισχύος του λαμβανόμενου σήματος από την απόσταση πομπού - δέκτη. Σε συνθήκες LOS διάδοσης, η μείωση είναι 20 dB/decade αφού ισχύει:

$$PL(dB) = 20 \log(d) + 20 \log(f) + 32.45 \quad (\text{Εξίσ. 1})$$

δηλαδή για κάθε 10πλασιασμό της απόστασης d , οι απώλειες αυξάνονται κατά 20 dB. Όμως σε συνθήκες NLOS διάδοσης, κάτω από τις οποίες θα λειτουργεί πρακτικά ένα σύστημα WiMAX, η αντίστοιχη μείωση είναι 40 dB/decade, σύμφωνα με το μοντέλο δύο ακτινών. Από την ίδια ανάλυση προκύπτει ότι οι απώλειες διάδοσης είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων, όπως του συντελεστή ανάκλασης R , των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του εδάφους, (όπως της σχετικής του διηλεκτρικής σταθεράς ϵ_r και της ειδικής του αγωγιμότητας κ), της γωνίας Brewster, του ύψους των κεραιών πομπού h_{BS} και δέκτη h_{MS} και των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών τους, (όπως το κέρδος της κεραίας τους G και της αντίστασης εισόδου της κεραίας τους R_{in}).

➤ Σκίαση [11]

Η Εξίσωση 1 δεν λαμβάνει υπόψη το γεγονός, ότι η αταξία στο περιβάλλον διάδοσης μπορεί να είναι διαφορετική σε δύο θέσεις όπου η απόσταση μεταξύ πομπού και δέκτη είναι η ίδια. Λόγω της ανομοιομορφίας του περιβάλλοντος διάδοσης, η μέση ισχύς που λαμβάνεται σε διάφορες θέσεις του δέκτη που ισαπέχουν από τον πομπό, είναι πολύ διαφορετική από εκείνη που υπολογίζεται αν χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση:

$$L(d) = L(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (\text{Εξίσ. 2})$$

Μετρήσεις που έχουν γίνει από διάφορους ερευνητές έχουν δείξει ότι για οποιαδήποτε τιμή του d , η τιμή των απωλειών διάδοσης $L(d)$ σε μια συγκεκριμένη θέση είναι τυχαία μεταβλητή και έχει λογαριθμική-κανονική κατανομή γύρω από την απόλυτη μέση τιμή των απωλειών διάδοσης $L(d)$. Δηλαδή

$$L(d) = L(d_0) + X_s = L(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_s \quad (\text{Εξίσ. 3})$$

και η ισχύς λήψης σε απόσταση d από τον πομπό θα είναι:

$$Pr(d) = Pt(d) - L(d) \quad (\text{Εξίσ. 4})$$

όπου X_s είναι τυχαία μεταβλητή με κατανομή που εξαρτάται από τη συνιστώσα διάλειψης. Η λογαριθμική-κανονική συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας δίνεται από την σχέση:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{(mx-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (\text{Εξίσ. 5})$$

όπου m είναι η μέση λαμβανόμενη στάθμη σήματος και σ η τυπική της απόκλιση. Η λογαριθμική-κανονική κατανομή περιγράφει τις τυχαίες επιδράσεις σκίασης που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια μεγάλου αριθμού μετρήσεων σε θέσεις που έχουν μεν την ίδια απόσταση μεταξύ πομπού και δέκτη, αλλά έχουν διαφορετικούς βαθμούς αταξίας στη διαδρομή διάδοσης. Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται και ως λογαριθμική-κανονική σκίαση.

➤ Πολυδιαδρομική διάδοση [12]

Σε συνθήκες NLOS, λόγω των ανακλάσεων, περιθλάσεων και σκεδάσεων του μεταδιδόμενου σήματος, ο δέκτης λαμβάνει πλήθος επίπεδων κυμάτων από διάφορους δρόμους και αυτά συμβάλλουν με διαφορετικές φάσεις. Η συμβολή των κυμάτων αυτών μπορεί να προκαλέσει ενίσχυση του σήματος ή διαλείψεις (fading), των οποίων η ένταση αυξάνει με την συχνότητα λειτουργίας και το μήκος ζεύξεως.

➤ Διασυμβολική παρεμβολή [10]

Λόγω της πολυδιαδρομικής διάδοσης υπάρχουν συνιστώσες του σήματος που καταφθά - νουν με μεγάλη καθυστέρηση ως προς την πρώτη αφικνούμενη συνιστώσα - μεγαλύτερη από ένα τμήμα της διάρκειας συμβόλου - με αποτέλεσμα την διασυμβολική παρεμβολή. Η διασυμβολική παρεμβολή προκαλεί υψηλούς ρυθμούς σφαλμάτων που δεν μειώνονται με την αύξηση της ισχύος εκπομπής, λόγω της ταυτόχρονης αύξησης της ισχύος παρεμβολής. Άμεση συνέπεια της διασυμβολικής παρεμβολής (Inter-Symbol Interference-ISI) είναι η ανάγκη για μείωση των ρυθμών μετάδοσης. Το WiMAX χρησιμοποιώντας διαμόρφωση OFDM περιορίζει το φαινόμενο αυτό.

➤ Φαινόμενο Doppler

Εξαιτίας της σχετικής κίνησης μεταξύ του πομπού και του δέκτη ή την κίνηση των αντικειμένων στο ευρύ περιβάλλον προκαλείται διασπορά του φάσματος. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως φαινόμενο Doppler και δημιουργεί προβλήματα συγχρονισμού και μείωσης του λόγου σήματος προς θόρυβο (Signal to Noise Ratio-SNR), ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται η διαμόρφωση OFDM.

➤ Θόρυβος

Φυσικά, η παράμετρος του θορύβου δεν θα μπορούσε να παραληφθεί. Επειδή ο θερμικός θόρυβος αυξάνει με την αύξηση του εύρους ζώνης, είναι φανερό ότι στα ευρυζωνικά συστήματα, η τιμή του θα είναι επαυξημένη σε σχέση με τα συστήματα στενής ζώνης.

➤ Παρεμβολές [13]

Η επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων για την κάλυψη μιας περιοχής εξαιτίας του περιορισμένου διατιθέμενου φάσματος έχει σαν αποτέλεσμα την ύπαρξη πολλών κυψελών στην περιοχή εξυπηρέτησης του συστήματος, οι οποίες χρησιμοποιούν την ίδια ομάδα συχνοτήτων κι έτσι να αναπτύσσεται παρεμβολή μεταξύ των ομοδιαυλικών αυτών κυψελών (ομοδιαυλική παρεμβολή).

στ. Διατιθέμενο φάσμα

Μια ακόμη πρόκληση για ένα σύστημα WiMAX είναι η ανάγκη προσαρμογής του αυξανό - μενου αριθμού των χρηστών με την παροχή σε αυτούς εφαρμογών υψηλών υπηρεσιών, χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν λιγότερο φάσμα. Για να χρησιμοποιηθεί το φάσμα ποιο αποδοτικά ενδείκνυται:

➤ Επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Αντί να διαθέσουμε ένα πομπό που εκπέμπει με υψηλή ισχύ σε μια περιοχή, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πολλούς πομπούς μικρής ισχύος, ο καθένας από τους οποίους καλύπτει μια μικρή περιοχή. Σε γειτονικούς σταθμούς βάσης κατανέμονται διαφορετικές ομάδες διαύλων έτσι ώστε όλοι οι διαθέσιμοι δίαυλοι να κατανέμονται σε έναν σχετικά μικρό αριθμό γειτονικών σταθμών βάσης. Με συστηματική χωρική κατανομή των σταθμών βάσης και των ομάδων συχνοτήτων, οι διαθέσιμοι δίαυλοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν όσες φορές χρειάζεται. Όσο μειώνεται ο συντελεστής επαναχρησιμοποίησης N , επιτυγχάνεται υψηλότερη χωρητικότητα και φασματική απόδοση. Ταυτόχρονα όμως σημαίνει και μεγαλύτερη παρεμβολή, η οποία αντιμετωπίζεται με την χρησιμοποίηση πολλαπλών κεραιών, που όπως έχει αναφερθεί, λειτουργούν καλύτερα με διαμόρφωση OFDM, την οποία χρησιμοποιεί ένα σύστημα WiMAX.

➤ Προσαρμοστική διαμόρφωση-κωδικοποίηση

Ανάλογα με τον χρήση, εφαρμόζεται και η κατάλληλη διαμόρφωση και κωδικοποίηση, με αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλού ρυθμού μετάδοσης και άρα χωρητικότητας.

➤ Χωρική πολυπλεξία

Η χρησιμοποίηση πολλαπλών κεραιών ασυσχέτιστων μεταξύ τους, επιτρέπει επίσης και την χωρική πολυπλεξία όπου πολλά ανεξάρτητα κανάλια μεταδίδονται παράλληλα.

➤ Αποδοτικές τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης

Εκτός από την αποδοτική χρησιμοποίηση του φάσματος ανά χρήστη, θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα η κατανομή των πόρων του συστήματος στους διάφορους χρήστες. Αυτό βέβαια αντιμετωπίζεται στο επίπεδο του στρώματος ζεύξης με την χρήση της τεχνικής OFDMA.

ζ. Ποιότητα Υπηρεσίας

Άλλη μια πρόκληση για το σύστημα WiMAX και ιδιαίτερα για το επίπεδο MAC, είναι η προσφερόμενη ποιότητα υπηρεσίας. Με τον όρο ποιότητα υπηρεσίας εννοούμε τη ρυθμοαπόδοση (throughput), τον μέγιστο ανεκτό αριθμό σφαλμάτων, την μέγιστη απαιτούμενη καθυστέρηση και τη χρονική διαταραχή (jitter). Εξαιτίας των διαφορετικών απαιτήσεων σε QoS από την κάθε ευρυζωνική εφαρμογή, ένα ολοκληρωμένο σύστημα WiMAX, θα πρέπει να είναι σε θέση να παρέχει διαφορετικά επίπεδα QoS στο χρήστη. Έτσι θα πρέπει να συνδυαστεί στην κατάλληλη αναλογία, η χωρητικότητα με τον αριθμό των χρηστών και το είδος των εφαρμογών στον κατάλληλο χρόνο. Όμως, η ποιότητα υπηρεσίας δεν περιορίζεται μόνο στο ασύρματο κανάλι. Η ποιότητα υπηρεσίας για τον χρήστη και γενικά για μια από άκρο σε άκρο (end-to-end) εφαρμογή εξαρτάται και από άλλες παραμέτρους όπως τη δρομολόγηση, τη μεταγωγή κ.λ.π.

η. Κινητικότητα

Όσον αφορά την κινητικότητα, ένα σύστημα WiMAX πρέπει να παρέχει πρόσβαση σε χρήστες σε οποιαδήποτε θέση κι αν βρίσκεται αυτός (μεταγωγή - roaming) και να διατηρεί την σύνδεση καθώς αυτός κινείται (διαπομπή - handoff).

θ. Φορητότητα

Η ανάγκη για την μείωση της κατανάλωσης ισχύος αποτελεί πρόκληση για τους σχεδιαστές, ώστε να αναζητήσουν περισσότερο αποδοτικά συστήματα μετάδοσης, πρωτόκολλα που καταναλώνουν λιγότερη ισχύ, λιγότερο ισχυρούς αλγόριθμους μετάδοσης σήματος, σχεδίαση κυκλωμάτων χαμηλής ισχύος και τεχνολογίες μπαταριών με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Αλλά όμως, ένα πεδίο ενδιαφέροντος στο οποίο αναγκαστικά θα γίνει ανταλλαγή (trade off) είναι αυτό του συνδυασμού αποδοτικότερης διαχείρισης ισχύος στην διαμόρφωση με την αποδοτική χρησιμοποίηση του φάσματος, καθώς χαμηλή ισχύς κατανάλωσης στην διαμόρφωση μειώνει την απόδοση του φάσματος.

ι. Ασφάλεια

Όπως και κάθε τηλεπικοινωνιακό σύστημα, έτσι και ένα σύστημα WiMAX θα πρέπει να χειρίζεται με επιτυχία θέματα ασφάλειας, τόσο από την πλευρά του χρήστη, (ιδιωτικότητα, ακεραιότητα) χρησιμοποιώντας την κατάλληλη κωδικοποίηση, όσο και από την πλευρά του παρόχου (αυθεντικότητα, μέθοδοι πρόσβασης, αντιμετώπιση επιθέσεων).

1.3.5 Εξέχοντα Χαρακτηριστικά του WiMAX [1]

Ορισμένα από τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά του WiMAX, τα οποία χρήζουν ιδιαίτερης αναφοράς είναι τα ακόλουθα:

α. Ορθογώνια Πολυπλεξία Διαίρεσης Συχνότητας

Με την χρήση της διαμόρφωσης OFDM επιτυγχάνεται καλή επίδοση υπό συνθήκες πολυδιαδρομικής διάδοσης και επιτρέπει στο WiMAX να λειτουργεί κάτω από NLOS συνθήκες διάδοσης. Ειδικότερα επιτυγχάνουμε:

➤ Λιγότερη πολυπλοκότητα

➤ Πολύ καλή λειτουργία κάτω από συνθήκες πολυδιαδρομικής διάδοσης

- Εκμετάλλευση του διαφορισμού συχνότητας
- Σε κάθε χρήστη αποδίδεται ο κατάλληλος ρυθμός μέσω OFDMA
- Στιβαρότητα έναντι της παρεμβολής στενής ζώνης
- Καλή αποδιαμόρφωση με χρήση πιλοτικών υποφερόντων και κατά συνέπεια καλή εκτίμηση καναλιού και αποδοτικότητα ισχύος.

Ωστόσο με τη χρήση της διαμόρφωσης OFDM έχουμε προβλήματα ισχύος (πρόβλημα Λόγου Μεγίστου-Μέσου Όρου-Peak to Average Ratio-PAR) ενώ είναι ευάλωτη στο θόρυβο φάσης και στη διασπορά συχνότητας (προβλήματα συγχρονισμού).

β. Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης

Λειτουργώντας με εύρος ζώνης 20 MHz, ο ρυθμός μετάδοσης στο φυσικό στρώμα μπορεί να φθάσει στα 74 Mbps ενώ κάτω από καλές συνθήκες διάδοσης και με την χρήση πολλαπλών κεραιών μπορούν να επιτευχθούν ακόμα μεγαλύτεροι ρυθμοί.

γ. Μεταβλητό εύρος ζώνης-ρυθμού μετάδοσης

Ανάλογα με το διαθέσιμο εύρος ζώνης προσαρμόζεται και το είδος των ταχέων μετασχηματισμών Fourier (Fast Fourier Transform-FFTs), επιτυγχάνοντας ανάλογους ρυθμούς δεδομένων για τον κάθε χρήστη.

δ. Προσαρμοστική διαμόρφωση – κωδικοποίηση

Ανάλογα με τις συνθήκες του χρονομεταβλητού καναλιού μετάδοσης και ιδιαίτερα ανάλογα με τον λόγο σήματος προς θόρυβο και σήματος προς παρεμβολή, τόσο η διαμόρφωση, όσο και η κωδικοποίηση αλλάζουν, επιτρέποντας έτσι μέγιστο ρυθμό μετάδοσης.

ε. Επαναμεταδόσεις

Το WiMAX υποστηρίζει την επαναμετάδοση των πακέτων μέσω του μηχανισμού Αυτόματης Αίτησης Επανάληψης (Automatic Repeat Request-ARQ) ή του υβριδικού ARQ (H-ARQ), για την αύξηση της αξιοπιστίας της σύνδεσης.

στ. Υποστήριξη της αμφιδρόμησης με διαίρεση χρόνου-συχνότητας

Μέσω της υποστήριξης κυρίως της αμφιδρόμησης με διαίρεση χρόνου (TDD) επιτυγχάνεται ευελιξία στην επιλογή του ρυθμού μετάδοσης τόσο στη ζεύξη ανόδου (Uplink-UL) όσο και στη ζεύξη καθόδου (Downlink-DL).

ζ. Πολλαπλή Πρόσβαση Ορθογώνιας Διαίρεσης Συχνότητας (OFDMA)

Με την χρήση της τεχνικής OFDMA για την εκμετάλλευση του διαφορισμού συχνότητας και του διαφορισμού χρηστών, κι έτσι την αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος.

η. Υποστήριξη αναβαθμισμένων τεχνικών κεραιών

Το WiMAX υποστηρίζει την χρήση πολλαπλών κεραιών κι έτσι αυξάνει την χωρητικότητα του συστήματος και την φασματική του απόδοση.

θ. Υποστήριξη ποιότητας υπηρεσίας

Το WiMAX υποστηρίζει ένα πλήθος εφαρμογών και προσφέρει σταθερή, μεταβλητή, πραγματικού χρόνου κίνηση ή μη, εκτός της ήδη υπάρχουσας βέλτιστης προσπάθειας, ενώ έχει σχεδιασθεί ώστε να εξυπηρετεί πολλούς χρήστες με πολλαπλές συνδέσεις ανά τερματικό, η κάθε μια με τη δική της ποιότητα υπηρεσίας (QoS).

ι. Ασφάλεια

Μέσω του Προηγμένου Προτύπου Κρυπτογράφησης (Advanced Encryption Standard-AES) ή του Τριπλού Προτύπου Κρυπτογράφησης Δεδομένων (Triple Data Encryption Standard-3DES),

το WiMAX υποστηρίζει υψηλή κρυπτογράφηση, ενώ μέσω του Επεκτάσιμου Πρωτοκόλλου Αυθεντικοποίησης (Extensible Authentication Protocol-EAP) παρέχει μια πολύ ευέλικτη αρχιτεκτονική αυθεντικοποίησης.

ια. Υποστήριξη κινητικότητας

Η υποστήριξη κινητικότητας γίνεται μέσω των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων του φυσικού στρώματος, όπως η συχνή εκτίμηση του καναλιού, ο έλεγχος ισχύος, η υποκαναλικοποίηση του UL.

ιβ. Αρχιτεκτονική IP

Η αρχιτεκτονική του WiMAX βασίζεται στην IP αρχιτεκτονική. Με την χρήση των IP πρωτοκόλλων εξασφαλίζεται η συμβατότητα του συστήματος με άλλα συστήματα και γίνεται εκμετάλλευση των καινοτομιών της εδραιωμένης IP αρχιτεκτονικής.

1.4 Συγκρίσεις

Οι σημαντικότερες εναλλακτικές τεχνολογίες της τεχνολογίας WiMAX είναι αυτές του 3G και του Wi-Fi. Αρχικά η δυνατότητα επιλογής του εύρους ζώνης του καναλιού καθιστά το WiMAX ως μια ευέλικτη εφαρμογή σε αντίθεση με το 3G, το οποίο έχει σταθερό εύρος ζώνης καναλιού. Επιπλέον, η διαμόρφωση OFDM, που χρησιμοποιείται τόσο από το WiMAX όσο και από το Wi-Fi, σε αντίθεση με το μη αποδοτικό CDMA, τα επιτρέπει να υποστηρίζουν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης και μεγάλη χωρητικότητα συστήματος. Επιπλέον, η χρήση πολλαπλών κεραιών από το WiMAX αυξάνει τη φασματική απόδοση του συστήματος ενώ η διαμόρφωση OFDM είναι περισσότερο συμβατή με αυτές από ότι το CDMA. Επιπρόσθετα, η δυναμική προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης τόσο του DL όσο και του UL, καθιστά το WiMAX χρήσιμο για υπηρεσίες που απαιτούν συμμετρικά ρεύματα DL και UL.

Ίσως το σημαντικότερο πλεονέκτημα του WiMAX είναι το χαμηλό κόστος του, που οφείλεται στην αρχιτεκτονική IP. Σε αντίθεση με το 3G, το οποίο διαθέτει ένα ξεχωριστό και περίπλοκο δίκτυο κορμού για φωνή και δεδομένα, το WiMAX απλοποιεί το δίκτυο κορμού με την χρήση της IP αρχιτεκτονικής και το κάνει συμβατό με άλλα δίκτυα. Ωστόσο θα πρέπει να αναφερθεί ότι το WiMAX υστερεί στην υποστήριξη μεταγωγής και διαπομπής σε σύγκριση με το 3G [1].

1.4.1 Σύγκριση WiMAX με 3G

Οι διαφορές μεταξύ των συστημάτων WiMAX και 3G μπορούν να εστιαστούν στα παρακάτω σημεία:

α. Εξασθένιση

Δεδομένου ότι το WiMAX κατά κύριο λόγο πρόκειται να λειτουργήσει στις ζώνες συχνοτήτων των 2.5, 3.5 ή 5.8 GHz, μπορεί να απαιτηθούν περισσότερες κυψέλες σε σύγκριση με το 3G (που έχει χαρακτηριστικές συχνότητες < 2 GHz), λόγω της χρήσης υψηλότερων συχνοτήτων. Ο κύριος αντίκτυπος θα είναι στους παρόχους που προγραμματίζουν να επεκτείνουν τις υπηρεσίες τους στο μη αδειοδοτημένο φάσμα των 5.8 GHz. Εντούτοις, οι δαπάνες που συνδέονται με το αδειοδοτημένο φάσμα για το 3G και το φάσμα των 2.5-3.5 GHz μπορούν να αντισταθμίσουν το κόστος για τις πρόσθετες περιοχές κυψελών, οπότε η επίπτωση στο κόστος πρέπει να εξεταστεί διεξοδικά από τους παρόχους υπηρεσιών.

β. Παρεμβολή πολλαπλών διαδρομών

Οι τεχνικές OFDM/OFDMA λειτουργούν πολύ καλύτερα από το CDMA σε ένα περιβάλλον πολλαπλών διαδρομών, δεδομένου ότι υπερνικούν πιο εύκολα τη διασυμβολική παρεμβολή, η οποία συμβαίνει όταν τα ανακλώμενα σήματα επικαλύπτουν το μεταδιδόμενο σήμα.

γ. Διαλείψεις επιλεκτικές ως προς τη συχνότητα

Η OFDMA είναι ανθεκτικότερη, δεδομένου ότι η παράλληλη φύση της επιτρέπει τη διόρθωση των λαθών που παρουσιάζονται στα υποφέροντα.

δ. Μετατόπιση συχνότητας και θόρυβος φάσης

Η OFDMA είναι πιο ευαίσθητη στη μετατόπιση συχνότητας και το θόρυβο φάσης, που οδηγεί στην παρεμβολή μεταξύ φερόντων (Inter Carrier Interference-ICI), αν και αυτό είναι κάπως μετριασμένο από τη χρήση των διαστημάτων φύλαξης (guard bands).

ε. Απόρριψη παλμού θορύβου

Δεδομένου ότι τα σύμβολα OFDMA είναι μεγαλύτερα σε διάρκεια από τα σύμβολα CDMA, ένας παλμός θορύβου (impulse noise) μπορεί να μην προκαλέσει αύξηση στο ποσοστό λάθους. Για CDMA, μερικά σύμβολα μπορούν να χαθούν, και αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση της Πιθανότητας Εμφάνισης Σφάλματος (bit Bit Error Rate-BER).

στ. Προσαρμοστική διαμόρφωση και κωδικοποίηση

Η OFDMA χρησιμοποιεί καλύτερα την προσαρμοστική διαμόρφωση και κωδικοποίηση, οπότε επιτυγχάνει υψηλότερη ρυθμοαπόδοση (9.6 Mbps) όταν συγκρίνεται με την Wideband CDMA (3 Mbps). Αυτή η δοκιμή εκτελέστηκε χρησιμοποιώντας OFDM και 16 QAM (το IEEE 802.16e υποστηρίζει 64 QAM). Επιπλέον, η OFDMA μπορεί να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει την υψηλότερη διάταξη διαμόρφωσης (υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων) σε μεγαλύτερες εμβέλειες.

ζ. Προσαρμοστική διαμόρφωση και κωδικοποίηση (AMC) και OFDMA

Η OFDMA μπορεί να είναι σε θέση να βελτιώσει περαιτέρω το πλεονέκτημά της σε σχέση με το CDMA με την εφαρμογή AMC στο επίπεδο των υποφερόντων. Αυτό είναι γνωστό ως Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Χώρου (Space Division Multiple Access - SDMA) και θα μπορούσε να επιτρέψει τη βελτιστοποίηση της επιλογής υποφερόντων, με βάση τη γεωγραφική θέση.

η. Επαναχρησιμοποίηση συχνότητας

Η CDMA, υιοθετεί τη χρήση μέσου όρου παρεμβολής, ο οποίος επιτρέπει μια επαναχρησιμοποίηση συχνότητας της τάξης του 1. Η OFDMA χρειάζεται χαρακτηριστικά μια επαναχρησιμοποίηση συχνότητας 1 έως 3, το οποίο σημαίνει ότι η επιτεύξιμη ρυθμοαπόδοση ανά κυψέλη για ένα συγκεκριμένο εύρος ζώνης πρέπει να διαιρεθεί με το 3. Προηγμένα συστήματα κεραιών μπορούν να επιτρέψουν στην OFDMA να υπερνικήσει αυτόν τον περιορισμό, αν και η χρήση τους μπορεί να έχει υψηλό κόστος.

θ. Περιορισμοί κώδικα

Λόγω των περιορισμών της διαθεσιμότητας του κώδικα και της πολυπλοκότητας των πελατών, οι περισσότεροι πελάτες HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) θα περιοριστούν σε 5 από το μέγιστο των 15 κωδικών. Επιπλέον, δεδομένου ότι κάθε χρήστης θα χρειαστεί τουλάχιστον έναν κώδικα για φωνή ή δεδομένα, αυτό θα μπορούσε να ασκήσει σημαντική επίδραση στον αριθμό των χρηστών που υποστηρίζει κάθε σύστημα, ειδικά όταν συγκρίνεται με τον υψηλό αριθμό υποφερόντων που χρησιμοποιεί η OFDMA.

ι. Ποιότητα υπηρεσίας

Το WiMAX διαθέτει MAC προσανατολισμένο στα δεδομένα (data oriented MAC) έναντι της ουσιαστικά μεταγωγής κυκλώματος MAC των HSDPA και WCDMA. Το WiMAX μπορεί επίσης να εκμεταλλευθεί τους πολλαπλούς τρόπους πολυπλεξίας, συμπεριλαμβανομένης της δυναμικής ασυμμετρίας TDD, γεγονός που επιτρέπει στο UL/DL εύρος ζώνης να διατεθεί σύμφωνα

με τις τρέχουσες συνθήκες κίνησης δεδομένων.

ια. Φωνή

Τα συστήματα CDMA είναι πολύ καλύτερα σχεδιασμένα για να χειριστούν τις κινητές κλήσεις φωνής επειδή υποστηρίζουν πολλαπλά σχέδια κωδικοποίησης φωνής, αρραγής διαπομπές και περιαγωγή.

ιβ. Κόστος εξοπλισμού

Τα βασισμένα σε OFDMA συστήματα μπορούν ευκολότερα να εφαρμοστούν, δεδομένου ότι δεν απαιτούν την υψηλή πολυπλοκότητα ενός δέκτη RAKE που απαιτείται σε CDMA. Μπορεί επίσης να είναι απλούστερο να εφαρμόσει εξισορρόπηση (equalization), ακύρωση παρεμβολής (interference cancellation) και αλγόριθμους προσαρμοστικών κεραιών (adaptive antenna array algorithms) με OFDMA, όπου οι αλγόριθμοι δημιουργούνται στο πεδίο της συχνότητας.

ιγ. Πρότυπα στα οποία βασίζονται

Το WiMAX (OFDMA) είναι βασισμένο στο IEEE 802.16e-2005, ένα ανερχόμενο βιομηχανικό πρότυπο, που του επιτρέπει να αποφύγει τις δαπανηρές ιδιόκτητες διεπαφές που υπάρχουν στα 3G δίκτυα. Αυτό του επιτρέπει επίσης να εκμεταλλευθεί άλλες τυποποιημένες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένης της εργασίας που γίνεται στην προτεινόμενη ομάδα εργασίας IEEE 802.21.

ιδ. Προηγμένες ραδιοτεχνικές

Το WiMAX (OFDMA) μπορεί να είναι σε θέση να εκμεταλλευθεί καλύτερα τις τεχνικές διαφορικής λήψης (Κωδικοποίηση Χώρου-Χρόνου-STBC, Συνδυασμός Μεγίστου Λόγου - MRC), MIMO και έξυπνης τεχνολογίας κεραιών [8].

1.4.2 Σύγκριση WiMAX με Wi-Fi

Τα IEEE 802.16 δίκτυα χρησιμοποιούν το στρώμα (Logical Link Control-LLC) που τυποποιείται και ως IEEE 802.2, όπως και άλλα LAN και WAN. Μια σημαντική πτυχή του IEEE 802.16 είναι ότι καθορίζει το στρώμα MAC που υποστηρίζει τις προδιαγραφές του πολλαπλού φυσικού στρώματος. Αυτό είναι κρίσιμο, ώστε να επιτρέψει στους κατασκευαστές εξοπλισμού να διαφοροποιήσουν τις προσφορές τους. Αυτό είναι επίσης μια σημαντική πτυχή του, γιατί το WiMAX μπορεί να περιγραφεί ως "πλαίσιο για την εξέλιξη της ασύρματης ευρυζωνικότητας", παρά μια στατική εφαρμογή ασύρματων τεχνολογιών. Οι αναβαθμίσεις στις τρέχουσες και στις νέες τεχνολογίες και ενδεχομένως στις νέες βασικές τεχνολογίες που ενσωματώνονται στο φυσικό στρώμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Μια συγκλίνουσα τάση είναι η χρήση των multi-mode και multi-radio SoC (System on a Chip) και σχεδίων συστημάτων που είναι εναρμονισμένα μέσω της χρήσης του κοινού MAC, της διαχείρισης συστημάτων, της περιαγωγής (roaming), του IMS (IP Multimedia System) και άλλων επιπέδων του συστήματος. Το WiMAX μπορεί να περιγραφεί ως μία τολμηρή προσπάθεια σφυρηλάτησης πολλών τεχνολογιών, για να εξυπηρετήσει πολλές ανάγκες σε πολλά φάσματα. Το στρώμα MAC είναι σημαντικά διαφορετικό από αυτό του 802.11 Wi-Fi (αλλά και του Ethernet). Στο Wi-Fi, το MAC χρησιμοποιεί «ανταγωνιστική» πρόσβαση-όλοι οι συνδρομητικοί σταθμοί που επιθυμούν να περάσουν δεδομένα μέσω ενός σημείου πρόσβασης (Access Point-AP), ανταγωνίζονται για την προσοχή του σε τυχαία βάση. Αυτό μπορεί να αναγκάσει τους απόμακρους από το AP κόμβους να διακόπτονται επανειλημμένα από τους λιγότερο ευαίσθητους, πιο κοντινούς κόμβους, μειώνοντας πολύ τη ρυθμοαπόδοσή τους. Αντιθέτως, στο 802.16 MAC ο συνδρομητικός σταθμός πρέπει να ανταγωνιστεί μόνο μία φορά (για την αρχική του είσοδο μέσα στο δίκτυο). Μετά από αυτό, διατίθεται μια χρονοσχισμή από το σταθμό βάσης. Η χρονοσχισμή μπορεί να διευρυνθεί ή να

περιοριστεί, αλλά παραμένει ορισμένη στο συνδρομητή, με την έννοια ότι άλλοι συνδρομητές δεν μπορούν να την χρησιμοποιήσουν αλλά περιμένουν τη σειρά τους εκ περιτροπής. Αυτός ο αλγόριθμος προγραμματισμού είναι ανθεκτικός στην υπερφόρτωση και το μεγάλο αριθμό εγγραφών (αντίθετα από το 802.11). Είναι επίσης πολύ περισσότερο αποδοτικός σε εύρος ζώνης. Ο αλγόριθμος επιτρέπει επίσης στο σταθμό βάσης να ελέγχει την ποιότητα της υπηρεσίας, με την εξισορρόπηση των αναθέσεων με βάση τις ανάγκες των συνδρομητικών σταθμών.

Μια πρόσφατη προσθήκη στο πρότυπο WiMAX είναι εν εξελίξει και θα προσθέσει πλήρη ικανότητα δικτύωσης πλέγματος (mesh networking) καθιστώντας τους κόμβους WiMAX ικανούς να λειτουργούν ταυτόχρονα σε διαμόρφωση συνδρομητικού σταθμού και σταθμού βάσης. Αυτό θα θολώσει την αρχική διάκριση και θα επιτρέπει την ευρεία υιοθέτηση του πλέγματος δικτύου που βασίζεται στο WiMAX. Το αρχικό πρότυπο IEEE 802.16, ορίζει εύρος από 10 έως 66 GHz. Αργότερα προστέθηκε πρόβλεψη υποστήριξης για συχνότητες από 2 έως 11 GHz, του οποίου τα περισσότερα τμήματα είναι χωρίς άδεια διεθνώς και μόνο πολύ λίγα από αυτά απαιτούν ακόμα κρατικές άδειες. Το ενδιαφέρον των περισσότερων επιχειρήσεων θα είναι πιθανώς στο κομμάτι αυτό, καθώς δεν απαιτεί αδειοδοτημένες συχνότητες. Οι προδιαγραφές του WiMAX βελτιώνονται σε πολλούς από τους περιορισμούς του Wi-Fi, με την παροχή αυξημένου εύρους ζώνης και ισχυρότερης κρυπτογράφησης. Στοχεύει επίσης να παρέχει σύνδεση μεταξύ των τελικών σημείων (endpoints) των δικτύων που είναι NLOS σε μερικές περιπτώσεις [8].

1.5 Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] Jeffrey G. Andrews, Arunabha Ghosh, Rias Muhamed, *Fundamentals of WiMAX Understanding Broadband Wireless Networking*, Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series, pp. 3-40, 2007.
- [2] Ελληνική Ομάδα Εργασίας και Επιστημονική Επιτροπή για την Ευρυζωνική Πρόσβαση, *Κείμενο Στρατηγικής για την Ευρυζωνική Πρόσβαση*, Σεπτ. 2002.
- [3] Ντόκος Χρήστος, *Η προοπτική της Ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα*, Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, Οκτ. 2003
- [4] Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων, *Πορεία Ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα – Β' ΤΡΙΜΗΝΟ 2009*, Ιουλ. 2009.
- [5] Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων, www.eett.gr
- [6] Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, www.yme.gr
- [7] Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, www.eeae.gr
- [8] Βασδάρης Θωμάς, Τσελίκης Παναγιώτης, *Ασύρματα Ευρυζωνικά Δίκτυα WiMAX*, Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ, Αθήνα, Σεπτ. 2006
- [9] www.WiMAXforum.org
- [10] Κανάτας Αθανάσιος, Κωνσταντίνου Φίλιππος, Γεώργιος Πάντος, *Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, pp. 60-133, Αθήνα, 2008
- [11] Θεολόγου Μ. Ε, *Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, pp. 66-73, 2007
- [12] Κανελλόπουλος Ι.Δ, *Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων Σε Γήινο Περιβάλλον*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, pp. 102-123, 2006
- [13] Θεολόγου Μ. Ε, *Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, pp. 188-203, 2007

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Συστημάτων WiMAX

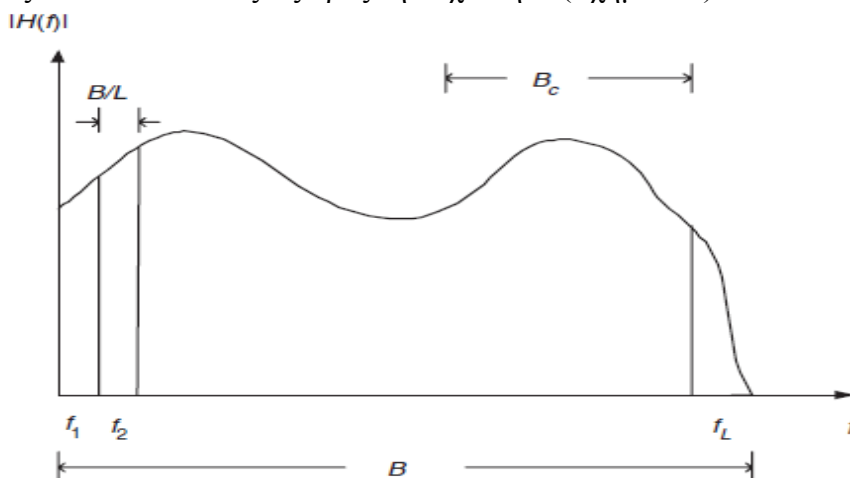
2.1 Ορθογώνια πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (OFDM)

2.1.1 Εισαγωγή

Η ορθογώνια πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας είναι μια τεχνική διαμόρφωσης πολλαπλών φερουσών, η οποία βρίσκει εφαρμογή σε ένα μεγάλο εύρος επικοινωνιακών συστημάτων. Η δημοτικότητά της σε συστήματα υψηλών ρυθμών μετάδοσης οφείλεται στην αποτελεσματικότητα και ευελιξία διαχείρισης της διασυμβολικής παρεμβολής (ISI), όταν η χρονική απόκριση του διαύλου είναι μεγαλύτερη της διάρκειας των συμβόλων του σήματος ή ισοδύναμα η απόκριση συχνότητας αυτού παρουσιάζει παραμορφώσεις εντός της χρήσιμης ζώνης του σήματος.

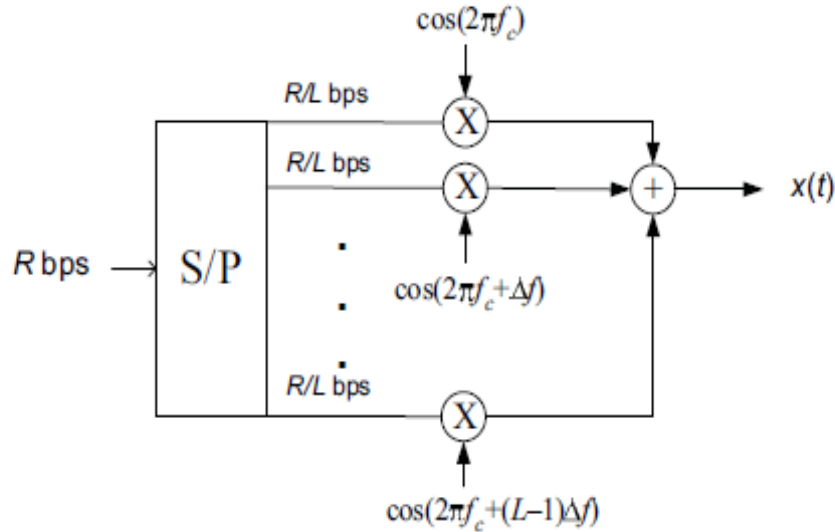
2.1.2 Αρχή Λειτουργίας

Εφόσον θέλουμε να έχουμε ένα κανάλι χωρίς ISI, η διάρκεια συμβόλου T_s πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την χρονική διασπορά του. Όμως τα σημερινά συστήματα απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, με αποτέλεσμα να είναι επιθυμητό, η διάρκεια συμβόλων να είναι μικρή και μάλιστα μικρότερη από τη χρονική διασπορά του διαύλου. Αυτό έχει δυσμενέστερες συνέπειες στη διασυμβολική παρεμβολή και συνεπώς στα σύγχρονα ψηφιακά συστήματα. Για να ξεπεράσουμε αυτό το πρόβλημα, το υψηλό ρυθμού μετάδοσης ρεύμα δεδομένων, διαιρείται σε L χαμηλότερου ρυθμού μετάδοσης υπορρεύματα, καθένα από τα οποία έχει διάρκεια συμβόλου $T_s * L \gg \tau$ και επομένως εκμηδενίζει τη διασυμβολική παρεμβολή. Καθένα από τα υπορρεύματα στέλνεται σε L παράλληλους υποδιαύλους, κεντρικής συχνότητας f_k ο καθένας, οι οποίοι προήλθαν από τη διαίρεση του αρχικού διαθέσιμου εύρους ζώνης W . Οι κεντρικές συχνότητες f_k διαμορφώνονται ανεξάρτητα, διατηρώντας έτσι τον αρχικό ρυθμό μετάδοσης. Τυπικά οι υποδιαύλοι είναι ορθογώνιοι, απ' όπου και προέρχεται το όνομα ορθογώνια διαμόρφωση. Έτσι επιτυγχάνεται η εξάλειψη της διασυμβολικής παρεμβολής, ενώ σε κάθε υποκανάλι θα έχουμε επίπεδες διαλείψεις, εφόσον αυξάνουμε τη διάρκεια συμβόλου σε $T = T_s * L \gg \tau$ αναφερόμενοι στο πεδίο του χρόνου. Αντίστοιχα το εύρος ζώνης μειώνεται σε $\frac{B}{L} \ll B_c$ στο πεδίο της συχνότητας, παρόλο που ο συνολικός διάυλος είναι επιλεκτικός ως προς τη συχνότητα (Σχήμα 2.1).



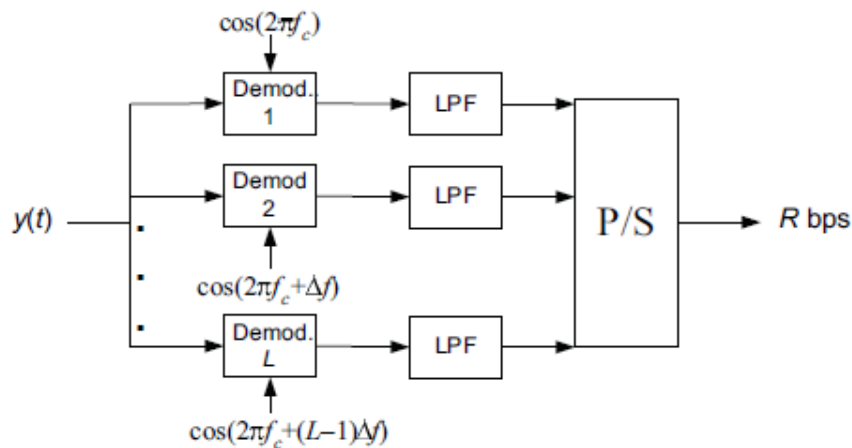
Σχήμα 2.1 Επίτευξη διαύλου με επίπεδες διαλείψεις, ενώ ο συνολικός διάυλος είναι επιλεκτικός ως προς τη συχνότητα.

Τα παραπάνω, για την υλοποίησή τους, φαίνονται σε διάγραμμα ροής στο παρακάτω σχήμα



Σχήμα 2.2 Πομπός OFDM

Σε αυτό το διάγραμμα ροής, φαίνεται ένα υψηλού ρυθμού μετάδοσης σήμα R bps και εύρους ζώνης W , να διαιρείται σε L παράλληλα ρεύματα καθένα ρυθμού $\frac{R}{L}$ bps και εύρους ζώνης $\frac{B}{L}$. Αντίστοιχα το διάγραμμα του δέκτη φαίνεται στο σχήμα 2.3

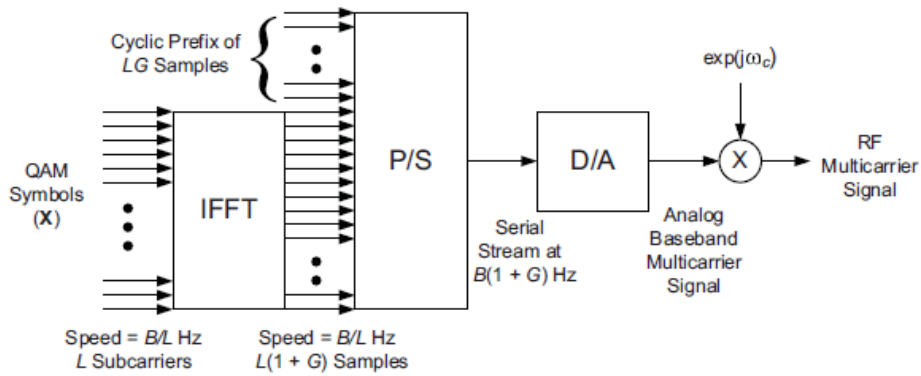


Σχήμα 2.3 Δέκτης OFDM

Όλα τα παραπάνω δεν τα κερδίζουμε χωρίς κόστος. Το κόστος αυτό είναι η μείωση του διαθέσιμου εύρους ζώνης αφού οι διάυλοι πρακτικά δεν είναι ορθογώνιοι.

2.1.3 Υλοποίηση

Ο διαμορφωτής και ο αποδιαμορφωτής ενός OFDM συστήματος μπορούν να υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας τον διακριτό μετασχηματισμό Fourier (Discrete Fourier Transform-DFT). Επειδή όμως ο αριθμός των υποδιαύλων στο WiMAX είναι αρκετά μεγάλος, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον γρήγορο μετασχηματισμό Fourier (Fast Fourier Transform-FFT), ο οποίος μειώνει την πολυπλοκότητα. Μία γενική εικόνα υλοποίησης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

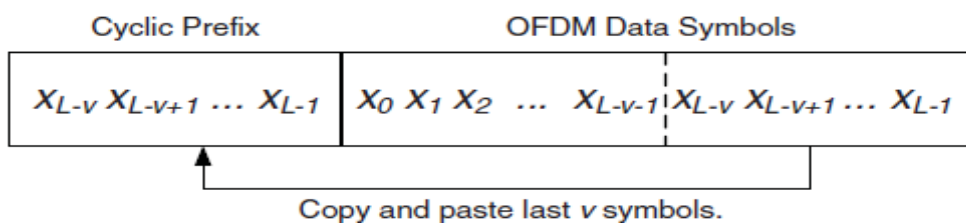


Σχήμα 2.4 Γενικό μπλοκ εκπομπού OFDM

2.1.3.1 Κυκλική Συνέλιξη-Κυκλικό Πρόθεμα-Χρονική Παρεμβολή

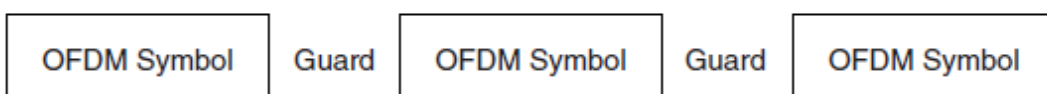
Ας συμβολίσουμε τα μιγαδικά σύμβολα των σημάτων πληροφορίας ως X_k . Αυτά τα σύμβολα πληροφορίας αντιπροσωπεύουν τις τιμές του DFT ενός σήματος OFDM άλλων φερουσών. Επειδή το σήμα $X(T)$ πρέπει να λαμβάνει πραγματικές τιμές, ο N -σημείων DFT του σήματος πρέπει να ικανοποιεί την ιδιότητα συμμετρίας. Για αυτό το σκοπό, από τα K σύμβολα πληροφορίας δημιουργούμε $N = 2K$ σύμβολα.

Ο DFT αυτής της ακολουθίας μας δίνει την πραγματική ακολουθία, η οποία αντιστοιχεί σε δείγματα του OFDM σήματος πολλαπλών φερουσών. Έτσι ένας τρόπος για να αποφευχθεί η ISI είναι η προσάρτηση ενός κυκλικού προθέματος σε κάθε μπλοκ των N δειγμάτων σήματος. Το κυκλικό πρόθεμα για το μπλοκ αυτό των δειγμάτων, αποτελείται από τα δείγματα σημάτων πληροφορίας $X_{N-n}, X_{N-n+1}, \dots, X_{N-1}$. Τα δείγματα αυτά προσαρτώνται στην αρχή του μπλοκ, δημιουργώντας έτσι μια ακολουθία σήματος $N + m$ δειγμάτων με δείκτες από $n = -m$ έως $n = N - 1$, όπου τα n πρώτα δείγματα αποτελούν το κυκλικό πρόθεμα. Επειδή το ISI σε οποιαδήποτε ζεύγος διάφορων μεταδιδόμενων μπλοκ επηρεάζει τα n πρώτα δείγματα σήματος, απορρίπτουμε τα πρώτα n και αποδιαμορφώνουμε με βάση τα εναπομείναντα.



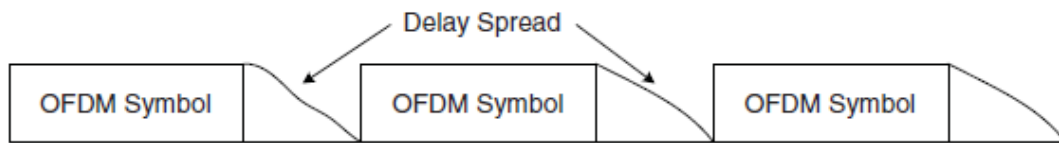
Σχήμα 2.5 Κυκλικό πρόθεμα

Ένας εναλλακτικός και απλός τρόπος αποφυγής του ISI είναι να εισάγουμε μια χρονική περίοδο προστασίας διάρκειας $T = m * \frac{T}{N}$ μεταξύ των μεταδόσεων διαδοχικών μπλοκ δεδομένων.



Σχήμα 2.6α Διάγραμμα χρονικής παρεμβολής

Έτσι, η επίδραση της χρονικής εξάπλωσης του διαύλου, δεν επηρεάζει το σήμα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Σχήμα 2.6β Λειτουργία χρονικής παρεμβολής

2.1.3.2 Συγχρονισμός

Για την αποδιαμόρφωση των σημάτων OFDM, είναι απαραίτητος ο χρονικός συγχρονισμός καθώς και ο συγχρονισμός των φερουσών των συχνοτήτων. Ο χρονικός συγχρονισμός μας παρέχει αρκετά μεγάλα περιθώρια σφάλματος. Όμως ο συγχρονισμός των φερουσών είναι κρίσιμος λόγω της ανάγκης ορθογωνιότητας των συμβόλων στο πεδίο της συχνότητας. Το πρόβλημα του συγχρονισμού είναι ένα από τα πιο απαιτητικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η OFDM. Στο χρονικό συγχρονισμό, χάρη στην παρουσία του κυκλικού προθέματος, μπορούμε να έχουμε ένα χρονικό διάστημα ανοχής, της τάξης τ , όπου $0 \leq \tau \leq T_m - T_g$. T_g είναι η διάρκεια του κυκλικού προθέματος και T_m η μέγιστη διασπορά του διαύλου. Αυτό που πληρώνει η OFDM για να πετύχει υψηλότερο βαθμό αποτελεσματικότητας εύρους ζώνης είναι η ευαισθητοποίηση στην μεταβολή της συχνότητας.

Η ανεκτικότητα στη διαφοροποίηση συχνότητας σε ένα σύστημα όπως το WiMAX πρέπει να είναι μικρότερη από 1-2 %. Γι' αυτό το σκοπό μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες τεχνικές, όπως είναι η εκπομπή πιλοτικών συχνοτήτων, οι οποίες όμως αυξάνουν πολύ την πολυπλοκότητα του συστήματος. Στο WiMAX βέβαια, ο συγχρονισμός θεωρείται κρίσιμος ώστε να απαιτεί την ύπαρξη συστημάτων με εκπομπή πιλοτικών συχνοτήτων. Επιπλέον, για τον συγχρονισμό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το προοίμιο του πακέτου OFDM του WiMAX.

2.1.4 Λόγος Μεγίστου-Μέσου Όρου (Pick to Average Ratio - PAR)

Ένα πρόβλημα που έχουν τα σήματα OFDM, είναι ο υψηλός λόγος μέγιστης προς μέση ισχύ, το οποίο μειώνει την αποτελεσματικότητα και αυξάνει το κόστος του ενισχυτή ισχύος, ο οποίος είναι ένα από τα πιο ακριβά εξαρτήματα των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Λόγω της μη γραμμικότητας ορισμένων συσκευών - όπως είναι οι ενισχυτές ισχύος ή οι μετατροπείς ψηφιακού σε αναλογικό - ένα υψηλών μεγίστων σήμα, προκαλεί μετάθεση ενέργειας εκτός του καθορισμένου εύρους ζώνης, καθώς και παρεμβολές στο καθορισμένο εύρος ζώνης. Αυτές οι επιπλοκές επηρεάζουν καταστροφικά την απόδοση του συστήματος. Η μη γραμμικότητα π.χ. ενός ενισχυτή ισχύος χαρακτηρίζεται από AM/AM διαμόρφωση και AM/PM διαμόρφωση.

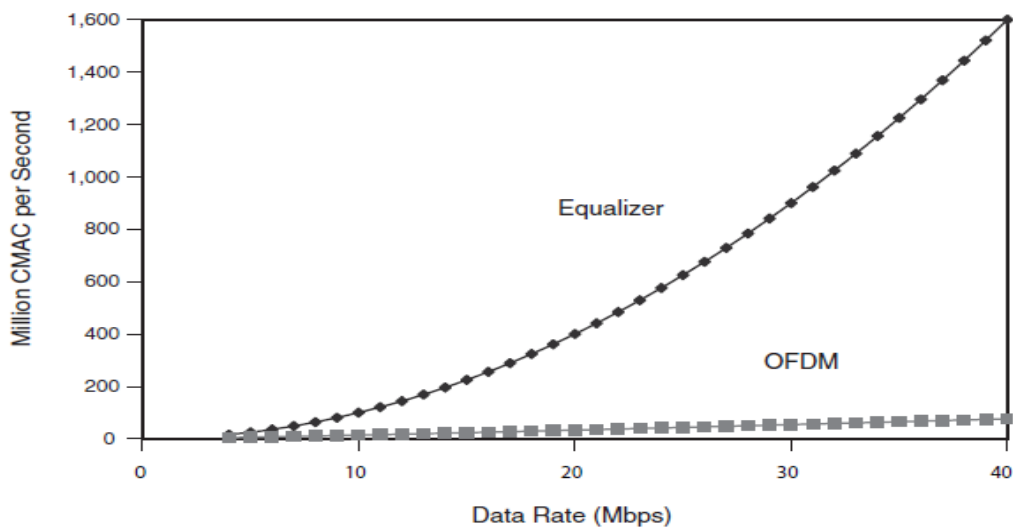
Για να αποφευχθούν οι επιπτώσεις της μη γραμμικότητας, οι υψηλές ακμές μιας κυματομορφής πρέπει να μεταδίδονται στη γραμμική περιοχή του ενισχυτή, μειώνοντας τη μέση ισχύ του σήματος εισόδου, γεγονός όμως το οποίο μειώνει την αποτελεσματικότητα του ενισχυτή και περιορίζει τη διάρκεια της μπαταρίας των κινητών συσκευών. Επιπρόσθετη συνέπεια είναι η μείωση της εμβέλειας των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Είναι επομένως ξεκάθαρο, ότι είναι επιθυμητό ο παραπάνω λόγος να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος. Αξίζει να σημειωθεί ότι το πλάτος εξόδου είναι τυχαία μεταβλητή και επομένως το παραπάνω μέγεθος δεν έχει ντετερμινιστικό χαρακτήρα.

Ένας τρόπος περιορισμού των επιπτώσεων είναι ο ψαλιδισμός των ακμών που δεν έχουν μεγάλη συχνότητα εμφανίσεως. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η διαπλάτυνση του εύρους ζώνης και

η παραμόρφωση του ίδιου του σήματος. Η παραπάνω μέθοδος δεν ενδείκνυται για το επειδή το περιθώριο λάθους εδώ είναι πολύ μικρό. Έτσι απαιτούνται περισσότερο επιθετικές και πολύπλοκες τεχνικές για να μειώσουν το κόστος και τις επιδράσεις τη μη γραμμικότητας. Μια πρώτη προσέγγιση αποσκοπεί στη μείωση του λόγου PAR στον πομπό μέσω του περιορισμού των κορυφών ή της καθοδήγησης σήματος. Μια άλλη στρατηγική αποσκοπεί στη φόραση του OFDM σήματος στον δέκτη παρά τις μη γραμμικότητές του. Ακόμη πιο πέρα γίνεται μελέτη για προσπάθεια εισόδου διαταραχής στο σήμα έτσι ώστε στην τελική του μορφή να εμφανίζεται ως γραμμικό. Μια μέθοδος που μπορεί να αντικαταστήσει τον ψαλιδισμό είναι η κατακράτηση τόνου (Tone Reservation - TR) και η επέκταση ενεργού σχηματισμού (Active Constellation Extension-ACE). Η κατακράτηση τόνου π.χ. μειώνει το λόγο PAR εισάγοντας ηθελημένα ενέργεια σε μη χρησιμοποιούμενες φέρουσες, για παράδειγμα οι μηδενικές υποφέρουσες όπως αυτές προσδιορίζονται από το . Με αυτή τη μέθοδο δεν υπάρχει παρεμβολή επειδή οι φέρουσες τόνου και οι φέρουσες δεδομένων είναι ορθογώνιες.

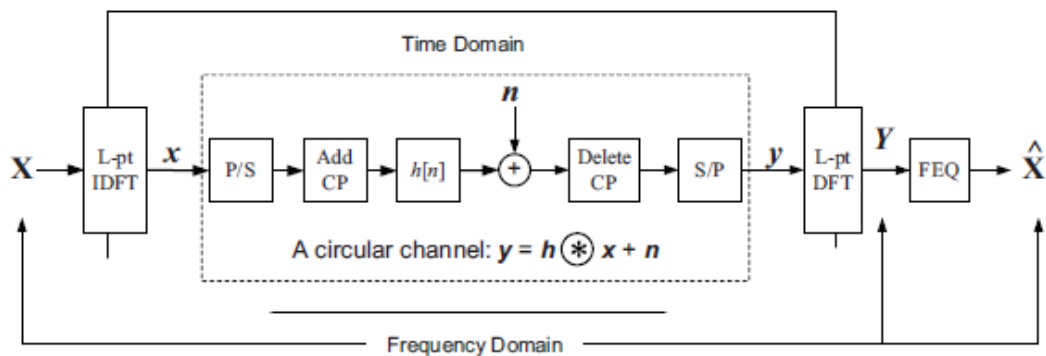
2.1.5 Συγκρίσεις-Συμπεράσματα

Ένα βασικό προτέρημα που προκύπτει από τη χρήση OFDM σε σχέση με τις διαμορφώσεις μιας φέρουσας είναι ο περιορισμός της πολυπλοκότητας επεξεργασίας για επικοινωνίες υψηλών ρυθμών μετάδοσης. Η πολυπλοκότητα μια μονοφεροντικής διαμόρφωσης με ισοσταθμιστή αυξάνει με το τετράγωνο του ρυθμού μετάδοσης ενώ για το σύστημα OFDM αυξάνει ελαφρώς γρηγορότερα από γραμμικά, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Σχήμα 2.7 Πολυπλοκότητα επεξεργασίας

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται ένα μπλοκ ενός OFDM συστήματος, το οποίο συνοψίζει και ανακεφαλαιώνει τα παραπάνω.



Σχήμα 2.8 OFDM σύστημα
25

Ο παρακάτω πίνακας ανακεφαλαιώνει τις παραμέτρους του OFDM. Σε αυτόν τον πίνακα, με αστεράκι φαίνονται όλες οι βασικές παράμετροι, ενώ οι υπόλοιπες παράμετροι προκύπτουν από αυτές.

Πίνακας 2.1 Βασικές παράμετροι OFDM συστήματος

Παράμετρος	Περιγραφή	Τύπος	Ενδεικτική τιμή στο
B^* (α)	Εύρος Ζώνης	$B = \frac{1}{T_s}$	10 MHz
L^* (α)	Αριθμός υποφερουσών	Μέγεθος IFFT/FFT	1024
G^* (α)	Διάστημα φύλαξης	Ποσοστό % του L για CP	1/8
L_{sc}^* (α)	Υποφέρουσες δεδομένων		768
T_s^*	Χρόνος	$T_s = \frac{1}{B}$	1 μsec
N_g^*	Σύμβολα φύλαξης	$N_g = G * L$	128
T_g^*	Χρόνος φύλαξης	$T_g = T_s * N_g$	12.8 μsec
T^*	Διάρκεια συμβόλου OFDM	$T = T_s(N_g + L)$	115.2 μsec
B_{sc}^*	Εύρος ζώνης υποφέροντος	$B_{sc} = \frac{B}{L}$	9.76KHz

(α) Πρόκειται για βασικές παράμετροι του WiMAX. Οι άλλοι παράμετροι μπορούν να εξαχθούν από αυτούς

Η OFDM αποτελεί την βάση για τα περισσότερα εμπορικά αλλά και μη, ψηφιακά χρησιμοποιούμενα συστήματα σήμερα, λόγω της μικρής διασυμβολικής παρεμβολής και της ανάγκης για υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Ιδιαίτερα για το , αποτελεί τον πυρήνα για την υλοποίησή του.

2.2 Τεχνικές πολλαπλών κεραιών

2.2.1 Εισαγωγή

Η χρήση πολλαπλών κεραιών επιτρέπει ανεξάρτητα κανάλια να δημιουργούνται στο χώρο. Αυτή αποτελεί μια από τις πιο ενδιαφέρουσες και υποσχόμενες περιοχές στις ασύρματες επικοινωνίες. Η χωρική διαφορική εκπομπή-λήψη (στο εξής θα την αποκαλούμε χωρική διαφορικότητα, για λόγους συντομίας αλλά και για να την διαχωρίσουμε από την απλή διαφορική λήψη και την απλή διαφορική εκπομπή, οι οποίες αποτελούν υποπεριπτώσεις της), μπορεί να δημιουργηθεί χωρίς επιπρόσθετο εύρος ζώνης, το οποίο απαιτεί τόσο η διαφορική λήψη συχνότητας όσο και η χρονική. Επιπλέον η πολλαπλότητα των κεραιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχηματισμό στοιχειοκεραιών, ώστε να εστιάσουμε την ενέργεια (λοβούς) ή για τη δημιουργία πολλαπλών παράλληλων καναλιών για τη μεταφορά μιας μοναδικής ροής δεδομένων (χωρική πολυπλεξία). Όταν χρησιμοποιούνται πολλαπλές κεραιές τόσο στον πομπό όσο και στο δέκτη τότε μιλάμε για συστήματα πολλαπλών εισόδων/πολλαπλών εξόδων (Multiple Input Multiple Output - MIMO). Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις παραπάνω τρεις τεχνικές για να:

- Αυξήσουμε την αξιοπιστία του συστήματος.
- Αυξήσουμε το ρυθμό μετάδοσης και επομένως τη χωρητικότητα του συστήματος
- Αυξήσουμε την περιοχή κάλυψης.

- Μειώσουμε την ισχύ εκπομπής.

Τα παραπάνω όμως χαρακτηριστικά ανταγωνίζονται το ένα το άλλο. Το κατά πόσο θα επιτευχθεί ο καθένας από τους παραπάνω στόχους είναι ένας συμβιβασμός, ο οποίος προκύπτει λαμβάνοντας υπόψη, τόσο το κόστος, όσο και τον χώρο. Παρά το κόστος που σχετίζεται με τα επιπλέον στοιχεία κεραιών και συνεπώς τα απαραίτητα σε αυτά συστήματα που τα συνοδεύουν, η χρήση πολλαπλών κεραιών είναι καθοριστικής σημασίας για την επιτυχία των συστημάτων WiMAX.

2.2.2 Κέρδη από τη Χωρική Διαφορικότητα

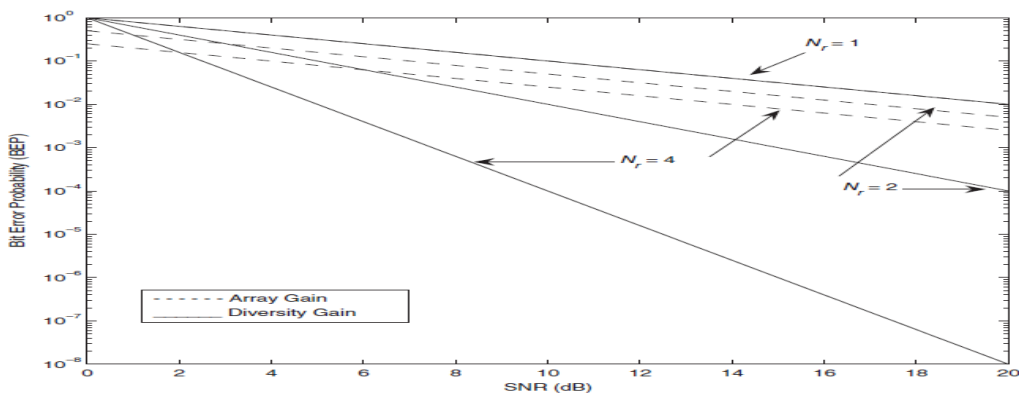
Σε κάθε περίπτωση, ακόμα και με την απλούστερη περίπτωση διαφορικής λήψης, στην οποία επιλέγεται σε κάθε χρονική στιγμή, το ισχυρότερο σήμα, η βελτίωση είναι αισθητή. Με την πολλαπλότητα κεραιών, δύο μορφές κέρδους είναι δυνατές. Το διαφορικό κέρδος και το κέρδος διάταξης κεραιών.

2.2.2.1 Διαφορικό Κέρδος

Το διαφορικό κέρδος προέρχεται από τη δημιουργία πολλαπλών παράλληλων καναλιών, μεταξύ του πομπού και του δέκτη και οφείλεται στην στατιστική ποικιλία αυτών των καναλιών. Ιστορικά ο σκοπός της χωρικής διαφορικότητας, ήταν η μείωση της ευαισθησίας της εξασθένισης από το πλήθος των παραγόντων που την επηρεάζουν και επομένως η αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος. Η αξιοπιστία αυτή μετράται με το ρυθμό λαθών bit (Bit Error Rate - BER). Έτσι, αν έχουμε N_t κεραιές εκπομπής και N_r κεραιές λήψης και θεωρούμε ότι η καθεμία είναι αρκετά μακριά από την άλλη ώστε να μπορούμε να θεωρούμε τα $N_{\alpha} = N_r * N_t$ δημιουργούμενα κανάλια πλήρως ασυσχέτιστα μεταξύ τους, τότε η τάξη της διαφορικότητας είναι N_{α} . Αφού η πιθανότητα όλα τα N_{α} ασυσχέτιστα μεταξύ τους κανάλια, να έχουν χαμηλό SNR είναι πολύ μικρή, η τάξη της διαφορικότητας έχει μεγάλη επίδραση στην αξιοπιστία του συστήματος και στη μείωση του BER.

2.2.2.2 Κέρδος Διάταξης Κεραιών

Από την άλλη πλευρά το κέρδος διάταξης κεραιών δε βασίζεται στην στατιστική διαφορετικότητα των καναλιών, αλλά επιτυγχάνει τη βελτίωση της απόδοσης συνδυάζοντας την ενέργεια που λαμβάνεται από κάθε κεραία. Ακόμα και αν τα κανάλια είναι πλήρως συσχετισμένα, όπως σε ένα LOS σήμα (Line of Site: σήμα στο οποίο υπάρχει οπτική επαφή πομπού και δέκτη), ο λαμβανόμενος SNR αυξάνεται γραμμικά με τον αριθμό των κεραιών του δέκτη. Αντίθετα στην περίπτωση των πλήρως συσχετισμένων καναλιών το διαφορικό κέρδος είναι μηδενικό. Αυτό που πληρώνουμε για τα παραπάνω είναι ο χρησιμοποιούμενος χώρος του συστήματος, που απαιτείται για να είναι οι κεραιές ασυσχέτιστες μεταξύ τους και το κόστος του συστήματος. Η βελτίωση που μπορεί να επιτευχθεί, σε κάθε περίπτωση, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Σχήμα 2.9 Βελτίωση BER χωρικής διαφορικότητας

Σε αυτό φαίνεται, η ισχύ του διαφορικού κέρδους, σε σχέση με το κέρδος διάταξης κεραιών.

2.2.2.3 Αύξηση ρυθμού μετάδοσης

Οι τεχνικές διαφορικότητας είναι πολύ αποτελεσματικές ώστε να εξομαλύνουμε τις διαλείψεις του καναλιού και επομένως στην αύξηση της αξιοπιστίας. Όμως η βελτίωση του SNR που επιτυγχάνεται με αυτές έχει και σαν επιπλέον αποτέλεσμα την αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος σύμφωνα και με το θεώρημα του Shannon

$$C = B \log(1 + SNR) \quad (\text{Εξίσ. 1})$$

Όμως, όπως φαίνεται και από την παραπάνω εξίσωση, ενώ η βελτίωση του SNR γίνεται γραμμικά με την αύξηση των κεραιών, η βελτίωση της χωρητικότητας είναι μόνο λογαριθμική. Για να έχουμε μια πιο ουσιαστική αύξηση του ρυθμού μετάδοσης ιδιαίτερα σε σχετικά υψηλά SNR μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις πολλαπλές κεραιές για να στέλνουμε παράλληλα ανεξάρτητες ροές δεδομένων. Αυτή η χωρική πολυπλεξία έχει την ικανότητα να επιτύχει μια γραμμική αύξηση στο ρυθμό μετάδοσης, σε σχέση με τον αριθμό των κεραιών, σε μέτρια έως υψηλά SNR, με τη χρήση έξυπνων αλγορίθμων επεξεργασίας σήματος. Μάλιστα η χωρητικότητα μπορεί να αυξηθεί κατά ένα πολλαπλασιαστικό παράγοντα του $\min(N_r, N_t)$, δηλαδή η χωρητικότητα περιορίζεται από τον ελάχιστο αριθμό κεραιών, είτε του πομπού, είτε του δέκτη.

2.2.2.4 Αύξηση Κάλυψης ή Μείωση Ισχύος Εκπομπής

Η διαφορικότητα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να αυξήσουμε την περιοχή κάλυψης και να μειώσουμε την ισχύ εκπομπής, αν και αυτά τα κέρδη ανταγωνίζονται, τόσο το ένα το άλλο, όσο και την αξιοπιστία και τον ρυθμό μετάδοσης ταυτόχρονα. Τα παραπάνω κέρδη μπορούν να φανούν από τη θεώρηση της γνωστής σχέσης

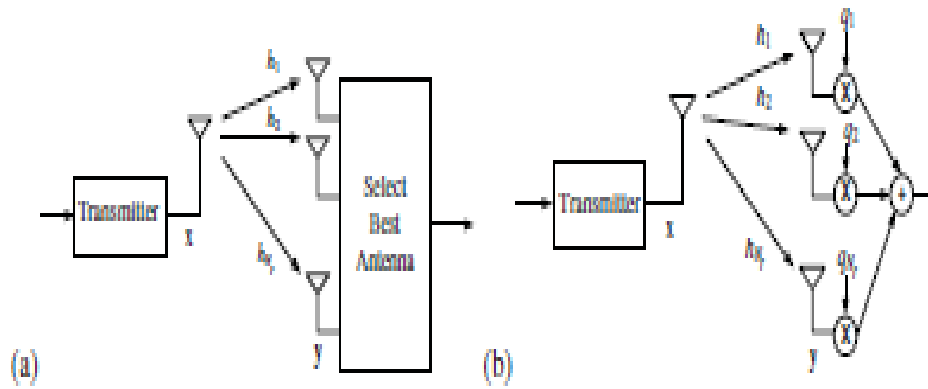
$$P_r = P_t P_o d^{-\alpha} \quad (\text{Εξίσ. 2})$$

Όπως όμως ειπώθηκε παραπάνω, η αύξηση του SNR είναι γραμμική και επομένως σε συνδυασμό με τον παραπάνω τύπο γίνεται φανερό με απλές πράξεις, ότι η αύξηση της ακτίνας κάλυψης είναι ανάλογη του $N_r \frac{1}{SNR}$ και επομένως η αύξηση της περιοχής κάλυψης είναι ανάλογη του $N_r \frac{1}{SNR}$, χωρίς καν να θεωρήσουμε το διαφορικό κέρδος. Ομοίως είναι φανερό ότι η μείωση της ισχύος εκπομπής μπορεί να είναι $10 \log N_r$ διατηρώντας ένα διαφορικό κέρδος $N_r * N_t$.

2.2.3 Χωρική Διαφορική Λήψη

Η κυρίαρχη μορφή χωρικής διαφορικότητας είναι η χωρική διαφορική λήψη, συχνά μόλις με δύο κεραιές. Η χωρική διαφορική λήψη δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις στον πομπό αλλά απαιτεί ο δέκτης να μπορεί να επεξεργαστεί N_r λαμβανόμενες ροές και να τις συνδυάσει. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται είναι δύο:

- Επιλογή ροής (Selection Combining-SC)
- Συνδυασμός μεγίστου λόγου (Maximal Ratio Combining-MRC).

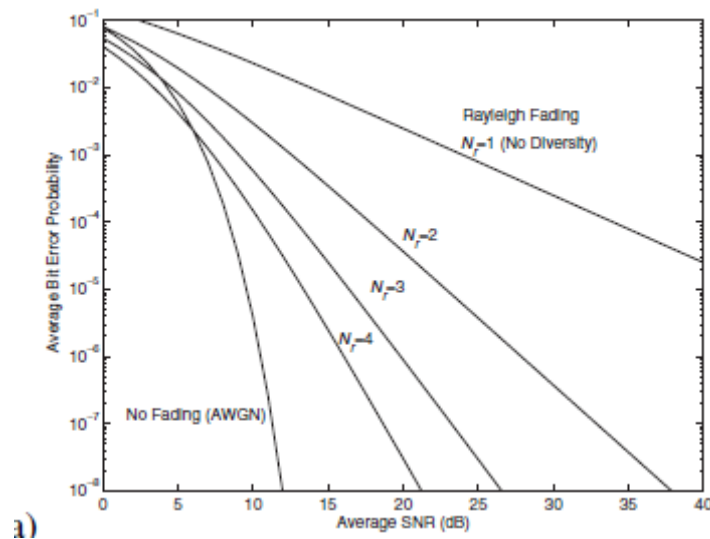


Σχήμα 2.10 Επιλογή ροής - συνδυασμός μεγίστου λόγου

Στη συνέχεια θα θεωρήσουμε ότι έχουμε επίπεδες διαλείψεις, όπου το σήμα που λαμβάνεται από κάθε κεραία είναι ασυσχέτιστο και έχει την ίδια μέση ισχύ. Όμως η χωρική διαφορική λήψη, είναι ιδιαίτερα αποδοτική και σε κανάλια επιλεκτικά ως προς την συχνότητα.

2.2.3.1 Επιλογή Ροής

Η επιλογή ροής, είναι ο απλούστερος αλγόριθμος από τους δύο. Απλώς υπολογίζει τις στιγμιαίες ισχύς σε καθεμία από τις ροές δεδομένων και επιλέγει την υψηλότερη. Αυτή η τεχνική αγνοεί τη χρήσιμη ενέργεια των υπόλοιπων ροών, γεγονός που την κάνει μη βέλτιστη. Παρ' όλα αυτά η απλότητά της και το μειωμένο κόστος, λόγω των μειωμένων απαιτήσεων του υλικού την κάνει ιδιαίτερα προσιτή σε πολλές περιπτώσεις. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται, η βελτίωση της απόδοσης, για διάφορους αριθμούς κεραιών.



Σχήμα 2.11 Απόδοση αλγορίθμου SC

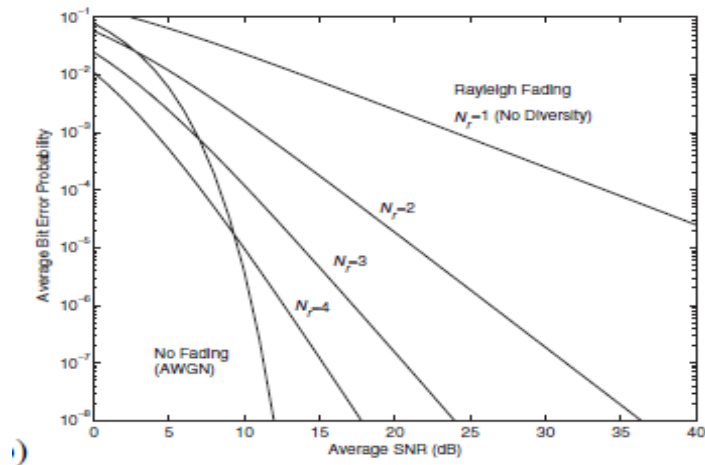
Παρ' όλο που έχουμε μια μεγάλη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος όταν ο πρόσθετος αριθμός κεραιών είναι μικρός, το μέγεθος της βελτίωσης συνεχώς μειώνεται αυξανόμενου του αριθμού αυτού.

2.2.3.2 Συνδυασμός μεγίστου λόγου

Η τεχνική αυτή συνδυάζει τη λαμβανόμενη πληροφορία από όλες τις κεραιές λήψης με σκοπό να

μεγιστοποιήσει τον SNR. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας κάποιους συντελεστές βάρους σε κάθε ροή από τις κεραιές. Ο μεγαλύτερος πάει στη ροή με τον υψηλότερο SNR και ομοίως οι υπόλοιποι. Παρά το γεγονός ότι έχουμε μεγιστοποίηση του SNR με αυτό τον τρόπο, ο αλγόριθμος δεν είναι πάντα βέλτιστος, εφόσον αγνοεί την παρεμβολή ισχύος του κάθε κλάδου που διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους.

Παραλλαγή αυτή της μεθόδου είναι ο συνδυασμός ίσου κέρδους (Equal Gain Combining- EGG) ο οποίος διορθώνει μόνο τη φάση ενώ τα βάρη είναι ίσα. Αυτή η τεχνική έχει μικρότερη πολυπλοκότητα, όμως το τίμημα είναι ο αυξημένος θόρυβος, το οποίο λειτουργεί αποτρεπτικά για συστήματα, όπως είναι το WiMAX, με αποτέλεσμα να μην προτιμάται. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται, η βελτίωση της απόδοσης, αυτού του αλγορίθμου, για διάφορους αριθμούς κεραιών.



Σχήμα 2.12 Απόδοση αλγορίθμου MRC

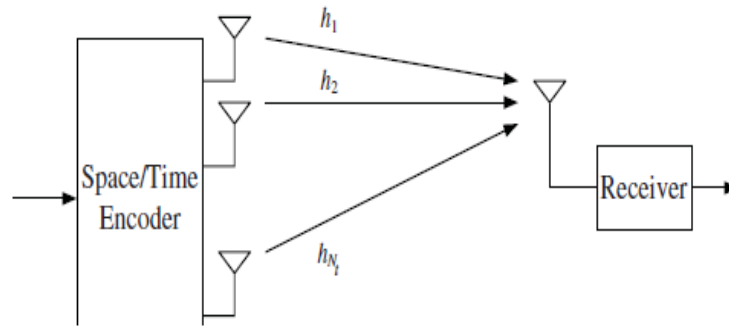
Τα πλεονεκτήματα του MRC τονίζονται ιδιαίτερα σε συστήματα στα οποία η ομοιοδιαλυκή παρεμβολή είναι σημαντική. Επιπλέον πλεονέκτημα αυτής είναι ότι παρέχει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης όλων των τεχνικών διαφορικής λήψης συχνότητας.

2.2.4 Χωρική Διαφορική Εκπομπή

Σε αυτή τα εκπεμπόμενα σήματα αλληλοπαρεμβάλλονται και απαιτείται επεξεργασία τόσο στον πομπό όσο και στο δέκτη. Η τεχνική αυτή είναι ιδιαίτερος ελκυστική για το WiMAX επειδή μετακυλά την ανάγκη των πολλαπλών κεραιών στον πομπό, ο οποίος συνήθως είναι ένας σταθμός βάσης, από τα κινητά τερματικά τα οποία έχουν αυστηρούς περιορισμούς στο μέγεθος, στο κόστος και την ισχύ. Επιπλέον, στην περίπτωση ύπαρξης στο σταθμό βάσης πολλαπλών κεραιών για την χωρική διαφορική λήψη της άνω ζεύξης, το κόστος για τη χρησιμοποίησή τους στη χωρική διαφορική εκπομπή κάτω ζεύξης είναι ελάχιστο. Τα σχήματα πολλαπλών κεραιών για χωρική διαφορική εκπομπή κατηγοριοποιούνται σαν ανοιχτού και κλειστού βρόχου. Τα σχήματα ανοιχτού βρόχου δεν απαιτούν γνώση του διαύλου στον πομπό. Αντιθέτως τα σχήματα κλειστού βρόχου απαιτούν γνώση του καναλιού. Αυτό απαιτεί είτε ομοιότητα της πάνω και της κάτω ζεύξης - το οποίο είναι δυνατόν στην αμφίδρομη επικοινωνία με διαίρεση χρόνου (TDD) - ή πιο σύνηθες, ένα κανάλι ανατροφοδότησης από τον δέκτη προς τον εκπομπό.

2.2.4.1 Χωρική Διαφορική Εκπομπή Ανοιχτού βρόχου

Το περισσότερο χρησιμοποιούμενο σχήμα ανοιχτού βρόχου είναι η κωδικοποίηση χρόνου/χώρου, όπου εφαρμόζεται ένας κωδικός ο οποίος είναι κοινός στον πομπό και στο δέκτη.



Σχήμα 2.13 Χωρική διαφορική εκπομπή ανοιχτού βρόχου

Η πιο κοινή χρησιμοποιούμενη κωδικοποίηση στο WiMAX είναι αυτή των κωδικών μπλοκ χώρου/χρόνου STBC. Εξέλιξη αυτών, η οποία έφερε επανάσταση σε αυτά τα συστήματα, είναι η κωδικοποίηση Alamuti ή αλλιώς ορθογώνια STBC (OSTBC). Η πιο απλή μορφή είναι αυτή της χρήσης R κεραιών εκπομπής και μιας κεραιάς λήψης. Τότε σύμφωνα με την κωδικοποίηση Alamuti θα εκπέμπουμε δύο φορές ως εξής:

	Antenna 1	2
Time 0	s_1	s_2
1	$-s_2^*$	s_1^*

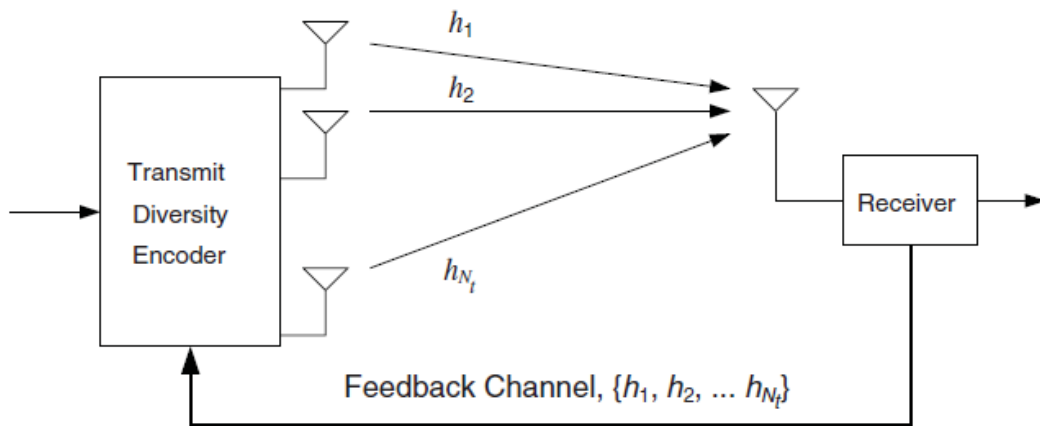
Η 2x4 Alamuti STBC, αναφέρεται ως ρυθμού 1, αφού δεν έχουμε κέρδος στο ρυθμό μετάδοσης. Αντί να στοχεύει στην αύξηση του ρυθμού μετάδοσης ο στόχος του STBC είναι να μετριάσει τη διαφορετικότητα της άνω και κάτω ζεύξης του καναλιού. Η τεχνική αυτή επιτυγχάνει το ίδιο με τη χωρική διαφορική λήψη στο ρυθμό μετάδοσης με μείωση όμως στον SNR. Οι κωδικοί Trellis εισάγουν τη χρήση μνήμης και επιτυγχάνουν καλύτερη απόδοση από τον OSTBC. Όμως η πολυπλοκότητα αυξάνει εκθετικά με την αύξηση του αριθμού των κεραιών ενώ η OSTBC αυξάνει γραμμικά. Το WiMAX και όλα τα OFDM συστήματα, μπορούν να μετατοπίσουν τη χρονική κωδικοποίηση από τα παραπάνω σχήματα στη συχνότητα.

2.2.4.2 Χωρική Διαφορική Εκπομπή με Χρήση $N_t \times N_r$ Κεραιών

Ο συνδυασμός των πλεονεκτημάτων του OSCTB και του MRC μπορεί να επιτευχθεί με την χρησιμοποίηση N_t κεραιών εκπομπής και N_r κεραιών λήψης. Γενικά έχουμε μεγαλύτερα οφέλη όταν χρησιμοποιούμε εξισορροπημένο αριθμό κεραιών στις δύο πλευρές. Πρακτικά όμως πλήρης διαφορετικότητα με OSTBC πραγματοποιείται μόνο για συγκεκριμένους συνδυασμούς N_t και N_r . Οι συνηθέστεροι συνδυασμοί, οι οποίοι προτείνονται και χρησιμοποιούνται στο WiMAX, είναι 2x2 και 4x2.

2.2.4.3 Χωρική Διαφορική Εκπομπή Κλειστού Βρόχου

Σε αυτή, ο εκπομπός μπορεί να γνωρίζει για τον δίαυλο χρησιμοποιώντας ανατροφοδότηση. Όμως σε υψηλές κινητικότητες ο δίαυλος αλλάζει γρήγορα οπότε και εκμηδενίζει τα οφέλη της ανατροφοδότησης. Δύο είναι τα επικρατέστερα σχήματα κλειστού βρόχου:



Σχήμα 2.14 Χωρική διαφορική εκπομπή κλειστού βρόχου

2.2.4.3.1 Επιλογή Διαφορικής Εκπομπής

Είναι το απλούστερο σχήμα και κατά περίπτωση το πιο αποτελεσματικό. Σε αυτό, μόνο ένα υποσύνολο από τις διαθέσιμες κεραιές εκπομπής χρησιμοποιείται σε κάθε χρονική στιγμή, το οποίο ανταποκρίνεται στους καλύτερους διαύλους. Η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα της

- Σημαντικής μείωσης πολυπλοκότητας και κόστους του συστήματος.
- Μειωμένης χωρικής παρεμβολής, εφόσον στέλνονται λιγότερα σήματα.
- Παραδόξως επιτυγχάνει μια τάξη διαφορικότητας $N_r * N_t$, παρ' όλο που δε χρησιμοποιούνται όλες οι κεραιές εκπομπής.

Παρ' όλη όμως την βελτιστοποίηση της διαφορικής τάξης, δεν επιτυγχάνεται βελτιστοποίηση διαφορικού κέρδους, επειδή θυσιάζει ένα ποσό SNR σε σχέση με άλλες τεχνικές που χρησιμοποιούν όλη τη διαθέσιμη ενέργεια. Αυτή η μέθοδος είναι η δυική της χωρικής διαφορικής λήψης επιλογής ροής. Η ισχύς που χρησιμοποιείται για την ανατροφοδότηση είναι πολύ μικρή επειδή απαιτείται μόνο ο δέκτης της κεραιάς εκπομπής που είναι καλύτερη να χρησιμοποιηθεί. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου, όσον αφορά το WiMAX, είναι ότι το κέρδος περιορίζεται υπερβολικά σε ένα δίαυλο επιλεκτικό ως προς τη συχνότητα.

Παρ' όλη όμως την βελτιστοποίηση της διαφορικής τάξης, δεν επιτυγχάνεται βελτιστοποίηση διαφορικού κέρδους, επειδή θυσιάζει ένα ποσό SNR σε σχέση με άλλες τεχνικές που χρησιμοποιούν όλη τη διαθέσιμη ενέργεια. Αυτή η μέθοδος είναι η δυική της χωρικής διαφορικής λήψης επιλογής ροής. Η ισχύς που χρησιμοποιείται για την ανατροφοδότηση είναι πολύ μικρή επειδή απαιτείται μόνο ο δέκτης της κεραιάς εκπομπής που είναι καλύτερη να χρησιμοποιηθεί. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου, όσον αφορά το WiMAX, είναι ότι το κέρδος περιορίζεται υπερβολικά σε ένα δίαυλο επιλεκτικό ως προς τη συχνότητα.

2.2.4.3.2 Διαφορικότητα Γραμμικής Προκωδικοποίησης

Είναι μια απλή τεχνική η οποία βελτιώνει το ρυθμό μετάδοσης ή την αξιοπιστία της ζεύξης εκμεταλλευόμενη πληροφορία διαύλου στον πομπό (Channel State Information-CSI). Η μέθοδος αυτή επιτυγχάνει υψηλότερο SNR απ'ότι του ανοιχτού βρόχου STBC, ενώ η χρήση του CSI απαιτείται μόνο τυπικά. Γι'αυτό στο WiMAX καθορίστηκε μια μέθοδος προκωδικοποίησης, η οποία απαιτεί μόνο 3-6 bit ανατροφοδότησης και έτσι κρατάει το ρυθμό ανατροφοδότησης χαμηλό.

2.2.5 Σχηματισμός Λοβού Ακτινοβολίας-Στοιχειοκεραίες

Σε αντίθεση με τη χωρική διαφορική εκπομπή, οι πολλαπλές κεραιές στον πομπό μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη ρύθμιση της ισχύος του εκπεμπόμενου σήματος βασιζόμενες στην κατεύθυνση, χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες των στοιχειοκεραίων. Οι δύο κυρίαρχες τάξεις είναι η κατεύθυνση άφιξης και οι μαθηματικές στοιχειοκεραίες.

2.2.5.1 Κατεύθυνση Αφίξης

Ο λοβός της στοιχειοκεραίας σχηματίζεται ώστε να έχουμε το μέγιστο κατά την επιθυμητή κατεύθυνση και να αυξάνεται το κέρδος λήψης ή εκπομπής του επιθυμητού σήματος, ενώ ταυτόχρονα να καταπιέζεται η λήψη-εκπομπή από μη επιθυμητές κατευθύνσεις. Ουσιαστικά

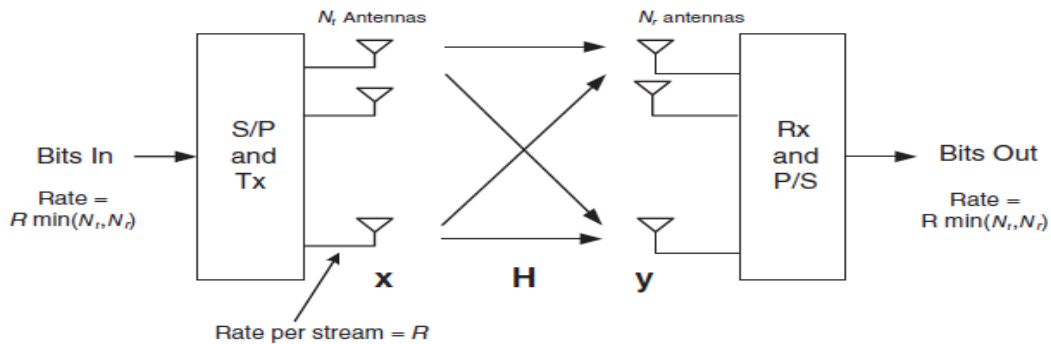
έχουμε μια συναλλαγή μεταξύ ενίσχυσης και επιθυμητής καταπίεσης.

2.2.5.2 Μαθηματικές Στοιχειοκεραίες

Χρησιμοποιούν την κρουστική απόκριση του διαύλου κάθε κεραίας και με κατάλληλα βάρη στην κάθε κεραία προσπαθούν να ικανοποιήσουν κάποια επιθυμητά κριτήρια όπως π.χ. η μεγιστοποίηση του SNR, με μαθηματικό τρόπο. Το ότι μπορούμε να το καταφέρουμε αυτό με μαθηματικό τρόπο, αυξάνει την ευελιξία χρησιμοποίησης για πραγματικά ασύρματα ευρυζωνικά περιβάλλοντα. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκπομπή πολλαπλών ροών δεδομένων. Αυτό βέβαια είναι γνωστό σαν χωρική πολυπλεξία.

2.2.6 Χωρική Πολυπλεξία

Από άποψη απόδοσης ρυθμού μετάδοσης δεδομένων, η πιο πολλά υποσχόμενη μέθοδος είναι η χωρική πολυπλεξία. Σε αυτή χωρίζουμε την κύρια ροή δεδομένων σε N_T ανεξάρτητες υποροές δεδομένων. Με αυτό τον τρόπο και υποθέτοντας επιτυχή αποκωδικοποίηση, μπορούμε να αυξήσουμε τη φασματική απόδοση κατά ένα παράγοντα N_T .



Σχήμα 2.15 Χωρική πολυπλεξία

Σε μία μονού διαύλου ζεύξη MIMO, η χωρητικότητα και επομένως ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης, μεγαλώνει κατά $\min(N_T, N_R) * \log(1 + SNR)$, δηλαδή λογαριθμικά όταν έχουμε μεγάλο SNR, όπως αναφέρθηκε στη σχετική παράγραφο. Έτσι όταν έχουμε μεγάλο SNR, η χρήση χωρικής πολυπλεξίας, είναι βέλτιστη. Αντιθέτως όταν ο SNR είναι χαμηλός, η στρατηγική μεγιστοποίηση της χωρητικότητας είναι η αποστολή μιας ροής δεδομένων μόνο χρησιμοποιώντας διαφορική προκωδικοποίηση, αφού σε χαμηλό SNR η βελτίωση είναι σχεδόν γραμμική. Και στις δύο περιπτώσεις πάντως, έχουμε καλύτερη απόδοση, όσον αφορά τη χωρητικότητα, από ότι στην χωρική/χρονική κωδικοποίηση. Σημαντικό επίσης είναι το γεγονός ότι ο μέσος SNR των ροών μπορεί να διατηρηθεί χωρίς να αυξήσουμε τη συνολικά εκπεμπόμενη ισχύ σε σχέση με ένα SISO σύστημα.

2.2.6.1 Χωρική Πολυπλεξία Ανοιχτού Βρόχου

Αρχική υπόθεση σε αυτή την περίπτωση είναι η γνώση του καναλιού στο δέκτη με διάφορες τεχνικές εκτίμησης του καναλιού. Οι τεχνικές ανοιχτού βρόχου προσπαθούν να καταπίεσουν την παρεμβολή των ανεξάρτητων ροών.

2.2.6.1.1 Βέλτιστη Αποκωδικοποίηση: Ανίχνευση Μέγιστης Πιθανοφάνειας

Αποτελεί την θεωρητικά βέλτιστη λύση όταν δεν έχουμε γνώση του καναλιού στον πομπό. Όμως αυτό προϋποθέτει μεγάλη υπολογιστική ισχύ και το κέρδος είναι μικρό αναλογικά με την υπολογιστική ισχύ, επομένως και ασύμφορη.

2.2.6.1.2 Γραμμικοί Ανιχνευτές

Αποσκοπούν στην επανάκτηση της εκπομπής. Ένας τέτοιος ανιχνευτής είναι ο ανιχνευτής μηδενικής επιβολής. Όμως και αυτή η περίπτωση έχει μικρή απόδοση.

2.2.6.2 Χωρική Πολυπλεξία Κλειστού Βρόχου

Το κέρδος από τη γνώση του καναλιού από τον πομπό είναι πολύ μεγάλο στα συστήματα χωρικής πολυπλεξίας.

2.2.6.2.1 Προκωδικοποίηση SVR

Είναι μια τεχνική μεγάλης αποδοτικότητας, αλλά η πολυπλοκότητα αυξάνει υπερβολικά με την αύξηση του αριθμού των κεραιών, γεγονός που την καθιστά απαγορευτική.

2.2.6.2.2 Γραμμική Προκωδικοποίηση

Λειτουργεί με την είσοδο συντελεστών βάρους στην προκωδικοποίηση, ώστε να μεγιστοποιείται η συνολική χωρητικότητα κατανέμοντας περισσότερη, ισχύ εκπομπής σε υποκανάλια με μεγαλύτερα κέρδη. Ο αριθμός των υποκαναλιών περιορίζεται ώστε $1 \leq M \leq \min(N_r, N_t)$, όπου το $M = 1$ αντιστοιχεί στη μέγιστη διαφορική τάξη ενώ με $M = \min(N_r, N_t)$, επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση των παράλληλων χωρικών ροών. Με την επιλογή του M μεταξύ των R περιπτώσεων μπορούμε να εξισορροπήσουμε το σύστημα μεταξύ αξιοπιστίας και χωρητικότητας.

2.2.7 Παραδοχές

Μέχρι τώρα έχει γίνει ένας αριθμός παραδοχών.

2.2.7.1 Δίαυλος επίπεδος ως προς τη συχνότητα

Έχει υποθεθεί μέχρι τώρα ότι ο δίαυλος είναι επίπεδος ως προς τη συχνότητα. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά αληθές μιας και επιτυγχάνεται με τις τεχνικές της OFDM.

2.2.7.2 Ασυσχετίστες Κεραίες

Επειδή συνήθως ο δέκτης είναι κινητός, δεν μπορεί να έχει περισσότερες από δύο κεραίες. Επίσης στο WiMAX απαιτείται να υπάρχουν δύο κεραίες προς το παρόν στα κινητά τερματικά. Οπότε λόγω του μικρού αυτού αριθμού στις κεραίες του κινητού τερματικού η παραπάνω θεώρηση είναι ικανοποιητική.

2.2.7.3 Περιορισμένη Παρεμβολή

Σε περιβάλλοντα με υψηλό SNR, η παρεμβολή πράγματι είναι περιορισμένη. Σε χαμηλό SNR αυτή η παρεμβολή είναι σημαντική. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με διάφορες τεχνικές που την περιορίζουν, όπως η τομεοποίηση κεραιών, κάνοντας την παραπάνω υπόθεση ρεαλιστική.

2.2.8 Εκτίμηση καναλιού για συστήματα MIMO-OFDM

Μέχρι τώρα έχει φανεί η σπουδαιότητα της εκτίμησης του καναλιού. Αυτή μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους:

- Κατευθυνόμενες τεχνικές, όπου προσυμφωνημένα σύμβολα στέλνονται από τον πομπό στο δέκτη για την υποβοήθηση της εκτίμησης του καναλιού.
- Τυφλές τεχνικές, με τις οποίες ο δέκτης πρέπει να κάνει εκτίμηση του καναλιού χωρίς τη βοήθεια εκ των προτέρων γνωστών συμβόλων.

Λόγω των πολλών συμβιβασμών που απαιτεί η δεύτερη μέθοδος, αλλά και της μειωμένης αποτελεσματικότητάς της, το WiMAX έχει υιοθετήσει την πρώτη.

2.2.8.1 Προοίμιο και πιλοτικός τόνος

Οι δύο τρόποι για την υλοποίηση των κατευθυνόμενων τεχνικών, είναι είτε με τη χρήση ενός προοιμίου, είτε με πιλοτικούς τόνους. Η χρήση προοιμίου είναι συνήθης και τυπική στα OFDM σύμβολα. Οι πιλοτικοί τόνοι από την άλλη περιλαμβάνουν την εισαγωγή εκ των προτέρων γνωστών πιλοτικών φερουσών ανάμεσα στις υποφέρουσες του OFDM. Συνήθως το προοίμιο χρησιμοποιείται για συγχρονισμό και αρχική εκτίμηση του καναλιού, ενώ οι πιλοτικοί τόνοι χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της χρονικής μεταβλητότητας του καναλιού, ώστε να διατηρήσουμε ακριβείς εκτιμήσεις του καναλιού. Για να επιτευχθούν τα παραπάνω απαιτείται ο πλήρης διαχωρισμός των βοηθητικών-κατευθυντικών σημάτων που εκπέμπονται από κάθε κεραία. Υπάρχουν τρεις μέθοδοι για την επίτευξη του παραπάνω στόχου. Η ανεξάρτητη, η κβαντισμένη και η ορθογωνική. Κατά την ανεξάρτητη εκπομπή όταν η κεραία στέλνει τα βοηθητικά σήματα, οι υπόλοιπες σιωπούν. Στην κβαντισμένη η κάθε κεραία στέλνει το βοηθητικό σήμα της σε καθορισμένες και διακριτές φέρουσες του φάσματος. Στην ορθογωνική μπορούν να στέλνονται τα παραπάνω σήματα ταυτόχρονα, ενώ η διακριτότητά τους εξασφαλίζεται με μεθόδους ορθογωνιότητας, παρόμοιες, με την CDMA. Επειδή τα σύμβολα προοιμίου χρησιμοποιούν πολλές φέρουσες, η απόκριση συχνότητας του καναλιού μπορεί να εκτιμηθεί με τεχνικές δειγματοληψίας. Αυτή μπορεί να γίνει είτε στο πεδίο της συχνότητας είτε στο πεδίο του χρόνου ή ταυτόχρονα και στα δύο πεδία. Τέλος η εκτίμηση του καναλιού μπορεί να γίνει είτε στο πεδίο του χρόνου είτε στο πεδίο της συχνότητας.

2.2.9 Ανατροφοδότηση

Υπάρχουν δύο μέθοδοι για την μετάδοση της πληροφορίας εκτίμησης καναλιού. Αυτή όμως που χρησιμοποιείται στα συστήματα πολλαπλής λήψης διαίρεσης συχνότητας, είναι η ανατροφοδότηση της πληροφορίας από το δέκτη στον πομπό, μέσω του καναλιού ανατροφοδότησης. Κυρίαρχη μορφή αυτής είναι η κβαντισμένη ανατροφοδότηση για γραμμική προκωδικοποίηση. Σκοπός αυτής είναι ο περιορισμός των bit που χρησιμοποιούνται για την ανατροφοδότηση, ο οποίος περιορίζεται στα 3-8. Η αποτελεσματικότητα και επάρκεια αυτής της μεθόδου οδήγησε στην υιοθέτησή της από το WiMAX. Στα συστήματα πολλαπλής λήψης διαίρεσης χρόνου, η πληροφορία μπορεί να αποκτηθεί, εκμεταλλευόμενοι την αμοιβαιότητα του καναλιού, ή συμπερασματικά από την εκτίμηση της άνω ζεύξης, θεωρώντας ομοιότητα του καναλιού, στην κάτω ζεύξη. Βέβαια, για τα συστήματα πολλαπλής λήψης διαίρεσης χρόνου, το WiMAX έχει υιοθετήσει μια άλλη μέθοδο την «Channel Sounding».

2.2.10 Συμπεράσματα

Οι τεχνικές MIMO, όπως φάνηκε, αποτελούν ένα πολλαπλασιαστικό παράγοντα για την βελτίωση των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Για το λόγο αυτό και έχουν υιοθετηθεί από το WiMAX. Όλες οι παραπάνω τεχνικές, μπορούν να επεκταθούν και να συνδυαστούν. Έτσι μπορούμε να χρησιμοποιούμε τις παραπάνω τεχνικές ταυτόχρονα ή εναλλακτικά, ανάλογα με τις συνθήκες του διαύλου. Επίσης μπορούμε να χρησιμοποιούμε τις παραπάνω για περισσότερους από ένα χρήστες. Μία σύνοψη των τεχνικών MIMO, φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 2.2 Τεχνικές πολλαπλών κεραιών

Τεχνική	(N_r, N_t)	Ανάδραση	Ρυθμός (r^a)	Παρατηρήσεις
Τεχνικές Βελτίωσης Αξιοπιστίας				
Συνδυαστική Επιλογή	$N_r \geq 1$ $N_t = 1$	Ανοικτού βρόχου	$r = 1$	Αυξάνει την μέση τιμή του SNR κατά $(1+1/2+1/2+\dots+1/N_r)$
Συνδυασμός Μεγίστου Λόγου	$N_r \geq 1$ $N_t = 1$	Ανοικτού βρόχου	$r = 1$	Αυξάνει τον SNR
Χωρικοί/Χρονικοί Μπλοκ κώδικες	$N_r \geq 1$ $N_t > 1$	Ανοικτού βρόχου	$r \leq 1$	Αυξάνει τον SNR
Διαφορικότητα Επιλεκτικής Εκπομπής	$N_r \geq 1$ $N_t > 1$	Κλειστού βρόχου	$r = 1$	Ίδιος SNR όπως και στην συνδυαστική επιλογή
Σχηματισμός Λοβού Ακτινοβολίας DOA	$N_r \geq 1$ $N_t > 1$ $N_r + N_t > 2$	Ανοικτού βρόχου αν $N_t = 1$ Κλειστού βρόχου αν $N_t > 1$	$r = 1$	Αυξάνει το κέρδος στην επιθυμητή κατεύθυνση
Τεχνικές Προκωδικοποίησης				
Διαφορική Γραμμική Προκωδικοποίηση	$N_r \geq 1$ $N_t > 1$	Κλειστού βρόχου	$r = 1$	
Σχηματισμός λοβού ακτινοβολίας	$N_r \geq 1$ $N_t > 1$	Κλειστού βρόχου	$1 \leq r \leq \min(N_r, N_t)$	
Γενική Γραμμική Προκωδικοποίηση	$N_r > 1$ $N_t > 1$	Κλειστού βρόχου	$1 \leq r \leq \min(N_r, N_t)$	
Χωρική Πολυπλεξία				
Ανοικτού Βρόχου Χωρική Πολυπλεξία	$N_r > 1$ $N_t > 1$	Ανοικτού βρόχου	$r = \min(N_r, N_t)$	
Blast	$N_r > 1$ $N_t > 1$	Ανοικτού βρόχου	$r = \min(N_r, N_t)$	
Γενική Γραμμική Προκωδικοποίηση	$N_r > 1$ $N_t > 1$	Κλειστού βρόχου	$1 \leq r \leq \min(N_r, N_t)$	

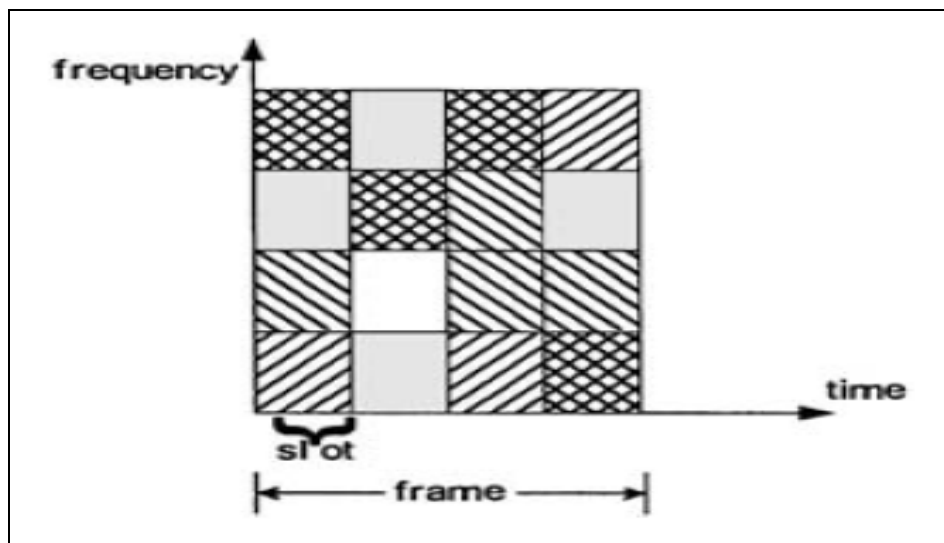
2.3 Πολλαπλή Πρόσβαση Ορθογώνιας Διαίρεσης Συχνότητας (OFDMA)

2.3.1 Εισαγωγή

Η διαμόρφωση OFDM, είναι μία τεχνική διαμόρφωσης, όπως έχει εξηγηθεί, στην οποία δημιουργούνται ανεξάρτητες ροές δεδομένων, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διάφορους χρήστες. Οι υποφέρουσες των ροών αυτών, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν όλες από ένα χρήστη, όπως συνέβαινε στα αρχικά συστήματα OFDM, σε μία χρονική στιγμή. Το WiMAX σήμερα, αντίθετα από τις πρώτες εκδόσεις του, χρησιμοποιεί μία διαφορετική προσέγγιση, γνωστή ως πολλαπλή πρόσβαση ορθογώνιας διαίρεση συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiple Access-OFDMA), στην οποία οι χρήστες μοιράζονται τις υποφέρουσες και τις χρονικές στιγμές.

2.3.2 Στρατηγικές Πολλαπλής Πρόσβασης και OFDMA

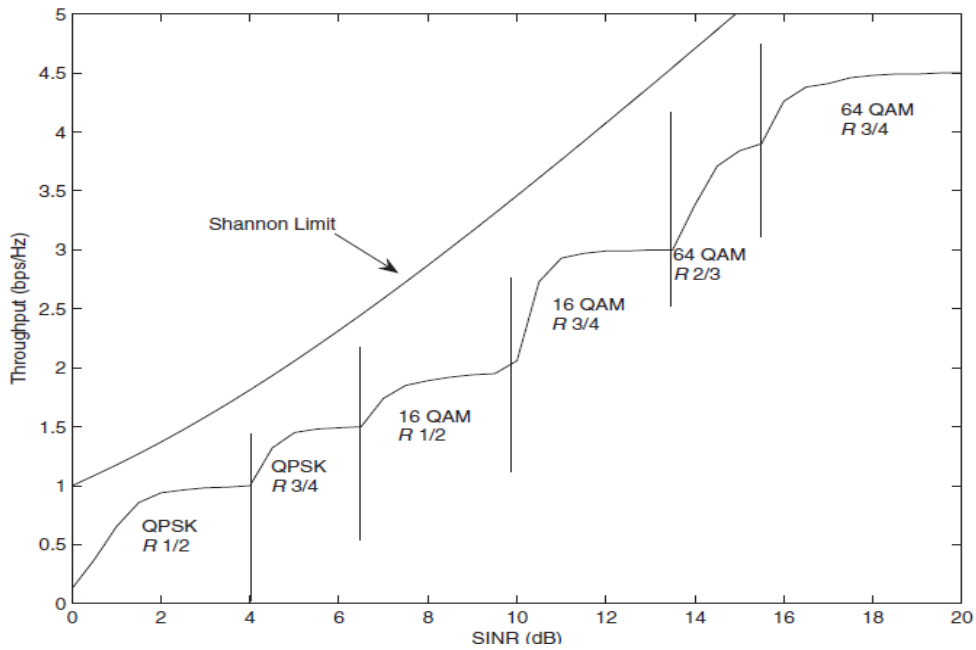
Υπάρχουν πολλές στρατηγικές πολλαπλής πρόσβασης, όπως οι γνωστές TDMA, FDMA και CDMA, οι οποίες βρίσκουν εφαρμογή στα συστήματα OFDM. Μία άλλη τελείως διαφορετική προσέγγιση, είναι η τεχνική τυχαίας πρόσβασης. Κάθε μία από τις παραπάνω έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η OFDMA ουσιαστικά αποτελεί μία υβριδική προσέγγιση της FDMA και TDMA, με σκοπό τον συνδυασμό των πλεονεκτημάτων των 2 παραπάνω τεχνικών. Έτσι οι υποφέρουσες κατανομονται δυναμικά στους χρήστες (ιδιότητα της FDMA) σε διάφορες χρονικές στιγμές (ιδιότητα της TDMA) (Σχήμα 2.16).



Σχήμα 2.16 Απεικόνιση λειτουργίας OFDMA

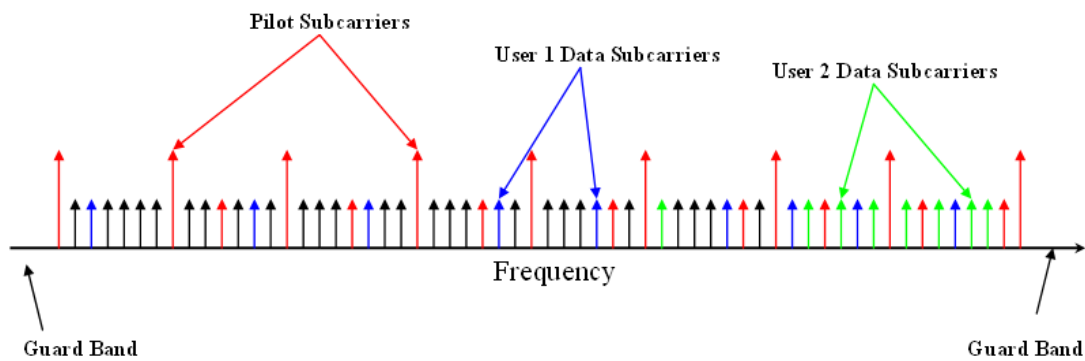
2.3.3 Κατανομή Υποφερουσών και Ισχύος-Προσαρμοστική Διαμόρφωση

Στην OFDMA η κατανομή των υποφερουσών και της ισχύος, εξαρτάται από την κατάσταση του καναλιού. Δύο αρχές στις οποίες βασίζεται η απόδοση της OFDMA, είναι η διαφορικότητα πολλαπλών χρηστών και η προσαρμοστική διαμόρφωση (AMC). Η διαφορικότητα πολλαπλών χρηστών, αφορά τον τρόπο επιλογής και προγραμματισμού των χρηστών, με σκοπό την μεγιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος, ανάλογα με το κριτήριο το οποίο κάθε φορά έχει τεθεί. Η προσαρμοστική διαμόρφωση από την άλλη, αφορά την εκμετάλλευση των μέσων, για να επιτύχουμε υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης. Έτσι αποσκοπεί στην χρησιμοποίηση εκείνου του συνδυασμού διαμόρφωσης και κωδικοποίησης, η οποία μας φέρνει όσο το δυνατόν πιο κοντά στην καμπύλη του Shannon, ανάλογα με τον σηματοθορυβικό λόγο SNR, όπως φαίνεται και στο σχήμα, με σκοπό την μεγιστοποίηση της χωρητικότητας.



Σχήμα 2.17 Προσαρμοστική διαμόρφωση

Στην πραγματικότητα θα πρέπει να επιτευχθεί εξισορρόπηση τριών αντικρουόμενων παραγόντων, δηλαδή της εκπεμπόμενης ισχύος, του ρυθμού μετάδοσης και του ρυθμού κωδικοποίησης. Στην OFDMA, σε κάθε δέκτη, κατανέμεται μια ομάδα υποφερουσών, η κάθε μία από τις οποίες έχει διαφορετικό SINR. Στην σχήμα φαίνονται οι πιλοτικές υποφέρουσες και οι υποφέρουσες μεταφοράς δεδομένων. Έτσι για παράδειγμα ο χρήστης 1 έχει το υποκάναλι το οποίο σχηματίζεται από τις μπλε υποφέρουσες που του έχουν κατανεμηθεί, ενώ ο χρήστης 2 από τις πράσινες. Ο τρόπος με τον οποίο κατανέμονται οι υποφέρουσες αυτές θα μελετηθεί παρακάτω.



Σχήμα 2.18 Κατανομή υποφερουσών σε χρήστες για το σχηματισμό υποκαναλιών 1

2.3.4 Κατανομή Πόρων

Η διατύπωση του προβλήματος της κατανομής πόρων μπορεί να διατυπωθεί, από δύο διαφορετικές γωνίες:

- Ελαχιστοποίηση της συνολικά εκπεμπόμενης ισχύος, με τον περιορισμό του ελάχιστου ρυθμού μετάδοσης προς τον χρήστη.
- Μεγιστοποίηση του ρυθμού μετάδοσης, με τον περιορισμό της μέγιστης εκπεμπόμενης ισχύος.

Το WiMAX, ως ένα σύστημα που αποσκοπεί κατά κύριο λόγο στην μεταφορά δεδομένων προς τον χρήστη, ακολουθεί την δεύτερη προσέγγιση. Έτσι η λύση του προβλήματος κατανομής πόρων,

διερευνά τον προγραμματισμό των χρηστών, την κατανομή των κατάλληλων υποφερουσών στους χρήστες και της κατάλληλης ισχύος εκπομπής σε καθένα από αυτούς. Επίσης ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται κατά την μεταβολή των δεδομένων του καναλιού, η οποία συνεπάγεται και την αλλαγή της κατανομής των πόρων στους χρήστες. Οπότε οι χρήστες θα πρέπει να ενημερώνονται τακτικά με εκπομπή των απαραίτητων πληροφοριών ανά τακτά χρονικά δεδομένα. Το WiMAX αφήνει την δυνατότητα χρήσης αλγορίθμου για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, ελεύθερη. Κάποιοι γενικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

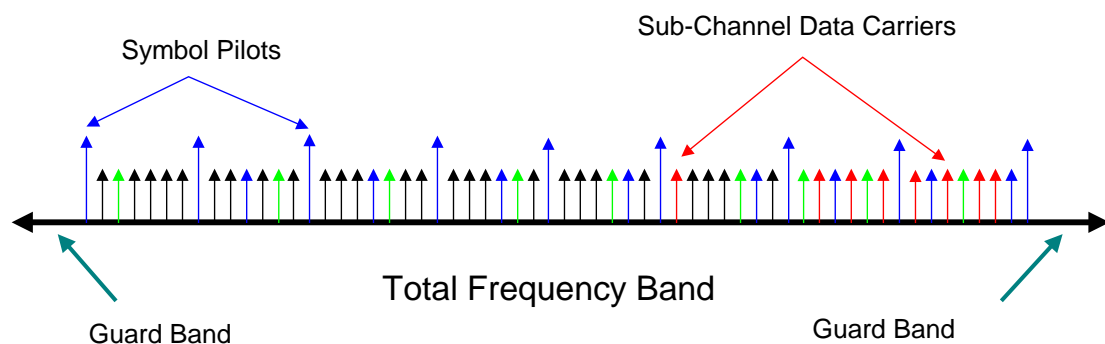
- Αλγόριθμος Μεγιστοποίησης Συνολικού Ρυθμού
- Αλγόριθμος Μέγιστης Δικαιοσύνης (Maxmin Fairness Algorithm)
- Αλγόριθμος Περιορισμένος από Αναλογικό Ρυθμό (Proportional Rate Constrains Algorithm)
- Προγραμματισμός Αναλογικής Δικαιοσύνης (Proportional Fairness Scheduling)

2.3.5 OFDMA και WiMAX

Παρόλο που το WiMAX αφήνει ελεύθερη την χρήση αλγορίθμων προγραμματισμού χρηστών, ικανός αριθμός ιδιοτήτων της OFDMA καθορίζεται από τα πρωτόκολλα της IEEE 802.16.

2.3.5.1 Υποκαναλοποίηση

Στους χρήστες WiMAX κατανέμεται μπλόκ υποφερουσών, όπως έχει εξηγηθεί και όχι μεμονωμένες υποφέρουσες. Το σύνολο των υποφερουσών που κατανέμεται σε ένα χρήστη σχηματίζει ένα υποκανάλι. Οι υποφέρουσες αυτές, που σχηματίζουν το υποκανάλι, μπορούν να δημιουργηθούν με διάφορους τρόπους. Έτσι μπορούν να είναι διπλανές, (adjacent subcarrier permutation) ή να βρίσκονται διάσπαρτες σε όλο το διαθέσιμο εύρος ζώνης (distributed subcarrier permutation). Για παράδειγμα στο σχήμα 2.19, οι υποφέρουσες δεν είναι διπλανές (distributed subcarrier permutation).



Σχήμα 2.19 Κατανομή υποφερουσών σε χρήστες για το σχηματισμό υποκαναλιών 2

2.3.5.2 Μηνύματα Ενημέρωσης Κατανομής

Για να γνωρίζει ο δέκτης τις απαραίτητες OFDMA πληροφορίες για τον συντονισμό του, είναι απαραίτητο ο πομπός να του στέλνει τις πληροφορίες αυτές με μηνύματα με εκπομπή. Τα μηνύματα αυτά περιέχουν το σχήμα δημιουργίας των υποκαναλιών από τις υποφέρουσες αλλά και το εκάστοτε επιτρεπτό χρησιμοποιούμενο σχήμα διαμόρφωσης - κωδικοποίησης.

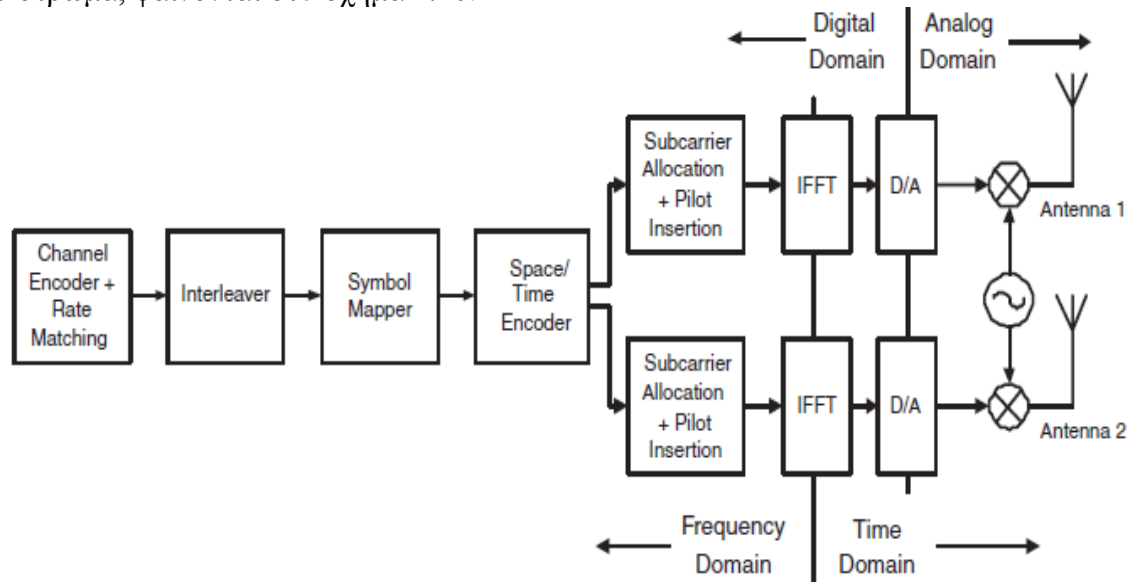
2.3.5.3 Λόγος Κοντινού Προς Μακρινό Άκρο

Επειδή κάθε κινητός δέκτης βρίσκεται σε διαφορετική απόσταση από τους άλλους, η ισχύς που φτάνει στο σταθμό βάσης ποικίλει για κάθε δέκτη. Είναι επομένως απαραίτητος ο περιορισμός του λόγου αυτού, δηλαδή η ομογενοποίηση των λαμβανομένων ισχύων σε μία καθορισμένη στάθμη. Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί η δυναμική που υπάρχει στην ανάπτυξη κυψελωτών συστημάτων WiMAX.

2.4 Φυσικό Στρώμα

2.4.1 Εισαγωγή

Από τα φυσικά στρώματα που καθορίζονται στο πρότυπο 802.16, το Wireless MAN OFDM (256 FFT), καθορίζεται ως το φυσικό στρώμα για σταθερές λειτουργίες και είναι γνωστό σαν WiMAX σταθερής πρόσβασης (Fixed). Από την άλλη το Wireless OFDMA (2048 FFT), τροποποιήθηκε στο SOFDMA, το οποίο χρησιμοποιεί ένα μεταβλητό μέγεθος FFT (128, 512, 1024, 2048) και είναι γνωστό ως WiMAX κινητής πρόσβασης (Mobile). Τα διάφορα στάδια από τα οποία αποτελείται το φυσικό στρώμα, φαίνονται στο σχήμα 2.20.



Σχήμα 2.20 Φυσικό στρώμα

Κατά σειρά έχουμε το στάδιο εμπρόσθιας διόρθωσης λαθών, το οποίο με τη σειρά του περιλαμβάνει την κωδικοποίηση καναλιού και την απεικόνιση συμβόλων. Το επόμενο στάδιο σχετίζεται με την κατασκευή του OFDM συμβόλου στο πεδίο της συχνότητας. Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου τα δεδομένα κατατάσσονται στα κατάλληλα υποκανάλια με τις κατάλληλες υποφέρουσες. Στις πιλοτικές υποφέρουσες εισέρχονται πιλοτικά σύμβολα τα οποία χρησιμοποιούνται από το δέκτη τους για την πληροφορία κατάστασης διαύλου. Επίσης εδώ γίνεται χωρική και χρονική κωδικοποίηση, εάν αυτή πραγματοποιείται από το σύστημα. Τέλος το OFDM σύμβολο, μετασχηματίζεται από το πεδίο της συχνότητας στο πεδίο του χρόνου και εκπέμπεται.

2.4.2 Κωδικοποίηση Καναλιού

Η κωδικοποίηση καναλιού αποτελείται από τα επόμενα στάδια:

- Τυχαιοποίηση Δεδομένων
- Κωδικοποίηση Διαύλου
- Συσχέτιση Ρυθμού
- HARQ
- Διεμπλοκή (interleaving)

2.4.2.1 Τυχαιοποίηση Δεδομένων

Η τυχαιοποίηση αποσκοπεί στην κρυπτογράφηση των δεδομένων, ώστε να μην μπορεί ένας παρασιτικός δέκτης να αποκωδικοποιήσει τα δεδομένα, αλλά και στην αποφυγή της δυσμενούς επίδρασης συνεχόμενων μπλοκ λαθών, γεγονός που θα οδηγούσε στην δυσκολία διόρθωσής τους.

2.4.2.2 Κωδικοποίηση Διαύλου

Η κωδικοποίηση διαύλου γίνεται σε κάθε FEC μπλοκ, το οποίο αποτελείται από ένα ακέραιο αριθμό υποδιαύλων. Ο υποδιαύλος είναι η βασική μονάδα κατανομής πόρων στο φυσικό στρώμα και περιέχει πολλαπλά δεδομένα και πιλοτικές υποφέρουσες. Ο ακριβής αριθμός πιλοτικών υποφερουσών αλλά και δεδομένων σε ένα υποδιαύλο εξαρτάται από το σχήμα κατανομής (permutation) των υποφερουσών. Αντίστοιχα ο μέγιστος αριθμός υποδιαύλων σε ένα FEC μπλοκ εξαρτάται από το σχήμα κωδικοποίησης διαύλου και τον αστερισμό διαμόρφωσης. Το υποχρεωτικό σχήμα κωδικοποίησης διαύλου για το 802.16e-2005, βασίζεται στην δυαδική συνελικτική κωδικοποίηση. Αυτή χρησιμοποιεί ένα κωδικοποιητή περιορισμού, μεγέθους επτά και ένα ρυθμό κωδικοποίησης $\frac{1}{2}$. Φυσικά μπορούν να επιτευχθούν ρυθμοί υψηλότεροι από $\frac{1}{2}$. Οι μέγιστοι θεωρητικά ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται σε Mbps φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 2.3 Ρυθμοί μετάδοσης για τα υποχρεωτικά σχήματα κωδικοποίησης

DL:UL Λόγος	1:1				3:1			
Κυκλικό Πρόθεμα	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK R1/2 DL	2.880	3.312	3.456	3.600	4.464	4.896	5.328	5.472
QPSK R1/2 UL	2.352	2.576	2.800	2.912	1.120	1.344	1.344	1.456
QPSK R3/4 DL	4.320	4.968	5.184	5.400	6.696	7.344	7.992	8.208
QPSK R3/4 UL	3.528	3.864	4.200	4.368	1.680	2.016	2.016	2.184
16 QAM R1/2 DL	5.760	6.624	6.912	7.200	8.928	9.792	10.656	10.944
16 QAM R1/2 UL	4.704	5.152	5.600	5.824	2.240	2.688	2.688	2.912
16 QAM R3/4 ^a DL	8.640	9.936	10.368	10.800	13.392	14.688	15.984	16.416
16 QAM R3/4 UL	7.056	7.728	8.400	8.736	3.360	4.032	4.032	4.368
64 QAM R2/3 DL	11.520	13.248	13.824	14.400	17.856	19.584	21.312	21.888
64 QAM R2/3 UL	9.408	10.304	11.200	11.648	4.480	5.376	5.376	5.824
64 QAM R3/4 DL	12.960	14.904	15.552	16.200	20.088	22.032	23.976	24.624
64 QAM R3/4 UL	10.584	11.592	12.600	13.104	5.040	6.048	6.048	6.552

Περαιτέρω υπάρχουν και προαιρετικές κωδικοποιήσεις διαύλου, οι οποίες βελτιώνουν πολύ την απόδοση. Από το 802.16e-2005 αναφέρονται οι block turbo codes, οι συνελικτικοί turbo codes και οι χαμηλής εντατικότητας έλεγχοι ισοτιμίας. Το WiMAX χρησιμοποιεί διπλοδυαδικό turbo κώδικα.

2.4.2.3 Υβριδικό ARQ

Το WiMAX υποστηρίζει τα HARQ I-II. Αυτά αποτελούν μία εξέλιξη της ARQ. Έτσι πλέον, επαναμετάδοση ζητείται μόνο αν ο αποκωδικοποιητής δεν είναι σε θέση να αποκωδικοποιήσει σωστά τα λαμβανόμενα μπλοκ. Επίσης όταν γίνεται λήψη ενός επανεκπεμπόμενου μπλοκ,

συνδυάζεται με το προηγούμενο ληφθέν, οπότε συνδυάζοντας και τις 2 εκδοχές αυξάνουμε την πιθανότητα σωστής αποκωδικοποίησης. Το WiMAX υποστηρίζει τα παραπάνω με τη μέθοδο stop and wait.

2.4.2.4 Διεμπλοκή

Η διεμπλοκή (interleaving) πραγματοποιείται σε δύο βήματα. Το πρώτο βήμα εξασφαλίζει ότι τα γειτονικά κωδικοποιημένα bit, κατανέμονται σε μη γειτονικές υποφέρουσες, γεγονός το οποίο εξασφαλίζει διαφορετικότητα συχνότητας και βελτιώνει την απόδοση του αποκωδικοποιητή. Το δεύτερο βήμα εξασφαλίζει ότι τα γειτονικά bit κατανέμονται εναλλακτικά. Η διεμπλοκή πραγματοποιείται σε κάθε μπλοκ ξεχωριστά.

2.4.3 Απεικόνιση Συμβόλων

Οι διαμορφώσεις που χρησιμοποιούνται φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 2.4 Επιτρεπτά προφίλ διαμόρφωσης-κωδικοποίησης

0	QPSK CC 1/2	14	Reserved	28	64 QAM ZCC 3/4	42	64 QAM LDPC 2/3
1	QPSK CC 3/4	15	QPSK CTC 3/4	29	QPSK LDPC 1/2	43	64 QAM LDPC 3/4
2	16 QAM CC 1/2	16	16 QAM CTC 1/2	30	QPSK LDPC 2/3	44	QPSK CC 1/2
3	16 QAM CC 3/4	17	16 QAM CTC 3/4	31	QPSK LDPC 3/4	45	QPSK CC 3/4
4	64 QAM CC 1/2	18	64 QAM CTC 1/2	32	16 QAM LDPC 1/2	46	16 QAM CC 1/2
5	64 QAM CC 2/3	19	64 QAM CTC 2/3	33	16 QAM LDPC 2/3	47	16 QAM CC 3/4
6	64 QAM CC 3/4	20	64 QAM CTC 3/4	34	16 QAM LDPC 3/4	48	64 QAM CC 2/3
7	QPSK BTC 1/2	21	64 QAM CTC 5/6	35	64 QAM LDPC 1/2	49	64 QAM CC 3/4
8	QPSK BTC 3/4	22	QPSK ZCC 1/2	36	64 QAM LDPC 2/3	50	QPSK LDPC 5/6
9	16 QAM BTC 3/5	23	QPSK ZCC 3/4	37	64 QAM LDPC 3/4	51	16 QAM LDPC 5/6
10	16 QAM BTC 4/5	24	16 QAM ZCC 1/2	38	QPSK LDPC 2/3	52	64 QAM LDPC 5/6
11	64 QAM BTC 5/8	25	16 QAM ZCC 3/4	39	QPSK LDPC 3/4	> 52 reserved	
12	64 QAM BTC 4/5	26	64 QAM ZCC 1/2	40	16 QAM LDPC 2/3		
13	QPSK CTC 1/2	27	64 QAM ZCC 2/3	41	16 QAM LDPC 3/4		

2.4.4 Πρωταρχικοί Παράγοντες

Η ευελιξία του φυσικού στρώματος του WiMAX, επιτρέπει τη βέλτιστη επιλογή μεταξύ διαφόρων παραμέτρων, όπως το μήκος του κυκλικού προθέματος, τον αριθμό των υποφερουσών, τον

διαχωρισμό των υποφερουσών κ.α. Οι πρωταρχικοί αυτοί παράγοντες φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 2.5 Πρωταρχικοί παράγοντες

Παράμετρος	Τιμή	Ορισμός
B	Μεταβλητή (1,25 - 1,75 - 3,5 - 5 - 7 - 8,75 - 10 - 14 - 15)	Ονομαστικό Εύρος Ζώνης Καναλιού
L	256 για OFDM: 128, 512, 1024 2048 για SOFDMA	Αριθμός υποφερουσών (συμπεριλαμβανομένου των DC, πιλοτικών και κενών)
n	8/7, 28/25	Συντελεστής δειγματοληψίας
G	¼, 1/8, 1/16, 1/32	Λόγος χρόνου κυκλικού προθέματος προς χρήσιμο χρόνο συμβόλου

2.4.5 Υποκαναλοποίηση και Σχήματα Κατανομής Υποφερουσών

Στο πεδίο της συχνότητας, κάθε σύμβολο δημιουργείται με κατανομή της αρχικής ακολουθίας συμβόλων στις διάφορες υποφέρουσες. Το WiMAX καθορίζει τρεις κατηγορίες υποφερουσών:

- Τις υποφέρουσες δεδομένων, για την μεταφορά συμβόλων δεδομένων.
- Τις πιλοτικές υποφέρουσες, για τα πιλοτικά σύμβολα και
- Τις μηδενικές υποφέρουσες, χωρίς ισχύ, συμπεριλαμβανομένου της DC υποφέρουσας και τις υποφέρουσες φρουρούς στα άκρα.

Για τον σχηματισμό του OFDM συμβόλου στο πεδίο της συχνότητας, τα διαμορφωμένα πλέον σύμβολα κατανέμονται στα διάφορα υποκανάλια που έχουν παραχωρηθεί για την αποστολή του μπλοκ δεδομένων. Το υποκανάλι είναι μία λογικά σχηματιζόμενη συλλογή υποφερουσών. Ο αριθμός και ο ακριβής τρόπος με τον οποίο έγινε η κατανομή των υποφερουσών, οι οποίες αποτελούν το διάλυο, εξαρτάται από το σχήμα κατανομής των υποφερουσών. Ο αριθμός των υποκαναλιών που παραχωρείται για μετάδοση μπλοκ δεδομένων, εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους, όπως το μέγεθος του μπλοκ, το σχήμα κατανομής, η διαμόρφωση και ο ρυθμός κωδικοποίησης. Στα πεδία χρόνου και συχνότητας, τα συνεχή σετ υποκαναλιών που ανατίθενται σε ένα χρήστη, ονομάζεται περιοχή δεδομένων του χρήστη και εκπέμπονται χρησιμοποιώντας πάντα το ίδιο προφίλ εκπομπής. Το προφίλ αυτό περιλαμβάνει την διαμόρφωση, το ρυθμό κωδικοποίησης και τον τύπο εμπρόσθιας διόρθωσης λαθών. Το προφίλ BPSK ½ στην OFDMA, χρησιμοποιείται μόνο για μηνύματα ελέγχου και συντονισμού. Είναι μεγάλης σημασίας, στο WiMAX, ότι οι υποφέρουσες που συνθέτουν ένα υποκανάλι, μπορούν να είναι γειτονικές ή μία στην άλλη, ή να είναι κατανεμημένες σε όλο το φάσμα συχνοτήτων, ανάλογα με το σχήμα κατανομής που έχει χρησιμοποιηθεί. Μία κατανεμημένη σε όλο το φάσμα διάθεση υποφερουσών, παρέχει καλύτερη διαφορικότητα συχνότητας, ενώ μία διάθεση συνεχών - γειτονικών υποφερουσών, είναι πιο επιθυμητή για σχηματισμούς λοβών και επιτρέπει στο σύστημα την εκμετάλευση της διαφορικότητας πολλαπλών χρηστών. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν είναι απαραίτητη η χρήση ίδιου σχήματος κατανομής υποφερουσών στην κάτω και πάνω ζεύξη.

2.4.5.1 Πλήρης Χρησιμοποίηση Υποφερουσών Κάτω Ζεύξης (DL FUSC-Downlink Full Usage Subcarrier Permutation)

Σε αυτή την περίπτωση, όλες οι υποφέρουσες δεδομένων χρησιμοποιούνται για το σχηματισμό διαφόρων υποκαναλιών, τα οποία σχηματίζει το κανάλι του χρήστη. Κάθε υποκανάλι σχηματίζεται από σαράντα οκτώ υποφέρουσες δεδομένων, οι οποίες κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλο το εύρος του φάσματος συχνοτήτων. Οι πιλοτικές υποφέρουσες διανέμονται πρώτες και στη συνέχεια οι εναπομείναντες υποφέρουσες κατανέμονται στα διάφορα υποκανάλια με κάποιο σχήμα διάθεσης.

2.4.5.2 Μερική Χρησιμοποίηση Υποφερουσών Κάτω Ζεύξης (DL PUSC-Downlink Partial Usage Subcarrier Permutation)

Η PUSC είναι παρόμοια με την FUSC, με την διαφορά ότι στην PUSC, όλες οι υποφέρουσες κατανέμονται αρχικά σε 6 ομάδες όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 2.6 Παράμετροι DL PUSC

	128	512	1024	2048
Υποφέρουσες ανά ομάδα	14	14	14	14
Αριθμός υποκαναλιών	3	15	30	60
Χρησιμοποιούμενες υποφέρουσες δεδομένων	72	360	720	1440
Πιλοτικές υποφέρουσες	12	60	120	240
Αριστερά διαχωριστικές υποφέρουσες	22	46	92	184
Δεξιά διαχωριστικές υποφέρουσες	21	45	91	183

Η κατανομή των υποφερουσών που σχηματίζουν τα υποκανάλια, επενεργείται ανεξάρτητα σε κάθε μία από τις έξι ομάδες. Έχουμε οπότε ένα λογικό διαχωρισμό της μίας ομάδας από τις άλλες. Ένα πλεονέκτημα που παρέχει αυτή η μέθοδος, είναι ότι επιτρέπει τη χρησιμοποίηση της ίδιας συχνότητας σε ένα σταθμό βάσης με τομεοποίηση, με την κατανομή διαφορετικής συλλογής υποφερουσών σε κάθε τομέα.

2.4.5.3 Μερική Χρησιμοποίηση Υποφερουσών Άνω Ζεύξης (DL FUSC-Downlink Full Usage Subcarrier Permutation)

Ανάλογα με τα παραπάνω υπάρχει και η UL PUSC. Η φιλοσοφία είναι ίδια με την DL PUSC, με τη διαφορά ότι ο σχηματισμός είναι διαφορετικός. Επίσης παρέχει δύο διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας, με διαφορετικά πλεονεκτήματα ο καθένας. Το ανάλογο στον σχηματισμό στην κάτω ζεύξη, αλλά και η ευελιξία αυτή, παρέχεται από την TUSC.

2.4.5.4 Κατανομή Ζωνών Υποφερουσών Προσαρμοστικής Διαμόρφωσης και Κωδικοποίησης

Σε αυτό το είδος σχηματισμού υποκαναλιών, οι υποφέρουσες οι οποίες σχηματίζουν το υποκανάλι, είναι γειτονικές μεταξύ τους. Με αυτό το σχήμα χάνουμε σε διαφορικότητα συχνότητας, αλλά είναι ευκολότερη η διαφορικότητα πολλαπλών χρηστών, η οποία παρέχει σημαντική αύξηση στην χωρητικότητα και διεκπαιριότητα του συστήματος, αφού ένα κανάλι σε κάθε χρονική στιγμή κατανέμεται στον χρήστη με το μεγαλύτερο SNR σε αυτό το υποκανάλι. Επιπλέον λόγω της φύση δυναμικότητας του ασύρματου καναλιού, διαφορετικοί χρήστες χρησιμοποιούν το κανάλι σε κάθε χρονική στιγμή.

2.5 Απόδοση στρώματος ζεύξης

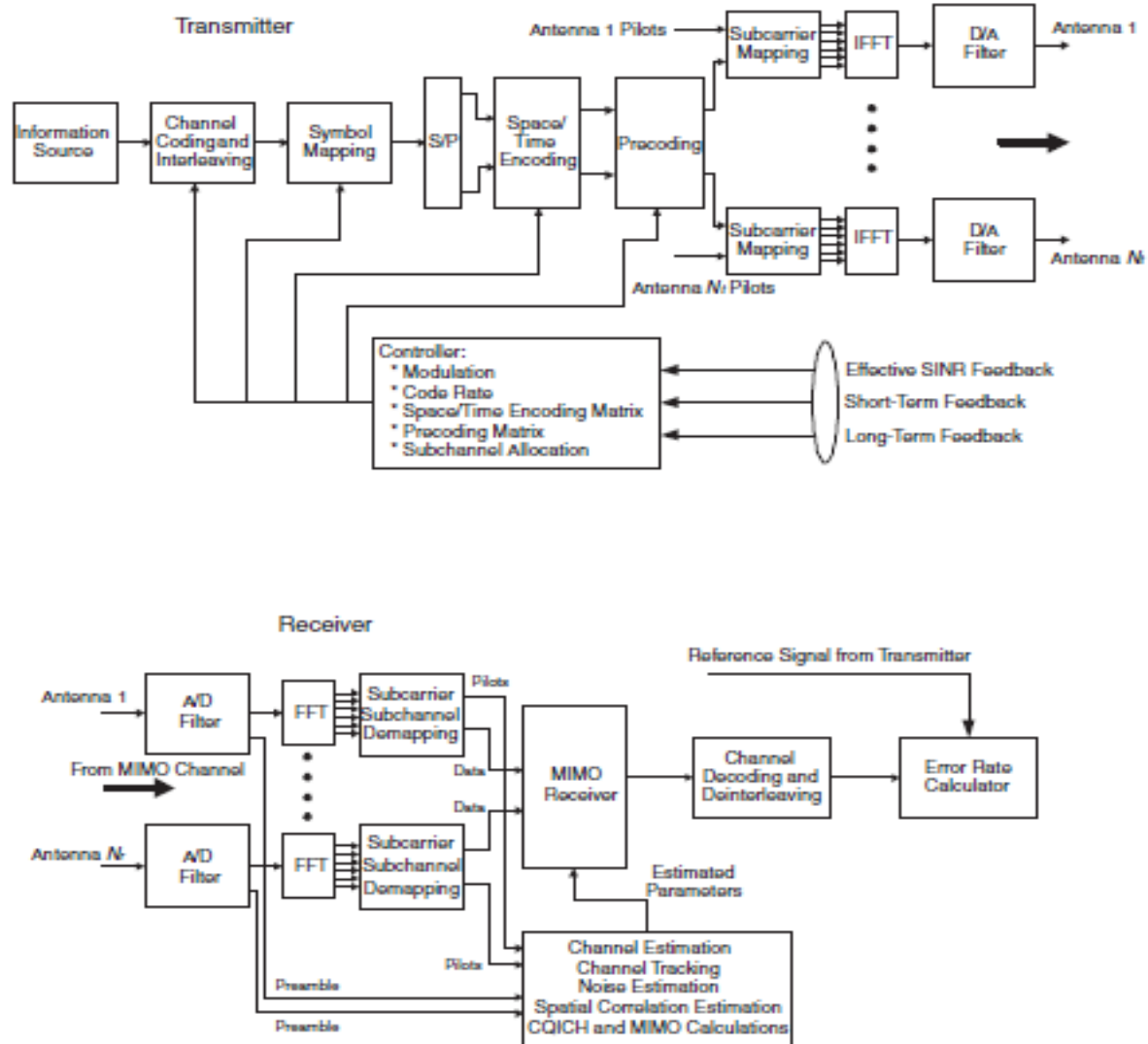
2.5.1 Εισαγωγή

Σε τελική ανάλυση, η αποτελεσματικότητα ενός ασύρματου δικτύου καθορίζεται από το μέγιστο αριθμό στον οποίο μεταφέρονται τα δεδομένα με την ελάχιστη δυνατή χρησιμοποίηση εύρους ζώνης και ισχύος. Και σε αυτή την περίπτωση υπάρχει συμβιβασμός μεταξύ τους, εφόσον δε μπορεί να επιτευχθεί ταυτόχρονη βελτιστοποίηση και για τα δύο λόγω του ότι οι ταυτόχρονες βελτιστοποιήσεις καθενός είναι αντικρουόμενες και ασυμβίβαστες μεταξύ τους. Έτσι οι εφαρμογές που έχουν χαμηλές απαιτήσεις σε ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, σχεδιάζονται δίνοντας βάρος στην απόδοση ισχύος, ενώ τα ασύρματα δίκτυα στοχεύουν στην βελτιστοποίηση της φασματικής

απόδοσης. Στο WiMAX υπάρχουν τεχνικές κωδικοποίησης και διαμόρφωσης που στοχεύουν στη συνεχή προσαρμογή μεταξύ της βελτιστοποίησης επάρκειας ισχύος και φασματικής απόδοσης ανάλογα με τη φύση της εφαρμογής την οποία εξυπηρετούν.

2.5.2 Λειτουργία επιπέδου ζεύξης

Το επίπεδο ζεύξης περιλαμβάνει κωδικοποίηση καναλιού interleaving, διαμερισμό συμβόλων και χρονική/χωρική κωδικοποίηση. Όταν χρησιμοποιούνται συστήματα MIMO χρησιμοποιείται επιπλέον κωδικοποίηση γι' αυτό το σκοπό. Τα παραπάνω φαίνονται συνοπτικά στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 2.21 Επίπεδο ζεύξης WiMAX

Για τη δημιουργία του σήματος στο πεδίο της συχνότητας, ο πομπός διαμερίζει τα δεδομένα και τα πιλοτικά σήματα κάθε υποκαναλιού, στις υποφέρουσες του OFDM, βασισμένος στο σχήμα μεταλλαγής υποφέρουσας και στην ταυτότητα του υποκαναλιού. Στη συνέχεια το σήμα στο πεδίο του χρόνου δημιουργείται με τον μετασχηματισμό IFFT και έπειτα δημιουργείται το αναλογικό σήμα. Τέλος ο πομπός επιλέγει διάφορες παραμέτρους εκπομπής, όπως σχήμα διαμόρφωσης, ρυθμό κώδικα, αριθμό παράλληλων ροών, τάξη προκωδικοποίησης και ταυτότητα υποκαναλιού, ανάλογα με την ανάδραση που παρέχεται από το δέκτη. Στον επόμενο πίνακα, φαίνονται κάποιες τυπικές παράμετροι ενός συστήματος.

Πίνακας 2.7 Τυπικές παράμετροι εξομοίωσης συστήματος WiMAX

Παράμετρος	Τιμή
Εύρος ζώνης καναλιού	10 MHz
Αριθμός υποφερόντων	1024
Permutation υποφερόντων	PUSC – band AMC
Κυκλικό πρόθεμα	1/8
Μήκος πλαισίου	5 msec
Κωδικοποίηση καναλιού	CC – TC
Αποκωδικοποίηση καναλιού	SOVA (για CC) – Max LogMAP (για TC)
H-ARQ	I () και II ()
Μέγιστος αριθμός επαναμεταδόσεων H-ARQ	4
Ταυτότητα υποπακέτων για II H-ARQ	0,1,2,3
Συχνότητα λειτουργίας	2.3 MHz
	PedA, PedB, VehA
Ταχύτητα κινητού δέκτη	3 km/h (για PedA, PedB) και 30 km/h ή 120 km/h (για VehA)
Συσχέτιση κεραίας πομπού	0 και 0.5
Συσχέτιση κεραίας δέκτη	0 και 0.5
Εσωτερική ανάδραση SNR	1 πλαίσιο (5 msec)
Καθυστέρηση ανάδρασης SNR	2 πλαίσιο (10 msec)
Διάρκεια ανάδρασης MIMO	1 πλαίσιο (5 msec)
Καθυστέρηση ανάδρασης MIMO	2 πλαίσιο (10 msec)
Παράγοντας	8
Συνολικός αριθμός εξομοιωθέντων FEC code blocks	15.000

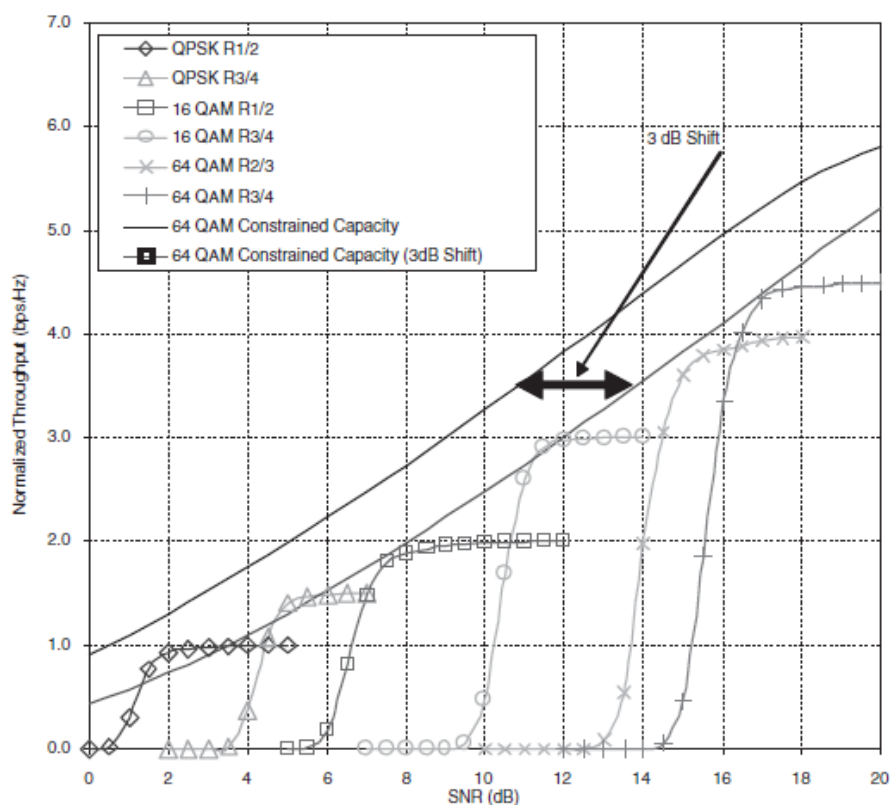
2.5.3 AWGN κανάλι και AMC

Τα όρια στα οποία γίνεται η αλλαγή της διαμόρφωσης, για την χρησιμοποίησή τους στην προσαρμοστική διαμόρφωση, καθορίζεται από τα SNR που προκύπτουν από το AWGN κανάλι. Σύμφωνα με την προσαρμοστική διαμόρφωση (AMC), το οποίο είναι και το κατεξοχήν χρησιμοποιούμενο σχήμα διαμόρφωσης και κωδικοποίησης στο WiMAX , υπερτερόντας έναντι των άλλων, επιλέγεται κάθε φορά το κατάλληλο σχήμα διαμόρφωσης και κωδικοποίησης, με σκοπό την μεγιστοποίηση του ρυθμού μετάδοσης, ανάλογα με τον SNR. Σκοπός είναι να βρίσκεται το σημείο λειτουργίας όσο το δυνατόν πιο κοντά στην καμπύλη του Shannon, ώστε να έχουμε την μέγιστη φασματική απόδοση και όσο το δυνατόν υψηλότερους ρυθμούς. Στο WiMAX οι δυνατές διαμορφώσεις είναι QPSK, 16QAM, 64QAM. Ενώ όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί με τις κατάλληλες κωδικοποιήσεις φαίνονται στον επόμενο πίνακα, μαζί με τον δυνατό κάθε φορά αριθμό bit/slot σε κάθε μπλοκ, καθώς και την εκάστοτε φασματική απόδοση.

Πίνακας 2.8 Συνδυασμοί διαμορφώσεων με κωδικοποιήσεις

Διαμόρφωση και ρυθμός κωδικοποίησης	Μέγεθος block FEC		Μέγιστη φασματική απόδοση (bps/Hz)
	Bits	Slots	
QPSK R1/2	48	1	1.0
QPSK R3/4	72	1	1.5
16QAM R1/2	96	1	2.0
16QAM R3/4	144	1	3.0
64QAM R1/2	144	1	3.0
64QAM R2/3	192	1	4.0
64QAM R3/4	216	1	4.5

Για το WiMAX μία μετακίνηση της καμπύλης του Shannon κατά 3 db φαίνεται να είναι επιτεύξιμη. Τα παραπάνω φαίνονται στο παρακάτω σχήμα, από όπου μπορούν και να εξαχθούν και τα απαιτούμενα όρια SNR, στα οποία θα γίνεται η αλλαγή σχήματος στην AMC.



Σχήμα 2.22 Φασματική απόδοση στο WiMAX

Στα ασύρματα συστήματα που χρησιμοποιούν προσαρμοστικά σχήματα διαμόρφωσης χρησιμοποιείται ένα πιλοτικό σήμα το οποίο είναι γνωστό στο δέκτη. Γι' αυτό το σκοπό η αποστολή του καταναλώνει χρόνο, ισχύ και συχνότητα τα οποία πρέπει να του παραχωρηθούν από το σύστημα. Αυξάνοντας τους πόρους που παραχωρούμε σε αυτό επιτυγχάνουμε ένα πιο αξιόπιστο σύστημα, όμως χάνουμε σε χωρητικότητα, το οποίο οδηγεί σε ένα ακόμα απαιτούμενο συμβιβασμό. Στην πραγματικότητα είναι αδύνατο να σχεδιάσουμε ένα σύστημα με ακριβή πληροφορία της κατάστασης του καναλιού.

2.5.4 Υβριδικό σχήμα ARQ

Η HARQ είναι μια τεχνική διόρθωσης λαθών η οποία έχει υιοθετηθεί από το WiMAX . Σε αυτή η αποκωδικοποίηση γίνεται σε ενωμένες συνεχόμενες επαναμεταδόσεις, το οποίο οδηγεί στη μείωση της πιθανότητας λάθους αποκωδικοποίησης. Πλέον χρησιμοποιείται η Type II-ARQ.

2.5.5 Υποστήριξη πολλαπλών κεραιών

Η υποστήριξη πολλαπλών κεραιών είναι κομβική για το WiMAX, γεγονός που το καθιστά πλεονεκτικότερο έναντι άλλων τεχνολογιών. Έτσι υπάρχει ένα εξελιγμένο περιβάλλον για τη υποστήριξή τους. Ιδιαίτερα ξεχωριστή είναι η δυνατότητα που παρέχει για χωρική πολυπλεξία, είτε προς έναν είτε προς περισσότερους χρήστες. Το WiMAX επιτρέπει τη χρήση μέχρι τεσσάρων ροών. Οι τεχνικές κλειστού βρόχου που έχουν επικρατήσει είναι οι:

- Ανατροφοδότηση επιλογής κεραίας.
- Ανατροφοδότησης κωδικής λέξης.
- Ανατροφοδότηση κβαντισμένου καναλιού.
- SVD ανά υποφέρουσα.

2.6 Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] Jeffrey G. Andrews, Arunabha Ghosh, Rias Muhamed, *Fundamentals of Understanding Broadband Wireless Networking*, Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series, 2007.
- [2] John Proakis, Masoud Salehi, *Συστήματα Τηλεπικοινωνιών*, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2002.
- [3] Βασδάρης Θωμάς, Τσελίκης Παναγιώτης, *Ασύρματα Ευρυζωνικά Δίκτυα*, Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ, Αθήνα, Σεπτ. 2006
- [4] www.forum.org
- [5] Κανάτας Αθανάσιος, Κωνσταντίνου Φίλιππος, Γεώργιος Πάντος, *Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2008
- [6] Παναγιώτης Γ. Κωττής, Χρήστος Ν. Καψάλης, *Δορυφορικές Επικοινωνίες*, Εκδόσεις Τζιόλα, 2006.
- [7] Θεολόγου Μ. Ε, *Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2007.

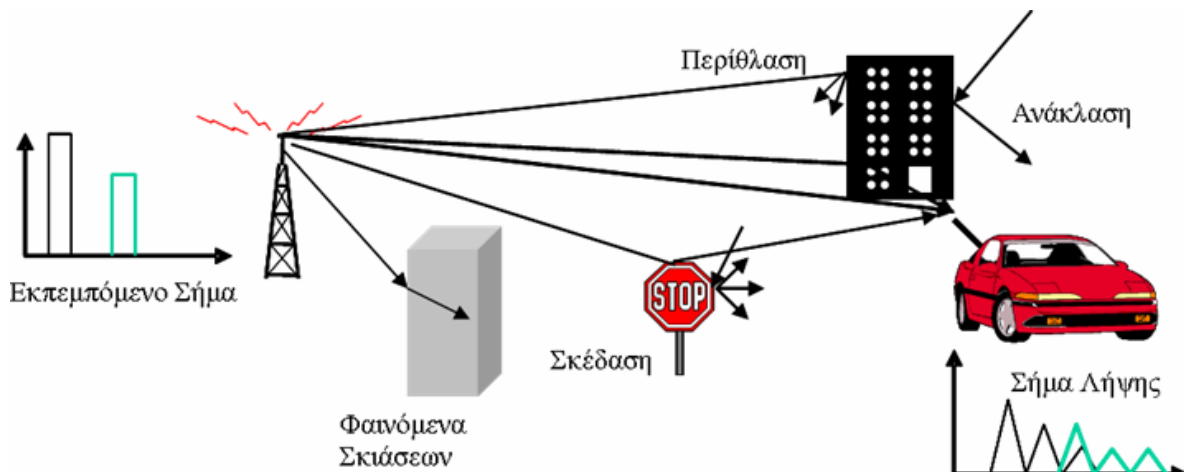
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Μηχανισμοί και Μοντέλα Διάδοσης

3.1 Εισαγωγή

Τα περισσότερα ασύρματα συστήματα πρέπει να διαδώσουν σήματα δια μέσω μη ιδανικών περιβαλλόντων. Τέτοια περιβάλλοντα εμπεριέχουν ένα μεγάλο αριθμό από άγνωστες μεταβλητές. Έτσι, έχει μεγάλη σημασία η ικανότητα να εξακριβώσουμε τις επιδράσεις του περιβάλλοντος στην διάδοση του σήματος [1].

Οι μηχανισμοί διάδοσης εξετάζονται ώστε να βοηθήσουν στην ανάπτυξη των μοντέλων διάδοσης και να επαυξήσουν την κατανόηση των φαινομένων διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που συναντούμε κατά την μελέτη της μετάδοσής τους σε κινητά συστήματα επικοινωνιών. Παρ' όλο που ως αυτοτελή φαινόμενα γενικά έχουν μελετηθεί, η μοντελοποίηση ενός τηλεπικοινωνιακού καναλιού και η πρόβλεψη κάλυψης μιας περιοχής επιβάλλουν τον εντοπισμό εκείνων των μηχανισμών που δεσπόζουν στην εκάστοτε περιοχή. Η επιλογή αυτού εξαρτάται από το ιδιαίτερο περιβάλλον ενώ τα μοντέλα διάδοσης είναι περισσότερο αποδοτικά όταν λαμβάνονται υπ' όψη οι κυρίαρχοι μηχανισμοί διάδοσης [2].



Σχήμα 3.1 Μηχανισμοί διάδοσης ραδιοκυμάτων

Ο σκοπός της μοντελοποίησης της διάδοσης είναι να καθορίσει την πιθανότητα της ικανοποιητικής λειτουργίας του συστήματος. Αν η μοντελοποίηση είναι συντηρητική δαπανώνται περισσότεροι πόροι απ' ότι πρέπει, ενώ μια περισσότερο ελεύθερη σχεδίαση έχει σαν αποτέλεσμα την μη ικανοποιητική λειτουργία του συστήματος. Για μοντέλα ευρέως διαδεδομένα, οργανισμοί όπως η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunications Union-ITU) παρέχουν συστάσεις για την χρησιμοποίηση μοντέλων διάδοσης, που παρ' ότι δεν είναι και τα πλέον κατάλληλα για την κάθε εφαρμογή, η ευρεία αποδοχή τους τα καθιστά σημεία αναφοράς [1].

Υπάρχουν δύο ειδών προσεγγίσεις ως προς την μελέτη των μηχανισμών διάδοσης. Η πρώτη, η πειραματική, η οποία βασίζεται σε επιλεκτικές και πολυπληθής μετρήσεις, μειονεκτεί ως προς την δυσκολία ερμηνείας των αποτελεσμάτων των μετρήσεων και δίδει μια μεικτή εικόνα των εμπλεκόμενων μηχανισμών διάδοσης. Η δεύτερη προσέγγιση, η θεωρητική, αναλύεται περαιτέρω σε δύο υποκατηγορίες, της εξομοίωσης της διάδοσης του κύματος και της θεωρίας των ακτινών (γεωμετρική οπτική). Η εξομοίωση της διάδοσης του κύματος βασίζεται στις εξισώσεις του Maxwell και στις αντίστοιχες οριακές συνθήκες, ενώ η εξακρίβωση των κυρίαρχων φυσικών

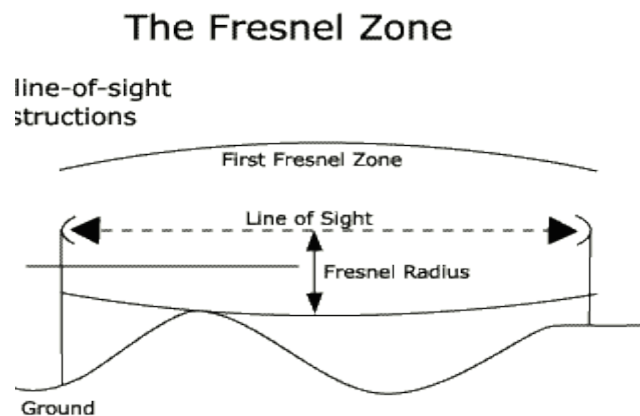
φαινομένων και της συνεισφοράς τους στα αποτελέσματα απαιτεί επιπλέον ανάλυση. Από την άλλη, η θεωρία των ακτινών υποθέτει ότι το διαδιδόμενο κύμα απαρτίζεται από ακτίνες παρόμοιες με τις ακτίνες του φωτός λόγω της μικρής τιμής του μήκους κύματος. Το πλεονέκτημα της θεωρίας των ακτινών είναι η εμφανής διάκριση των μηχανισμών διάδοσης, η σαφήνεια της οποίας εξαρτάται από την συχνότητα και από την ακρίβεια της ανάλυσης των αποτελεσμάτων [2].

3.2 Μηχανισμοί Διάδοσης

Σε ένα σύστημα κινητών επικοινωνιών τα σήματα που καταφθάνουν στον δέκτη υπόκεινται σε διαφορετικούς μηχανισμούς διάδοσης. Αυτοί είναι:

3.2.1 Διάδοση Ελευθέρου Χώρου

Όταν αναφερόμαστε στον ελεύθερο χώρο εννοούμε ένα ιδανικό – ισοτροπικό μέσο χωρίς απώλειες, με γραμμική συμπεριφορά, όπου η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων γίνεται μέσω ομόκεντρων σφαιρικών κυμάτων, ενώ η κατανομή του ηλεκτρικού πεδίου εξαρτάται από την απόσταση και όχι από την κατεύθυνση. Κριτήριο για την ύπαρξη ή όχι συνθηκών διάδοσης ελευθέρου χώρου είναι η καθαρότητα της πρώτης ζώνης Fresnel [7] (Σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.2 Διάδοση ελευθέρου χώρου

3.2.2 Ανάκλαση

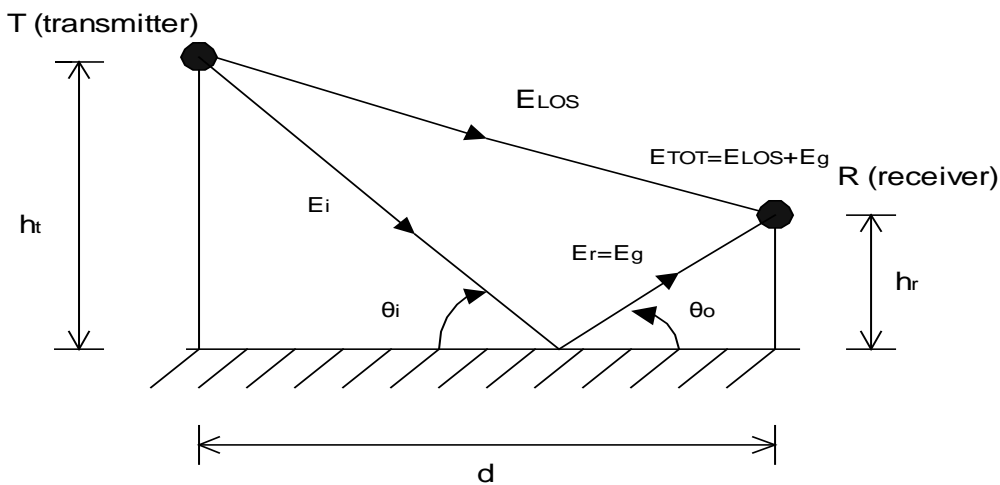
Γενικά, η ανάκλαση (Σχήμα 3.4) λαμβάνει χώρα όταν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα προσκρούσει σε μια λεία επιφάνεια με διαστάσεις πολύ μεγάλες, συγκρινόμενες με το μήκος κύματος του RF σήματος [3]. Ειδικότερα, όταν ισχύει το κριτήριο του Rayleigh δηλαδή $R < 0.1$ με

$$R = \frac{4\pi\sigma\sin\varphi}{\lambda} \quad (\text{Εξίσ. 1})$$

όπου

- σ: η τυπική απόκλιση των ανωμαλιών της διαχωριστικής επιφάνειας με αναφορά στο μέσο ύψος της επιφάνειας
- φ: η γωνία πρόσπτωσης του κύματος
- λ: το μήκος κύματος

η ανάκλαση λέγεται κατευθυνόμενη και η γωνία ανάκλασης θ_r ισούται με την γωνία πρόσπτωσης θ_i , όπως δεικνύεται και στην παρακάτω εικόνα

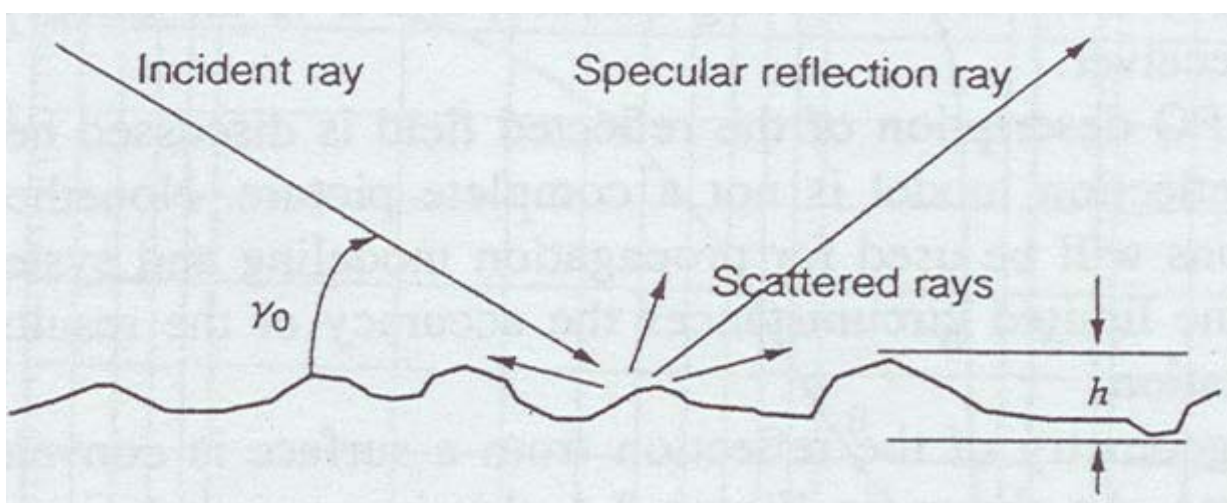


Σχήμα 3.3 Κατευθυνόμενη ανάκλαση

Στην περίπτωση αυτή ο συντελεστής ανάκλασης και κατ' επέκταση το ανακλώμενο κύμα, εξαρτάται από το είδος της πόλωσης του Ηλεκτρομαγνητικού Κύματος (H/M) (κάθετη ή παράλληλη), την συχνότητα f , την γωνία πρόσπτωσης θ_i και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εδάφους, όπως η σχετική του διηλεκτρική σταθερά ϵ_r και η ειδική του αγωγιμότητα κ [4].

3.2.3 Σκέδαση ή διάχυση

Η σκέδαση (Σχήμα 3.4) λαμβάνει χώρα όταν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα προσκρούσει είτε σε μια μεγάλη τραχεία επιφάνεια ή σε επιφάνεια της οποίας οι διαστάσεις είναι της τάξης του μήκους κύματος ή μικρότερες του RF σήματος. Όταν δηλαδή ισχύει $R > 10$ αναφορικά με το προαναφερθέν κριτήριο του Rayleigh, η επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως τραχεία και το ΗΜ κύμα σκεδάζεται. Στην περίπτωση αυτή η ανακλώμενη ενέργεια διασκορπίζεται προς όλες τις κατευθύνσεις. Η επίδραση της σκέδασης στην διάδοση του ΗΜ κύματος υπεισέρχεται στους υπολογισμούς μέσω του συντελεστή σκέδασης ρ_{scat} , που είναι ο λόγος του πεδίου στη σαφώς καθορισμένη κατεύθυνση προς το ανακλώμενο πεδίο στην ίδια κατεύθυνση, για την περίπτωση που η επιφάνεια ήταν λεία. Ουσιαστικά με την ύπαρξη της σκέδασης προκύπτει ένας νέος συντελεστής ανάκλασης R' για τον οποίο ισχύει $R' = R\rho_{scat}$ [3].

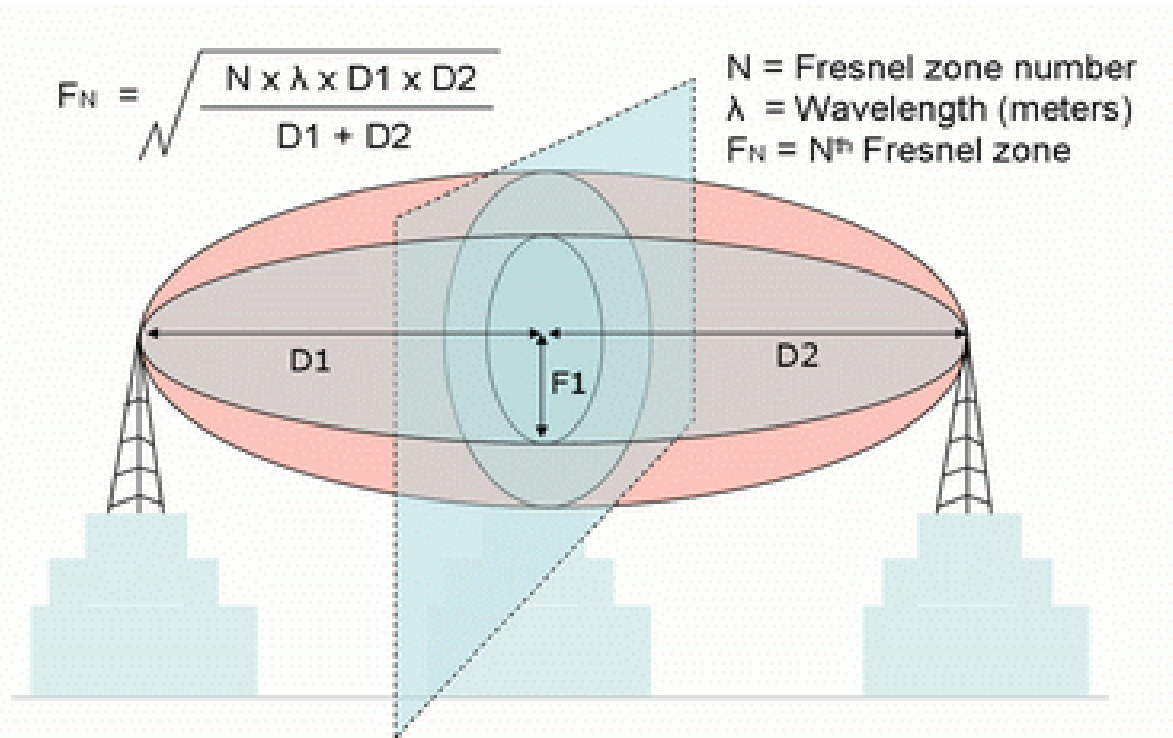


Σχήμα 3.4 Ανάκλαση-Σκέδαση

Έχει αποδειχθεί ότι η σκέδαση είναι ο μηχανισμός διάδοσης που είναι πιο δύσκολο να προβλεφθεί. Έτσι για παράδειγμα στα μικροκυβελωτά συστήματα κινητών επικοινωνιών που λειτουργούν στις αστικές περιοχές, οι θέσεις των λαμπτήρων και των σημάτων οδικής κυκλοφορίας σκεδιάζουν την ενέργεια προς πολλές κατευθύνσεις και παρέχουν συνεπώς ραδιοκάλυψη σε περιοχές που μπορεί να μην λαμβάνουν ενέργεια μέσω ανάκλασης ή περίθλασης [5].

3.2.4 Περίθλαση

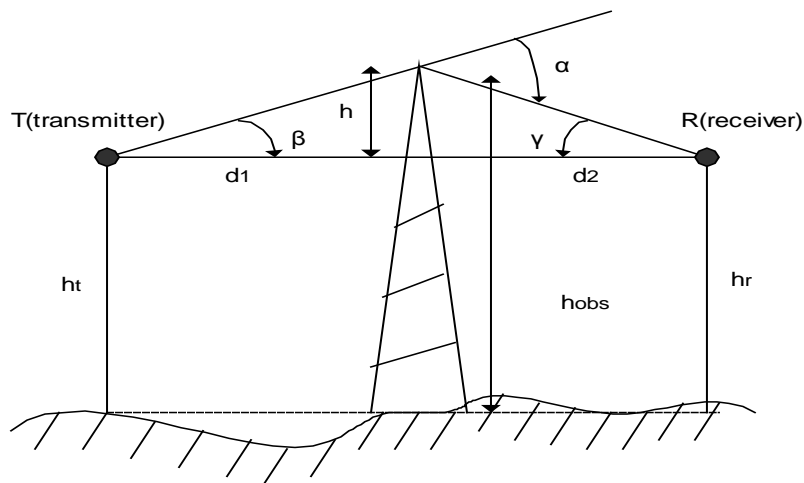
Η περίθλαση (Σχήμα 3.6) λαμβάνει χώρα όταν μεταξύ του πομπού και του δέκτη υπάρχει φυσικό ή τεχνητό εμπόδιο με διαστάσεις μεγάλες, συγκρινόμενες με το μήκος κύματος του RF σήματος. Έτσι προκαλείται η εμφάνιση δευτερευόντων κυμάτων πίσω από το εμπόδιο, σύμφωνα με την αρχή του Huygens. Η περίθλαση είναι ένα φαινόμενο που ερμηνεύει την μεταφορά ΗΜ ενέργειας από τον πομπό στο δέκτη χωρίς την απαραίτητη ύπαρξη απευθείας μονοπατιού μεταξύ τους [3]. Οι ζώνες Fresnel (ελλειψοειδή εκ περιστροφής με εστίες τα κέντρα εκπομπής και λήψης όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα) και η συνακόλουθη θεωρία τους είναι ουσιώδης στην διάδοση των Η/Μ κυμάτων στο χώρο, καθώς καθορίζουν την περιοχή η οποία πρέπει να παραμείνει ελεύθερη χωρίς εμπόδια ώστε να έχουμε ικανοποιητική λήψη στο δέκτη.



Σχήμα 3.5 Ζώνες Fresnel

Ειδικότερα, η πρώτη ζώνη Fresnel καθορίζει ουσιαστικά τις απώλειες λόγω περίθλασης, καθ ότι όταν αυτή διατηρείται ελεύθερη από εμπόδια ή σκεδαστές της Η/Μ ακτινοβολίας, θεωρούμε ότι έχουμε διάδοση ελευθέρου χώρου δηλαδή τα Η/Μ κύματα διαδίδονται μέσω ομόκεντρων σφαιρικών κυμάτων και οι απώλειες περίθλασης είναι μηδενικές. Σε υψηλές συχνότητες το φαινόμενο της περίθλασης, όπως και της ανάκλασης και της διάθλασης, είναι τοπικό και εξαρτάται από:

- Τη γεωμετρία του αντικειμένου της περίθλασης (π.χ σφήνα, ακμή)
- Το πλάτος, τη φάση και την πόλωση του προσπίπτοντος πεδίου στο σημείο της περίθλασης



Σχήμα 3.6 Περίθλαση σε ευθεία ακμή

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τον υπολογισμό των απωλειών περίθλασης από ένα εμπόδιο, ανάλογα αν έχουμε περίθλαση από ευθεία ακμή ή από ευθεία ακμή πάνω από επίπεδο έδαφος ή από στρογγυλεμένο εμπόδιο. Όταν πολλαπλές ευθείες ακμές παρεμβάλλονται μεταξύ πομπού και δέκτη, η επέκταση των αποτελεσμάτων από αυτά της μίας ακμής δεν είναι απλή. Ακολουθούνται διάφορες προσεγγίσεις, οι σημαντικότερες εκ των οποίων είναι:

➤ Προσέγγιση Bullington

Η προσέγγιση αυτή είναι απλή, αφού όλα τα εμπόδια αντικαθίστανται από ένα εικονικό και οι συνολικές απώλειες υπολογίζονται με βάση αυτό. Εν τέλει οι απώλειες υποεκτιμώνται.

➤ Προσέγγιση Epstein – Peterson

Υπολογίζεται η απώλεια που εισάγει το καθένα εμπόδιο σε σχέση με το προηγούμενο και το επόμενο. Οι συνολικές απώλειες προκύπτουν από το άθροισμα των επιμέρους απωλειών. Η μέθοδος αυτή εξάγει ακριβέστερα αποτελέσματα.

➤ Διόρθωση Millington

Η μέθοδος αυτή αποτελεί βελτίωση της παραπάνω μεθόδου και μας δίνει καλύτερα αποτελέσματα όταν τα δύο εμπόδια βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους.

➤ Προσέγγιση Deygout

Εδώ η συνολική διαδρομή διαιρείται σε δύο υποδιαδρομές με βάση το εμπόδιο που εισάγει την μεγαλύτερη εξασθένιση. Οι συνολικές απώλειες προκύπτουν από το άθροισμα των επιμέρους απωλειών της κάθε υποδιαδρομής. Η μέθοδος υπερεκτιμά τις απώλειες σε σχέση με τη διόρθωση του Millington.

➤ Σύσταση P.526 της ITU-R

Αποτελεί τροποποίηση της παραπάνω μεθόδου καθώς λαμβάνει υπόψη της και την ενεργό ακτίνα της Γης [6], [7].

Κάθε ένας από τους παραπάνω μηχανισμούς διάδοσης επηρεάζει δραστικά το σύνολο των διαλείψεων στο δέκτη. Έτσι, η εξασθένιση (διάδοση ελευθέρου χώρου) μαζί με την σκίαση καθορίζουν το επίπεδο των διαλείψεων μεγάλης κλίμακας (large scale fading) ενώ η πολυδιαδρομική διάδοση (λόγω των διαφορετικών μηχανισμών διάδοσης) καθορίζει το επίπεδο των διαλείψεων μικρής κλίμακας (small scale fading).

3.3 Επιπρόσθετα Φαινόμενα Διάδοσης

Το Η/Μ κατά την διάδοσή του υφίσταται και άλλες επιδράσεις που οδηγούν στην μείωση της ενέργειάς του. Οι προκείμενες απώλειες πρέπει να συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς καθιστώντας ένα μοντέλο περισσότερο ακριβές. Τέτοιες επιδράσεις είναι:

3.3.1 Διείσδυση - Απορρόφηση

Όταν ένα Η/Μ κύμα διαπερνά ένα υλικό υφίσταται απορρόφηση, η οποία οδηγεί σε μείωση της ενέργειάς του και επομένως στην μείωση της λαμβανόμενης ισχύος στην πλευρά του δέκτη. Οι απώλειες διείσδυσης θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπ όψη στη διάδοση σε περιβάλλοντα εσωτερικού χώρου και επιμερίζονται στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες [2] - κλιμακούμενες από το μερικό (τοιχοί) στο γενικό (κτίρια):

- Απώλειες τοίχων (εξαρτώμενες από το υλικό κατασκευής, το πάχος του, την πυκνότητά του, την γωνία πρόσπτωσης, την ισχύ πρόσπτωσης, το ύψος, την συνθήκη διάδοσης - LOS ή NLOS - , την συχνότητα f)
- Απώλειες δωματίων (μεγάλο ή μικρό δωμάτιο)
- Απώλειες ορόφων
- Απώλειες κτιρίων

Για παράδειγμα, πειραματικές μετρήσεις έδειξαν ότι όταν ένα Η/Μ ισχύος 1 mW προσπέσει σε μετόν των 305 mm στα 8 GHz χάνει 90 dB [8]. Τέλος, στο φαινόμενο αυτό, αναφέρεται και η σύσταση της ITU-R P.1238 [9].

3.3.2 Κυματοδήγηση

Μια ιδιαίτερη περίπτωση είναι η διάδοση Η/Μ κύματος εντός ενός υπόγειου διαδρόμου (subway) ή ενός τούνελ. Αυτή ακολουθεί διαφορετικούς κανόνες σε σχέση με τα άλλα περιβάλλοντα διάδοσης, εξαιτίας της θεώρησης του τούνελ ως ενός υπερμεγέθους ατελούς κυματοδηγού. Θεωρώντας f , f_c τις συχνότητες λειτουργίας (μέχρι 17 GHz) και αποκοπής του τούνελ αντίστοιχα, αν $f < f_c$ τότε το σήμα υπόκειται σε σημαντικές απώλειες, ενώ εάν $f > f_c$, οι απώλειες είναι μικρότερες από τις απώλειες ελευθέρου χώρου [2],[10].

3.3.3 Ατμοσφαιρικές Κατακρημνίσεις

Τα ρεύματα μετατόπισης που επάγονται στους υδρομετεωρίτες (βροχή, χιόνι, χαλάζι, παγοκρύσταλλοι) κατά την διάδοση ενός Η/Μ κύματος έχουν ως αποτέλεσμα την απορρόφηση ή την σκέδαση της ενέργειάς του. Οι απώλειες ενέργειας που οφείλονται στα προηγούμενα αίτια είναι πολύ σημαντική για $f > 10$ GHz και διακρίνονται σε [11]:

- Απώλειες λόγω βροχόπτωσης

Αυτές κυριαρχούν για $f > 10$ GHz, υπερτερώντας του φαινομένου της πολυδιαδρομικής διάδοσης. Η θέση, το σχήμα, η κατεύθυνση των σταγονιδίων που απαρτίζουν το μέσο της βροχής καθώς και η συχνότητα λειτουργίας, η κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει η περιοχή μελέτης, το είδος της πόλωσης, η απόσταση της ζεύξης και η πυκνότητα της βροχόπτωσης καθορίζουν τελικά τις απώλειες [11].

- Απώλειες λόγω αερίων ατμόσφαιρας

Λόγω της απορρόφησης από το O_2 και το H_2O , το ΗΜ κύμα υφίσταται απώλειες που δίδονται από τον τύπο $A = \gamma_\alpha d$, όπου γ_α είναι ένας συντελεστής που καθορίζεται από την ITU-R 676. Προκύπτει ότι για $f = 5$ GHz , $\gamma_\alpha = 0.06$ dB/km οπότε $A = 0,06 * 3 = 0,18$ dB περίπου [12].

3.3.4 Διάθλαση

Λόγω της μεταβολής του δείκτη διάθλασης n , όπου $n = \sqrt{\epsilon_r}$, με το ύψος πάνω από τη γη, το ΗΜ κύμα έχει μια ελαφριά κλίση προς τα κάτω.

3.3.5 Παγίδευση

Λόγω της μεταβολής του δείκτη διάθλασης με το ύψος πάνω από τη γη (σε ορισμένα όμως ζώνη υψών), το Η/Μ κύμα υφίσταται διαδοχικές ανακλάσεις οπότε παγιδεύεται. Η διάθλαση και η

παγίδευση καθώς και οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις αναφέρονται για λόγους πληρότητας αφού η διάθλαση και η παγίδευση λαμβάνουν χώρα στην τροπόσφαιρα, οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις υπολογίζονται για $f > 10 \text{ GHz}$ και επομένως δεν επιδρούν σε ένα σχεδιαζόμενο σύστημα ραδιοκάλυψης.

3.4 Μοντέλα Διάδοσης

Αφού αναφέρθηκαν οι σημαντικότεροι μηχανισμοί διάδοσης, στην συνέχεια γίνεται μια επισκόπηση των υπάρχοντων μοντέλων διάδοσης, της διάκρισής τους σε διάφορες κατηγορίες, κτλ.

3.4.1 Διάκριση Μοντέλων

Κάθε περιβάλλον διάδοσης διακρίνεται για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, όπως τη διαμόρφωση του εδάφους (πεδιάδες, λόφοι, βουνά), τα ηλεκτρικά του χαρακτηριστικά (ϵ_r , κ), την έκταση και το είδος της κατοικημένης περιοχής (αστικό, ημιαστικό, αγροτικό), το είδος της πολεοδομικής του συγκρότησης (ύψος, θέση, κατασκευαστικά χαρακτηριστικά κτιρίων, πλάτος δρόμων), της γεωγραφικής του θέσης, των κλιματολογικών ιδιαιτεροτήτων του κτλ. Επιπρόσθετα, κάθε εφαρμογή συνοδεύεται επίσης από ένα σύνολο χαρακτηριστικών, όπως η συχνότητα λειτουργίας, ο τύπος των κεραιών, η ακτινοβολούμενη ισχύς κτλ. Γίνεται λοιπόν σαφές, ότι αναλόγως του περιβάλλοντος διάδοσης και της εφαρμογής, καθένας από τους παραπάνω αναλυθέντες μηχανισμούς διάδοσης επηρεάζει ετεροβαρώς την διάδοση κι έτσι θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη με διαφορετικό τρόπο στον υπολογισμό των απωλειών διάδοσης ενός σχεδιαζόμενου συστήματος κινητών επικοινωνιών. Η διάκριση αυτή γίνεται μέσω της επιλογής του κατάλληλου μοντέλου διάδοσης. Μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τα μοντέλα διάδοσης σε:

- Θεωρητικά ή στοχαστικά

Τα μοντέλα αυτά στηρίζονται σε ορισμένες υποθέσεις για το περιβάλλον διάδοσης κι έτσι δεν θεωρούνται κατάλληλα για την σχεδίαση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, γιατί οι παράμετροί τους δεν συσχετίζονται με τους αντίστοιχους φυσικούς που λαμβάνουν χώρα στο εκάστοτε περιβάλλον διάδοσης. Δεν χρησιμοποιούν άμεσες πληροφορίες για αυτό, μπορεί όμως να αποδειχθούν χρήσιμα για την αναλυτική μελέτη της συμπεριφοράς των διαφόρων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων υπο μια ευρεία ποικιλία συνθηκών απόκρισης διαύλου. Είναι γνωστά και ως στοχαστικά γιατί μοντελοποιούν το περιβάλλον ως σειρά τυχαίων μεταβλητών (βασίζονται σε συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας που συνήθως χρησιμοποιούνται στη διάδοση ραδιοκυμάτων, όπως η Rayleigh, η Rician και η Lognormal) [3], [17], [24].

- Ντετερμινιστικά

Τα μοντέλα αυτά βασίζονται στην εφαρμογή γνωστών ηλεκτρομαγνητικών τεχνικών σε οποιοδήποτε περιβάλλον διάδοσης, αρκεί αυτό να περιγράφεται λεπτομερώς. Η περιγραφή των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος διάδοσης προκύπτει συνήθως από μια μεγάλη βάση δεδομένων που περιέχει πληροφορίες για τα κτίρια, το έδαφος, για τις συνθήκες της ατμόσφαιρας, της πυκνότητας βροχής κ.τ.λ. Από τα δεδομένα αυτά προκύπτει κάθε φορά η περιγραφή του σεναρίου διάδοσης με μορφή διακριτών αντικειμένων στα οποία εφαρμόζεται κατάλληλα η ηλεκτρομαγνητική θεωρία. Γενικά τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούν πολύπλοκους αλγορίθμους προσομοίωσης και η περιγραφή του περιβάλλοντος είναι προσεγγιστική. Ωστόσο μπορούν να προσομοιώσουν οποιοδήποτε καλά ορισμένο περιβάλλον ραδιοδιάδοσης, και ειδικά για τα μικροκυβελωτά συστήματα που μας ενδιαφέρουν, τις περισσότερες φορές αποδεικνύεται ικανοποιητική σύγκλιση με τα αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα. Οι κυριότερες θεωρίες που χρησιμοποιούνται στα διάφορα προτεινόμενα αναλυτικά μοντέλα στη διεθνή βιβλιογραφία είναι η Γεωμετρική Οπτική (GO), η Γεωμετρική Θεωρία της Περίθλασης (GTD), η Ομοιόμορφη Θεωρία της Περίθλασης (UTD), η Ασυμπτωτική Θεωρία της Περίθλασης (ATD), η Θεωρία της Φυσικής Οπτικής (PO), η Μέθοδος των Ισοδυνάμων Ρευμάτων (MEC) και η Φυσική Θεωρία της Περίθλασης (PTD) [13], [17], [24].

➤ Εμπειρικά

Τα εμπειρικά μοντέλα περιγράφονται με εξισώσεις που προκύπτουν από τη στατιστική ανάλυση μεγάλου αριθμού μετρήσεων που αφορούν τις απώλειες διάδοσης, την εξάπλωση χρονοκαθυστέρησης κ.λ.π.. Είναι απλά και δεν απαιτούν λεπτομερείς πληροφορίες για το περιβάλλον διάδοσης. Επίσης είναι γρήγορα στην εφαρμογή τους διότι οι υπολογισμοί προκύπτουν συνήθως από κλειστές εκφράσεις. Ωστόσο υστερούν στον ακριβή υπολογισμό των απωλειών διαδρομής και γενικά η ακρίβεια των μοντέλων αυτών εξαρτάται όχι μόνο από την ακρίβεια των μετρήσεων, αλλά κυρίως από την ομοιότητα του προς ανάλυση περιβάλλοντος με το περιβάλλον στο οποίο διεξήχθησαν οι μετρήσεις. Τέτοια μοντέλα είναι το COST 231 – Hata, το Okumura – Hata, το SUI, το μοντέλο Απλής Κλίσης, το Egli κ.τ.λ [3], [13], [17], [24].

Επίσης, μπορούμε να διακρίνουμε τα μοντέλα διάδοσης σε:

➤ Μοντέλα εξωτερικών χώρων

Εξετάζουν τις συνθήκες διάδοσης σε μακροκυψέλες και σε μικροκυψέλες. Μια οριοθέτηση των κυψελών παρουσιάζεται στον πίνακα 3.1 [2]. Τέτοια μοντέλα είναι:

- Μοντέλο Απλής Κλίσης
- Μοντέλο Egli
- Μοντέλο Okumura – Hata
- Μοντέλο COST 231 - Hata
- Μοντέλο COST 231 – Walfisch – Ikegami
- Μοντέλο Weissberger
- Μοντέλο Longley-Rice
- Μοντέλο Young
- Μοντέλο Lee
- Συστάσεις της ITU-R όπως ITU-R P.833.3, ITU-R P.1411.4

Πίνακας 3.1 Καθορισμός τύπων κυψελών με βάση την τελική αναφορά του COST 231

Τύπος Κυψέλης	Τυπική Ακτίνα Κυψέλης (km)	Τυπική Θέση Κεραίας του BS
Μακροκυψέλη (μεγάλη)	1-30	Εξωτερικά, προσαρμοσμένη πάνω από το μέσο ύψος των ταρατσών, ύψος όλων των κτιρίων τριγύρω κάτω από το ύψος της κεραίας του BS
Μακροκυψέλη (μικρή)	0.5-3	Εξωτερικά, προσαρμοσμένη πάνω από το μέσο ύψος των ταρατσών, ύψος ορισμένων κτιρίων τριγύρω πάνω από το ύψος της κεραίας του BS
Μικροκυψέλη	μέχρι 1	Εξωτερικά, προσαρμοσμένη κάτω από το μέσο ύψος των ταρατσών
Πικοκυψέλη	μέχρι 0.5	Εσωτερικά και εξωτερικά, (προσαρμοσμένη κάτω από το μέσο ύψος των ταρατσών)

➤ Μοντέλα Εσωτερικών Χώρων

Μοντελοποιούν τις συνθήκες – πιο εχθρικές απ ότι σε εξωτερικά περιβάλλοντα - διάδοσης σε εσωτερικά κτίρια, όπου στις περισσότερες περιπτώσεις δεν υπάρχει LOS διάδοση. Τέτοια μοντέλα είναι:

- ❖ Μοντέλο Απλής Κλίσης
- ❖ Μοντέλο Keenan – Motley
- ❖ Μοντέλο COST 231 – MWM (Πολλαπλών Τοίχων)
- ❖ Απλό Γραμμικό Μοντέλο

Μπορούμε να σημειώσουμε ότι:

α. Στις μακροκυψέλες κυριαρχεί η περίθλαση από τα κτίρια ενώ ο υπολογισμός και η προσθήκη των επιδράσεων της σκέδασης και της ανάκλασης από τα κτίρια, τους λόφους, τα βουνά, βελτιώνουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

β. Στις μικροκυψέλες κυριαρχεί η ανάκλαση και η περίθλαση ενώ θα πρέπει να εξετάζεται και η επίδραση της σκέδασης από τα κτίρια.

γ. Στον εσωτερικό χώρο (indoor) κυριαρχεί η ανάκλαση και η απορρόφηση.

3.4.2 Ανάλυση Μοντέλων

Στην συνέχεια θα αναπτύξουμε περιληπτικά τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα μοντέλα που σχετίζονται με την εφαρμογή μας.

3.4.2.1 Μοντέλο Okumura – Hata

Το εμπειρικό αυτό μοντέλο προήλθε από μετρήσεις του Okumura (1968 – Τόκυο) [14] για να τροποποιηθεί από τον Hata [15]. Παρ' όλες τις απλουστεύσεις που εισήγαγε στο αρχικό μοντέλο, αυτό εξακολουθεί να εφαρμόζεται ευρέως για τον υπολογισμό της μέσης τιμής των απωλειών ισχύος σε μακροκυψελωτά συστήματα. Το μοντέλο δίδει αξιόπιστα αποτελέσματα για το ακόλουθο εύρος παραμέτρων:

$$\text{Συχνότητα λειτουργίας : } 150 \leq f_c \leq 1500 \text{ (MHz)} \quad (\text{Εξίσ. 2})$$

$$\text{Απόσταση : } 1 \leq d \leq 20 \text{ (km)} \quad (\text{Εξίσ. 3})$$

$$\text{Ύψος σταθμού βάσης : } 30 \leq h_{BS} \leq 200 \text{ (m)} \quad (\text{Εξίσ. 4})$$

$$\text{Ύψος κινητού δέκτη : } 1 \leq h_{MS} \leq 30 \text{ (m)} \quad (\text{Εξίσ. 5})$$

Η μέση τιμή των απωλειών ισχύος ανάλογα με το περιβάλλον διάδοσης είναι:

Αστικό Περιβάλλον Διάδοσης:

$$L_{50} \text{ (dB)} = 69.55 + 26.16 \log_{10} f_c - 13.82 \log_{10} h_{BS} + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_{BS}) \log_{10} d - \alpha (h_{MS}) \quad (\text{Εξίσ. 6})$$

όπου

❖ για μεγάλες πόλεις

$$\alpha (h_{MS}) = 8.29 [\log_{10} [1.54 f_c]]^2 - 0.8, \quad \text{όταν } f_c \leq 300 \text{ (MHz)} \quad (\text{Εξίσ. 7})$$

ή

$$\alpha (h_{MS}) = 3.20 [\log_{10} [11.75 f_c]]^2 - 4.97, \quad \text{όταν } f_c \geq 300 \text{ (MHz)} \quad (\text{Εξίσ. 8})$$

❖ και για μικρές ή μεσαίου μεγέθους πόλεις

$$\alpha (h_{MS}) = (1.1 \log_{10} f_c - 0.7) h_{MS} - (1.56 \log_{10} f_c - 0.8) \quad (\text{Εξίσ. 9})$$

Προαστικό Περιβάλλον Διάδοσης:

$$L_{50} \text{ (dB)} = L_{50} \text{ (urban)} - 2 [\log_{10} \frac{f_c}{28}]^2 - 5.4 \quad (\text{Εξίσ. 10})$$

Αγροτικό Περιβάλλον Διάδοσης:

$$L_{50} (dB) = L_{50} (urban) - 4.78 \log_{10} [f_c]^2 + 18.33 \log_{10} f_c - 40.94 \quad (\text{Εξίσ. 11})$$

Μια γενίκευση του μοντέλου για τον υπολογισμό της μέσης τιμής των απωλειών ισχύος σε αστικό περιβάλλον μικρής πόλης είναι:

$$L_{50} (dB) = L_{50} (urban) + \text{Απώλειες Συγκεκριμένου clutter} [6], [16] \quad (\text{Εξίσ. 12})$$

3.4.2.2 Μοντέλο COST 231 – Hata

Το μοντέλο αυτό αποτελεί εξέλιξη του μοντέλου Okumura – Hata καθ' όσον ισχύει πλέον για συχνότητες μέχρι και **2000 MHz** και για ευρωπαϊκά αστικά περιβάλλοντα. Τροποποιήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Συνεργασίας στον τομέα της Επιστημονικής και Τεχνικής Έρευνας (Cooperative for Scientific and Technical-COST) [2]. Εφαρμόζεται για τον υπολογισμό της μέσης τιμής των απωλειών ισχύος σε μακροκυψελωτά συστήματα και μόνο. Το μοντέλο δίδει αξιόπιστα αποτελέσματα για το ακόλουθο εύρος παραμέτρων:

$$\text{Συχνότητα λειτουργίας : } 150 \leq f_c \leq 2000 \text{ (MHz)} \quad (\text{Εξίσ. 13})$$

$$\text{Απόσταση : } 1 \leq d \leq 20 \text{ (km)} \quad (\text{Εξίσ. 14})$$

$$\text{Ύψος σταθμού βάσης : } 30 \leq h_{BS} \leq 200 \text{ (m)} \quad (\text{Εξίσ. 15})$$

$$\text{Ύψος κινητού δέκτη : } 1 \leq h_{MS} \leq 10 \text{ (m)} \quad (\text{Εξίσ. 16})$$

Η μέση τιμή των απωλειών ισχύος είναι:

$$L_{50} (dB) = 46.3 + 33.9 \log_{10} f_c - 13.82 \log_{10} h_{BS} + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_{BS}) \log_{10} d - \alpha (h_{MS}) - C \quad (\text{Εξίσ. 17})$$

όπου για αστικό περιβάλλον $C = 3 \text{ dB}$ ενώ για προαστιακό $C = 0 \text{ dB}$. Επίσης

$$\alpha (h_{MS}) = (1.1 \log_{10} f_c - 0.7) h_{MS} - (1.56 \log_{10} f_c - 0.8) \quad (\text{Εξίσ. 18})$$

Μια γενίκευση του μοντέλου για τον υπολογισμό της μέσης τιμής των απωλειών ισχύος συμπεριλαμβάνοντας και το περιθώριο διάλειτουργίας σύμφωνα με την σύσταση του Forum είναι:

$$L = L_{50} (dB) + 10 \text{ dB} \quad [6], [16]. \quad (\text{Εξίσ. 19})$$

3.4.2.3 Μοντέλο ERCEG

Το μοντέλο αυτό βασίστηκε σε πειραματικά δεδομένα από μετρήσεις που έγιναν στην Αμερική από την AT&T Wireless Services στην συχνότητα των **1900 MHz**, σε 95 μακροκυψέλες [18]. Ενδείκνυται για σταθερή ασύρματη πρόσβαση με την κεραία του MS στην οροφή του κτιρίου ενώ διακρίνουμε τρεις κατηγορίες περιβαλλόντων διάδοσης:

α. Κατηγορία Α

Λοφώδεις περιοχές με μέτρια έως μεγάλη πυκνότητα δένδρων (μεγάλες απώλειες ισχύος).

β. Κατηγορία Β

Λοφώδεις περιοχές μικρής πυκνότητας δένδρων ή επίπεδα εδάφη, μέτριας έως μεγάλης πυκνότητας δένδρων (μέσες απώλειες ισχύος)

γ. Κατηγορία C

Επίπεδα εδάφη με μικρή πυκνότητα δένδρων (μικρές απώλειες ισχύος).

Η μέση τιμή των απωλειών διάδοσης και για τις τρεις κατηγορίες είναι:

$$L(dB) = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d_0}{\lambda} \right) + 10\gamma \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + s, \text{ με } d > d_0$$

$$\text{και } \gamma = \alpha - bh_{BS} + \frac{c}{h_{BS}} \quad (\text{Εξίσ. 20})$$

όπου

λ : Μήκος κύματος σε m

d : Απόσταση BS-MS σε m

h_{BS} : Ύψος σταθμού βάσης σε m ($10 \leq h_{BS} \leq 80$)

d_0 : Απόσταση από Σημείο Αναφοράς (συνήθως $d_0 = 100 m$)

s : παράμετρος που αντιπροσωπεύει το φαινόμενο της σκίασης και ακολουθεί μια λογαριθμική – κανονική κατανομή με τυπική απόκλιση από 8.2 dB έως 10.6 dB.

α, b και c : παράμετροι ξεχωριστή για κάθε μια από τις τρεις κατηγορίες

Πίνακας 3.2 Παράμετροι μοντέλου Erceg

Παράμετρος	Κατηγορία A	Κατηγορία B	Κατηγορία C
α	4.6	4.0	3.6
b	0.0075	0.0065	0.005
c	12.6	17.1	20

Το μοντέλο δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα για το ακόλουθο εύρος παραμέτρων:

Συχνότητα λειτουργίας : $f_c \cong 2000$ (MHz) (Εξίσ. 21)

Ύψος κινητού δέκτη : $h_{MS} \cong 2$ (m) (Εξίσ. 22)

Ωστόσο, ο Molisch το 2005 [19], [22] πρότεινε τους παρακάτω διορθωτικούς παράγοντες για τη συχνότητα λειτουργίας και για το ύψος της κεραίας του χρήστη:

$$L_{modified}(dB) = L(dB) + \Delta L_f + \Delta L_h \quad (\text{Εξίσ. 23})$$

όπου

$$\Delta L_f = 6 \log_{10} \frac{f_c}{2000}, \quad (\text{Εξίσ. 24})$$

$$\Delta L_h = -10.8 \log_{10} \frac{h_{MS}}{2} \text{ (Κατηγορία A,B) και} \quad (\text{Εξίσ. 25})$$

$$\Delta L_h = -20 \log_{10} \frac{h_{MS}}{2} \text{ (Κατηγορία C). [16], [20]} \quad (\text{Εξίσ. 26})$$

3.4.2.4 Μοντέλο 802.16d

Πρόκειται απλώς για μια εξέλιξη του προηγούμενου μοντέλου, όπως αυτό είχε συμπληρωθεί από τον Molisch. Ουσιαστικά θεωρεί τις ίδιες κατηγορίες περιβαλλόντων διάδοσης ενώ οι διορθωτικοί παράγοντες για τη συχνότητα λειτουργίας, για το ύψος της κεραίας του χρήστη και για την σκίαση, συγκεντρωτικά μαζί με το μοντέλο είναι:

$$L_{modified}(dB) = L(dB) + \Delta L_f + \Delta L_h \quad (\text{Εξίσ. 27})$$

όπου

$$L(dB) = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d_0}{\lambda} \right) + 10\gamma \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + s, \text{ με } d > d_0$$

$$\text{και } \gamma = \alpha - bh_{BS} + \frac{c}{h_{BS}} \quad (\text{Εξίσ. 28})$$

$$\Delta L_f = 6 \log_{10} \frac{f_c}{2000}, \quad (\text{Εξίσ. 29})$$

$$\Delta L_h = -10.8 \log_{10} \frac{h_{MS}}{2} \quad (\text{Κατηγορία A,B}) \quad (\text{Εξίσ. 30})$$

$$\Delta L_h = -20 \log_{10} \frac{h_{MS}}{2} \quad (\text{Κατηγορία C}) \quad (\text{Εξίσ. 31})$$

$$s = 0.65 [\log_{10} f_c]^2 - 1.3 \log_{10} f_c + A \quad (\text{Εξίσ. 32})$$

με

$$A = 5.2 \text{ dB (urban)} \quad \text{ή} \quad A = 6.6 \text{ dB (suburban)} \quad [21] \quad (\text{Εξίσ. 33})$$

Σημειώνεται ότι το μοντέλο ισχύει για:

$$\text{Ύψος σταθμού βάσης : } 10 \leq h_{BS} \leq 80 \text{ (m)} \quad (\text{Εξίσ. 34})$$

$$\text{Απόσταση : } 0.1 \leq d \leq 8 \text{ (km)} \quad (\text{Εξίσ. 35})$$

Για αποστάσεις $d \leq 0.1$, δηλαδή μικρότερες από την απόσταση αναφοράς, ο υπολογισμός των απωλειών γίνεται με βάση το μοντέλο ελευθέρου χώρου, όπου ισχύει:

$$L(dB) = 32.45 + 20 \log_{10} f + 20 \log_{10} d \quad (\text{Εξίσ. 36})$$

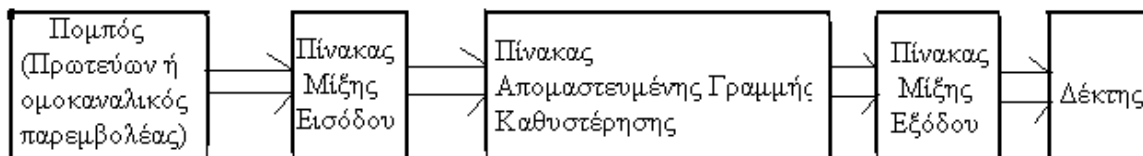
3.4.2.5 Μοντέλα SUI

Ουσιαστικά είναι ένα σύνολο 6 μοντέλων βασισμένα και αυτά στις μετρήσεις του Erceg, όπως περιγράφηκαν στο αντίστοιχο μοντέλο. Αναφέρεται στις τρεις κατηγορίες περιβαλλόντων διάδοσης (A, B και C), συνδυάζοντας διάφορες συνθήκες διάδοσης αναφορικά με την εξάπλωση χρονοκαθυστέρησης, την εξάπλωση Doppler και την LOS/NLOS διάδοση, πάντα όμως στο Αμερικανικό περιβάλλον, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.3 Τύπος εδάφους και Doppler για τα μοντέλα SUI

Είδος Καναλιού	Τύπος Εδάφους	Διασπορά Doppler	Διασπορά	LOS
SUI -1	C	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλό
SUI -2	C	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλό
SUI -3	B	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλό
SUI -4	B	Υψηλή	-	Χαμηλό
SUI -5	A	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλό
SUI -6	A	Υψηλή	Υψηλή	Χαμηλό

Μια γενική δομή των μοντέλων αυτών αποτελείται από τα παρακάτω επίπεδα:



όπου

α. Επίπεδο Πίνακα Μίξης Εισόδου

Μοντελοποιεί την συσχέτιση μεταξύ των εισερχομένων σημάτων όταν χρησιμοποιούμε τεχνολογία πολλαπλών κεραιών (MIMO) στον πομπό.

β. Επίπεδο Πίνακα Απομαστευμένης Γραμμής Καθυστέρησης

Μοντελοποιεί το φαινόμενο της διάλειψης λόγω πολυδιαδρομικής διάδοσης του εκάστοτε περιβάλλοντος. Ανάλογα με το αν υπάρχει ή όχι LOS συνιστώσα, καθορίζεται και ο K -παράγοντας (για $K=0$ η πολυδιαδρομική διάδοση ακολουθεί Rayleigh κατανομή ενώ διαφορετικά ακολουθεί την κατανομή Ricean), ο οποίος μαζί με την αντίστοιχη διασπορά Doppler καθορίζουν και το κέρδος του καναλιού.

γ. Επίπεδο Πίνακα Μίξης Εξόδου

Μοντελοποιεί την συσχέτιση μεταξύ των εξερχομένων σημάτων όταν χρησιμοποιούμε τεχνολογία πολλαπλών κεραιών (MIMO) στον δέκτη.

Στη συνέχεια βασιζόμενοι πάνω σε αυτή τη γενική δομή των μοντέλων και υιοθετώντας ένα σενάριο διάδοσης καθορίζεται το σύνολο των 6 μοντέλων, όπως αυτά περιγράφονται στο [20] και τα οποία θεωρούνται ότι είναι αντιπροσωπευτικά των πραγματικών καναλιών [22].

3.4.2.6 Μοντέλο COST 231-Walfish-Ikegami

Το μοντέλο αυτό είναι ένα ημιντετερμινιστικό μοντέλο και όχι ντετερμινιστικό γιατί δεν περιλαμβάνει ακριβή τοπογραφική βάση δεδομένων των κτιρίων. Βασίζεται στα μοντέλα Ikegami και Walfisch-Bertoni και ενσωματώνει διορθωτικούς συντελεστές από πειραματικά δεδομένα με σκοπό να περιγράψει καλύτερα το περιβάλλον διάδοσης ευρωπαϊκών πόλεων. Εφαρμόζεται σε μικρο – μακροκυψέλες, σε πυκνά δομημένες πόλεις με επίπεδο έδαφος. Το μέσο σφάλμα του κυμαίνεται στα ± 3 dB με απόκλιση 4-8 dB. Πάντως τα αποτελέσματα είναι περισσότερο αξιόπιστα όταν $h_{BS} \geq h_{roof}$ και λιγότερο αξιόπιστα όταν μειώνεται η ακτίνα της κυψέλης [6], [2].

Λαμβάνονται υπόψη τέσσερις παράγοντες:

- Τα ύψη των κτιρίων (h_{roof})
- Τα πλάτη των δρόμων (w)
- Η απόσταση μεταξύ των κτιρίων (b)
- Η κατεύθυνση των κτιρίων αναφορικά με την απευθείας συνιστώσα που συνδέει τον

πομπό με τον δέκτη (φ)

Το μοντέλο δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα για το ακόλουθο εύρος των παραμέτρων:

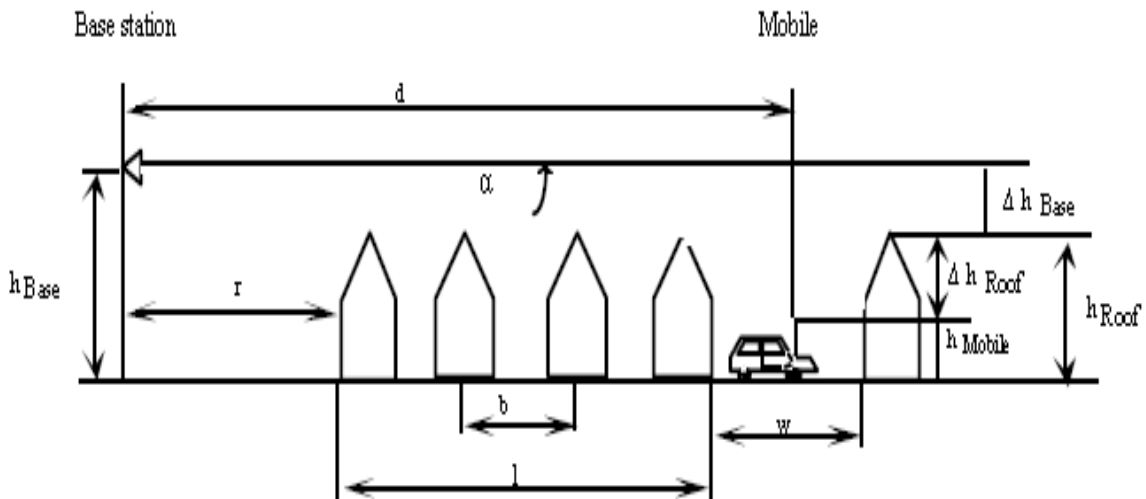
Συχνότητα λειτουργίας : $800 \leq f_c \leq 2000$ (MHz) (Εξίσ. 37)

Απόσταση : $0.02 \leq d \leq 5$ (km) (Εξίσ. 38)

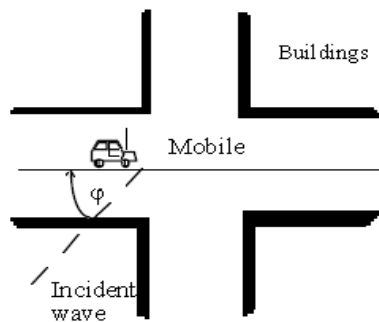
Ύψος σταθμού βάσης : $4 \leq h_{BS} \leq 50$ (m) (Εξίσ. 39)

Ύψος κινητού δέκτη : $1 \leq h_{MS} \leq 3$ (m) (Εξίσ. 40)

Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται σχηματικά οι παράμετροι του υπόψη μοντέλου:



Σχήμα 3.7α Ορισμός των παραμέτρων ($h_{roof} - w - b$) του μοντέλου COST 231-Walfish-Ikegami



Σχήμα 3.7β Ορισμός της κατεύθυνσης των κτιρίων (φ) του μοντέλου COST 231-Walfish-Ikegami

Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

➤ Διάδοση LOS:

$$L_{LOS} (dB) = 42.6 + 26 \log_{10} d + 20 \log_{10} f_c, \quad \text{με } d \geq 20 (m) \quad (\text{Εξίσ. 41})$$

➤ Διάδοση NLOS:

$$L_{NLOS} (dB) = L_{FS} + L_{rts} + L_{msd}, \quad \text{όταν } L_{rts} + L_{msd} \geq 0 \quad (\text{Εξίσ. 42})$$

και

$$L_{NLOS} (dB) = L_{FS} \quad \text{όταν } L_{rts} + L_{msd} \leq 0 \quad (\text{Εξίσ. 43})$$

όπου

$$\alpha. L_{FS} (dB) = 32.45 + 20 \log_{10} d + 20 \log_{10} f_c \quad (\text{Εξίσ. 44})$$

β. L_{msd} : απώλειες λόγω περιθλάσεων από πολλαπλά εμπόδια (Walfisch-Bertoni)

$$L_{msd} = L_{bs\bar{h}} + k_\alpha + k_d \log_{10} d + k_f \log_{10} f - 9 \log_{10} b, \quad (\text{Εξίσ. 45})$$

Με

$$L_{bs\bar{h}} = -18 \log_{10} [1 + (h_{BS} - h_{roof})], \quad \text{όταν } h_{BS} \geq h_{roof} \quad (\text{Εξίσ. 46})$$

$$L_{bsh} = 0, \quad \text{όταν } h_{BS} \leq h_{roof} \quad (\text{Εξίσ. 47})$$

$$k_{\alpha} = 54, \quad \text{όταν } h_{BS} \geq h_{roof} \quad (\text{Εξίσ. 48})$$

$$k_{\alpha} = 54 - 0.8(h_{BS} - h_{roof}), \quad \text{όταν } h_{BS} \leq h_{roof}$$

$$\text{και } d \geq 0.5km \quad (\text{Εξίσ. 49})$$

$$k_{\alpha} = 54 - 0.8(h_{BS} - h_{roof}) \frac{d}{0.5}, \quad \text{όταν } h_{BS} \leq h_{roof}$$

$$\text{και } d < 0.5km \quad (\text{Εξίσ. 50})$$

$$k_{\alpha} = 18 \quad \text{όταν } h_{BS} > h_{roof} \quad (\text{Εξίσ. 51})$$

$$k_{\alpha} = 18 - 15 \frac{(h_{BS} - h_{roof})}{h_{roof}}, \quad \text{όταν } h_{BS} \leq h_{roof} \quad (\text{Εξίσ. 52})$$

$$k_f = -4 + 0.7 \left(\frac{f}{925} - 1 \right), \quad \text{για μικρές πόλεις ή προαστιακές περιοχές} \quad (\text{Εξίσ. 53})$$

με $f(\text{MHz})$

$$k_f = -4 + 1.5 \left(\frac{f}{925} - 1 \right), \quad \text{για μητροπολιτικά κέντρα} \quad (\text{Εξίσ. 54})$$

γ. L_{rts} : απώλειες λόγω περίθλασης στις οροφές των κτιρίων και σκέδασης του σήματος και

$$L_{rts} = -8.2 - 10 \log_{10} w + 10 \log_{10} f + 20 \log_{10} (h_{roof} - h_{MS}) + L_{ori} \quad (\text{Εξίσ. 55})$$

με

$$L_{ori} = -10 + 0.354\varphi \quad \text{όταν } 0 \leq \varphi \leq 35 \quad (\text{Εξίσ. 56})$$

$$L_{ori} = 2.5 + 0.5(\varphi - 35) \quad \text{όταν } 35 \leq \varphi \leq 55 \quad (\text{Εξίσ. 57})$$

$$L_{ori} = 4 - 0.114(\varphi - 55) \quad \text{όταν } 55 \leq \varphi \leq 90 \quad (\text{Εξίσ. 58})$$

Εάν οι παράμετροι δεν είναι γνωστοί μπορούμε να θέσουμε:

$$h_{BS} = 3m * (\text{αριθμός ορόφων}) + \text{ύψος στέγης κτιρίων} \quad (\text{Εξίσ. 59})$$

με $\text{ύψος στέγης κτιρίων} = 0m \text{ ή } 3m \text{ (για επίπεδη ή όχι αντίστοιχα στέγη)}$

$$b = 20 \sim 50m \quad (\text{Εξίσ. 60})$$

$$w = \frac{b}{2} \quad (\text{Εξίσ. 61})$$

$$\varphi = 90 \quad (\text{Εξίσ. 62}) [2], [6], [17]$$

3.4.2.7 Μοντέλο ITU – R P.1411-4

Το μοντέλο αυτό εφαρμόζεται για το σχεδιασμό μικρού εύρους τηλεπικοινωνιακών συστημάτων εξωτερικών χώρων και τοπικών δικτύων, στο εύρος συχνοτήτων 300 MHz - 100 GHz, σε ακτίνας 1

km, όπου κυριαρχεί η επίδραση των κτιρίων παρά η διαμόρφωση του εδάφους. Για το σκοπό αυτό διακρίνει τέσσερα είδη περιβαλλόντων διάδοσης, όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.4 Περιγραφή και εξασθενήσεις της διάδοσης ανάλογα με τον τύπο του περιβάλλοντος

Τύπος Περιβάλλοντος	Περιγραφή και Εξασθενήσεις Διάδοσης
Αστικό Υψηλής Κίνησης ('urban high – rise')	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγάλοι στενοί οδοί με ψηλά κτίρια πολλών ορόφων • Το ύψος των κτιρίων δημιουργεί συνεισφορές περίθλασης απο τις κορυφές τους • Οι συστοιχίες των ψηλών κτιρίων προκαλούν σημαντικές απώλειες διαδρομών • Ο μεγάλος αριθμός των κινούμενων οχημάτων έχει ως αποτέλεσμα να συμπεριφέρονται ως ανακλαστές που προσθέτουν ανακλώμενα κύματα με ολίσθηση Doppler
Αστικό/Ημιαστικό Χαμηλής Κίνησης ('urban/suburban low – rise')	<ul style="list-style-type: none"> • Χαρακτηρίζονται από πλατύς δρόμους • Το ύψος των κτιρίων είναι γενικά χαμηλό, συνήθως τριώροφα κτίρια, και το φαινόμενο των περιθλάσεων απο τις οροφές είναι έντονο • Ανακλάσεις και σκιάσεις απο κινούμενα οχήματα μερικές φορές μπορεί να συμβούν • Τα κυρίαρχα φαινόμενα είναι οι εξασθενήσεις διαδρομής και λιγότερο οι μικρές ολισθήσεις Doppler
Αραιοκατοικημένο – Ανοικτή Περιοχή ('residential')	<ul style="list-style-type: none"> • Μονώροφα και διώροφα κτίρια • Δρόμοι δύο κατευθύνσεων με αυτοκίνητα παρκαρισμένα κατα μήκος τους • Χαμηλή κίνηση οχημάτων
Υπαίθριο ('rural')	<ul style="list-style-type: none"> • Μικρά κτίρια με μεγάλους κήπους • Επηρεασμός της διάδοσης απο το ύψος του εδάφους • Η κίνηση των οχημάτων είναι μερικές φορές υψηλή

και στο κάθε ένα από αυτά αντιστοιχούν δύο είδη χρηστών, όπως παρακάτω:

Πίνακας 3.5 Τυπικές ταχύτητες κινούμενων χρηστών ανάλογα με τον τύπο του περιβάλλοντος

Τύπος Περιβάλλοντος	Ταχύτητα Πεζών Χρηστών (m/s)	Ταχύτητα Χρηστών με Όχημα
Αστικό Υψηλής Κίνησης ('urban high – rise')	1.5	Τυπική ταχύτητα σε κέντρο πόλης 50 km/h
Αστικό/Ημιαστικό Χαμηλής Κίνησης ('urban/suburban low – rise')	1.5	Περίπου 50 km/h
Αραιοκατοικημένο – Ανοικτή Περιοχή ('residential')	1.5	Περίπου 40 km/h
Υπαίθριο ('rural')	1.5	80 – 100 km/h

Επιπρόσθετα διακρίνει την διάδοση σε LOS/NLOS και περαιτέρω σε διάδοση σε αστικό ή σε προαστιακό περιβάλλον. Το μοντέλο για διάδοση NLOS σε αστικό περιβάλλον είναι το

προαναφερθέν μοντέλο COST 231-Walfish-Ikegami. Για προαστιακό περιβάλλον το μοντέλο δίδει αξιόπιστα αποτελέσματα για το ακόλουθο εύρος των παραμέτρων, όπως αυτοί παρουσιάζονται στην εικόνα 3.8:[23]

Συχνότητα λειτουργίας : $800 \leq f_c \leq 20000$ (MHz) (Εξίσ.63)

Απόσταση : $0.01 \leq d \leq 5$ (km) (Εξίσ.64)

Ύψος σταθμού βάσης : $1 \leq \Delta h_{BS} \leq 100$ (m) (Εξίσ.65)

Ύψος κινητού δέκτη : $4 \leq \Delta h_{MS} \leq 10$ (m) (Εξίσ.66)

Πλάτος των δρόμων: $10 \leq w \leq 25$ (m) (Εξίσ.67)

❖ $L_{NLOS} (dB) = 20 \log_{10} \frac{4\pi d}{\lambda}$ όταν $d < d_o$ (m) (Εξίσ.68)

❖ $L_{NLOS} (dB) = L_{0n}$ όταν $d_o < d < d_n$ (m) (Εξίσ.69)

❖ $L_{NLOS} (dB) = 32.1 \log_{10} \left(\frac{d}{d_n}\right) + L_{dn}$ όταν $d > d_n$ (m) (Εξίσ.70)

με $n = 2$ όταν $800 \leq f_c \leq 5000$ (MHz) (Εξίσ.71)

με $n = 3$ όταν $5000 \leq f_c \leq 20000$ (MHz) (Εξίσ.72)

$L_{0n} = L_{d_k} + \frac{L_{d_{k+1}} - L_{d_k}}{d_{k+1} - d_k} (d - d_k)$ όταν $d_k < d \leq d_{k+1}$ (Εξίσ.73)

με $d_k = \frac{1}{\sin \varphi} \sqrt{B_k^2 + (h_{BS} - h_{MS})^2}$ (Εξίσ.74)

$L_{d_k} = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d_\varphi}{0.4^k \lambda}\right)$ (Εξίσ.75)

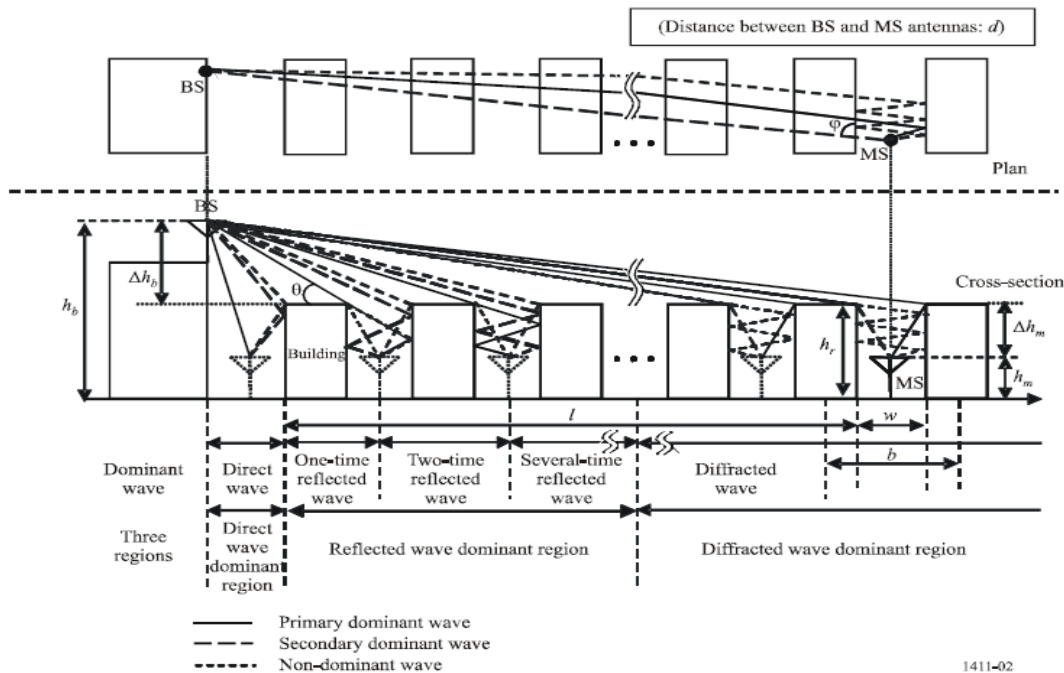
$d_\varphi = \frac{1}{\sin \varphi} \sqrt{A_k^2 + (h_{BS} - h_{MS})^2}$ (Εξίσ.76)

$A_k = \frac{w(h_{BS} - h_{MS})(2k+1)}{2(h_r - h_{MS})}$ (Εξίσ.77)

$B_k = \frac{w(h_{BS} - h_{MS})(2k+1)}{2(h_r - h_{MS})} - kw$ (Εξίσ.78)

$\varphi_k = \tan^{-1} \left(\frac{B_k}{A_k} \tan \varphi\right)$ (Εξίσ.79)

Definition of parameters for the NLoSI case



Σχήμα 3.8 Ορισμός των παραμέτρων του μοντέλου ITU – R P.1411-4

3.4.2.8 Μοντέλο ITU – R P.525/526

Το μοντέλο αυτό είναι αναλυτικό και απαιτεί την ύπαρξη Ψηφιακών Χαρτογραφικών Δεδομένων για την εφαρμογή του. Η συμπερίληψή του στο Κεφάλαιο αυτό έγινε για λόγους πληρότητας, καθώς υποστηρίζεται από το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για τις προσομοιώσεις και είναι αυτό που θα χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη της ραδιοκάλυψης της περιοχής του Αμαρουσίου. Αυτό βασίζεται στις συστάσεις της ITU-R 525-2 [29] (Υπολογισμός των απωλειών ελευθέρου χώρου) και ITU-R 516-7 [30] (Διάδοση με περίθλαση). Σύμφωνα με την ITU-R 525-2, ο υπολογισμός των απωλειών ελευθέρου χώρου εξαρτάται από το είδος της υπηρεσίας που προσφέρεται και είναι δυνατόν να υπολογιστεί με δύο διαφορετικούς τρόπους.

➤ Για υπηρεσίες σημείο προς περιοχή (point-to-area), το πεδίο που δημιουργείται σε δεδομένη απόσταση από τον Σταθμό Βάσης είναι:

$$e = \frac{\sqrt{30p}}{d} \quad (\text{Εξίσω. 80})$$

όπου

e : μέση στάθμη του πεδίου σε V/m

p : ισοδύναμη ιστροπικά ακτινοβολούμενη ισχύς ($eirp$), σε W

d : απόσταση πομπού και δέκτη, σε m

Η εξίσωση 80 υπόκειται σε αλλαγές, οι οποίες εξαρτώνται από την πόλωση των κεραιών, τη συχνότητα λειτουργίας τους, το ύψος εγκατάστασής τους, ενώ θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλες συστάσεις, όπως αναφέρεται στις επεξηγήσεις 1 και 2 της [29].

➤ Για υπηρεσίες σημείο προς σημείο (point-to-point), για τον υπολογισμό των απωλειών ελευθέρου χώρου είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται η εξίσωση 81

$$L = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d \quad (\text{Εξίσω. 81})$$

όπου

L : απώλειες σε dB

f : συχνότητα σε MHz

d : απόσταση πομπού και δέκτη, σε km

Η ITU-R 526-7 με τη σειρά της, αναφέρεται στον τρόπο υπολογισμού της ισχύος του πεδίου κάτω από συνθήκες περίθλασης, οι οποίες οφείλονται είτε στην καμπυλότητα της γης, είτε στην ανωμαλία του εδάφους από την ύπαρξη διαφορετικού τύπου εμποδίων. Ουσιαστικά, στην περίπτωση μας η καμπυλότητα της γης δεν παίζει ρόλο, οπότε επικεντρωνόμαστε στον υπολογισμό της περίθλασης λόγω των εμποδίων. Για μια τέτοια προσέγγιση είναι απαραίτητος ο καθορισμός της μορφής του εμποδίου, θεωρώντας το είτε ως αιχμή μηδενικής σχεδόν λεπτότητας, είτε ως εμπόδιο ευδιάκριτης ακτίνας. Στη συνέχεια, η σύσταση προτείνει ανάλογες εξισώσεις για τον υπολογισμό της περίθλασης ενός εμποδίου αιχμής, διπλών εμποδίων αιχμής, κυκλικών εμποδίων, για να καταλήξει στην προτροπή για την χρησιμοποίηση μιας γενικής μεθόδου, η οποία συμπεριλαμβάνει όλες τις προηγούμενες υποπεριπτώσεις.

3.5 Σύγκριση Μοντέλων – Συμπεράσματα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η κατάλληλη επιλογή του μοντέλου ραδιοκάλυψης είναι θεμελιώδης για την ακριβέστερη σχεδίαση ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος. Επιπρόσθετα, προκρίνεται η χρησιμοποίηση μόνο εμπειρικών ή φυσικών μοντέλων, αφού τα θεωρητικά δεν ενδείκνυνται στην περίπτωση του σχεδιασμού πραγματικών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Ουσιαστικά, το προβάδισμα ανήκει στα φυσικά μοντέλα, κι αυτό γιατί τα αντίστοιχα εμπειρικά:

➤ Είναι δισδιάστατα. Έτσι οι απώλειες ισχύος είναι συνάρτηση της απόστασης, ενώ μια εφαρμογή του μοντέλου δίδει κυκλική κάλυψη γύρω από τον πομπό. Βέβαια αυτό προϋποθέτει ομογενές περιβάλλον διάδοσης, κάτι που όμως δεν συμβαίνει σε ένα πραγματικό περιβάλλον

διάδοσης, αφού αυτό είναι ανομοιογενές και ορισμένες περιπτώσεις ασυνεχές.

➤ Προκύπτουν από μετρήσεις σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα. Έτσι, η χρησιμοποίησή τους σε άλλα περιβάλλοντα είναι μη συστηματική.

➤ Οι παράμετροι των εξισώσεών τους όπως η απόσταση, τα ύψη των κεραιών πομπού και δέκτη, κτλ, καθιστούν την ακρίβεια περιορισμένη. Για παράδειγμα, το COST 231 – HATA, περιορίζεται από την συχνότητα (ισχύει μόνο για 800 έως 2000 MHz), από το ύψος του πομπού (ισχύει για ύψη έως και 20 m).

Από την άλλη, η χρησιμοποίηση φυσικών μοντέλων απαιτεί υπολογιστική ισχύ και είναι άνευ σημασίας, όταν δεν υπάρχει η αντίστοιχη βάση δεδομένων για την περιοχή κάλυψης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η παρούσα μελέτη αφορά τις περιοχές του Λεκανοπεδίου Αττικής και του Δήμου Αμαρουσίου. Για την περιοχή της Αττικής δεν υπάρχουν πληροφορίες για τα κτίρια, για τους δρόμους, δηλαδή δεν υφίσταται αρχείο Ψηφιακών Χαρτογραφικών Δεδομένων Υψηλής Ανάλυσης, γεγονός που θα υποδείκνυε την χρήση ενός φυσικού μοντέλου. Άλλωστε, η έκταση της περιοχής το καθιστά αδύνατο. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα εμπειρικά μοντέλα SUI και COST 231 – HATA, παρ' όλο που δεν υπάρχουν ανάλογες μετρήσεις. Ως κύριο μοντέλο διάδοσης χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο SUI – C (εξέλιξη του Eceq), παρ' όλο που δεν χρησιμοποιείται για αστικά (urban) περιβάλλοντα διάδοσης, γιατί:

➤ Η μορφολογία του εδάφους δεν διακρίνεται από σημαντικές εδαφικές εξέχουσες. Είναι σχετικά επίπεδη, οπότε η τιμή του «εκθέτη απωλειών διάδοσης γ » (αν συγκριθεί ο συντελεστής αυτός με τον πραγματικό εκθέτη απωλειών διάδοσης του μοντέλου απλής κλίσης n , φαίνεται η ομοιότητά τους) αναμένεται να κυμαίνεται γύρω στο 4. Από την Εξίσωση 20 και για $h_{BS} = 30 \text{ m}$ και $h_{MS} = 38 \text{ m}$ έχουμε:

- ❖ Για το μοντέλο SUI – C προκύπτει ότι: $\gamma = 3,6 - 0,005 * 30 + \frac{20}{30} = 4,117$ και $\gamma = 3,6 - 0,005 * 38 + \frac{20}{38} = 3,936$
- ❖ Για το μοντέλο SUI – B προκύπτει ότι: $\gamma = 4 - 0,0065 * 30 + \frac{17,1}{30} = 4,203$ και $\gamma = 4 - 0,0065 * 30 + \frac{17,1}{38} = 4,203$

Από τις παραπάνω τιμές παρατηρούμε ότι με την χρήση του μοντέλου SUI – C προσεγγίζουμε καλύτερα την τιμή του εκθέτη απωλειών διάδοσης για την περιοχή της Αττικής. Επιπλέον, το μοντέλο SUI – B χρησιμοποιείται για αστικές περιοχές που έχουν λόφους και μεγάλη πυκνότητα δέντρων, γεγονός που δεν ανταποκρίνεται με τα δεδομένα της υπο κάλυψη περιοχής.

➤ Το μοντέλο COST 231 – HATA βρίσκει εφαρμογή για συγκεκριμένες τιμές των παραμέτρων:

- ❖ $150 \leq f_c \leq 2000 \text{ (MHz)}$,
- ❖ $30 \leq h_{BS} \leq 200 \text{ (m)}$,
- ❖ $1 \leq h_{MS} \leq 10 \text{ (m)}$,
- ❖ $1 \leq d \leq 20 \text{ (km)}$

χωρίς να προβλέπει διορθωτικούς παράγοντες σε περίπτωση απόκλισης από αυτές. Αντίθετα, το μοντέλο SUI – C προβλέπει διορθωτικούς παράγοντες που αναπτύχθηκαν παραπάνω.

➤ Το COST 231 – HATA υπερεκτιμά τις απώλειες διάδοσης, όπως έχει κατάδειχθεί από διάφορες μετρήσεις όπως:

❖ Μετρήσεις στη περιοχή του Cambridge [25]. Παρ' όλο που χρησιμοποιείται το SUI – B (που είναι πιά αισιόδοξο από το SUI – C), μετρήσεις στην περιοχή του Cambridge στα 3,5 GHz με h_{BS} από 14,6 m έως 45 m και $h_{MS} = 6 \text{ m}$ και $h_{MS} = 10 \text{ m}$ έδειξαν ότι το COST 231 – HATA υπερεκτιμά κατά πολύ τις απώλειες διάδοσης και ειδικά στην περίπτωση της αστικής περιοχής στα 6 m, η οποία μας ενδιαφέρει καθ' όσον σχεδιάζουμε nomadic πρόσβαση και όχι σταθερή (fixed).

❖ Μετρήσεις στην περιοχή Saarbruecken [26]. Και πάλι μετρήσεις στην περιοχή του Saarbruecken κατέδειξαν την ικανοποιητική προσέγγιση των μετρήσεων με την χρήση του μοντέλου SUI – C στα 3,5 GHz με $h_{BS} = 25m$

❖ Μετρήσεις στην περιοχή Osijek της Κροατίας [27]. Αυτές έδειξαν να συμφωνούν περισσότερο με τα αποτελέσματα από τη χρήση του μοντέλου SUI – C στα 3,5 GHz με $h_{BS} = 59 m$, παρά με το μοντέλο COST 231-HATA. Πράγματι, η απόκλιση με το SUI-C ήταν 3.5 ενώ η αντίστοιχη με το COST 231-HATA 6.5, για NLOS διάδοση που μας ενδιαφέρει.

➤ Το Forum [28] συνιστά την χρήση του SUI ως το πλέον καταλληλότερο μοντέλο για την ανάπτυξη τέτοιων εφαρμογών.

Για την περιοχή του Δήμου Αμαρουσίου επιλέχθηκε το μοντέλο ITU – R 525/526 καθώς υπήρχε βάση δεδομένων (DEM) κάνοντας ακριβέστερους τους υπολογισμούς. Άλλωστε, μετρήσεις στην περιοχή της Βηρυτού [24], η οποία μπορεί να θεωρηθεί ότι προσεγγίζει την περιοχή της Αττικής, επιβεβαιώνουν την επιλογή αυτή.

3.6 Βιβλιογραφικές Αναφορές

- [1] John Wiley, *Introduction to RF Propagation*, Wiley, New Jersey, pp. 10-11, 2005
- [2] COST 231, Final Report, *Digital Mobile Radio Towards Future Generation Systems*, no. COST 231 TD (91) 73, September 1991.
- [3] Κανάτας Αθανάσιος, Κωνσταντίνου Φίλιππος, Γεώργιος Πάντος, *Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, pp. 46-47, Αθήνα, 2008
- [4] Κανελλόπουλος Ι.Δ, *Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων Σε Γήινο Περιβάλλον*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, pp. 16-24, 2006
- [5] Θεολόγου Μ. Ε, *Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, pp. 56-57, 2007
- [6] Κανάτας Αθανάσιος, Κωνσταντίνου Φίλιππος, Γεώργιος Πάντος, *Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, pp. 77-117, Αθήνα, 2008
- [7] Κανελλόπουλος Ι.Δ, *Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων Σε Γήινο Περιβάλλον*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, pp. 102-123, 2006
- [8] NISTIR 6055, Construction Automation Program Report No. 3, Electromagnetic Signal Attenuation in Construction Materials
- [9] ITU-R P.1238, *Propagation data and prediction methods for the planning of indoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 900 MHz to 100 GHz*, 2001
- [10] Le Li, *An Integrative Overview of the Open Literature's Empirical Data on In-tunnel Radiowave Propagation's Power Loss*, Ontario, Canada, 2006
- [11] Κανελλόπουλος Ι.Δ, *Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων Σε Γήινο Περιβάλλον*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, pp. 127-140, 2006
- [12] ITU-R P.530-9
- [13] Παπκέλης Γ. Ευστράτιος, *Ραδιοκάλυψη Σε Κυβελωτά Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών Με Χρήση Ηλεκτρομαγνητικών Μεθόδων Διάδοσης*, Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ, Αθήνα, pp. 25-47 Ιούλ. 2007
- [14] Okumura, Y., E. Ohmori, T. Kawano, and K. Fukuda, *Field Strength and Its Variability in VHF and UHF Land-Mobile Radio Services*, Rev. Electronic Communications Lab, Vol. 16, pp. 825-873, 1968.
- [15] Hatta M., *Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services*, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. VT-29, No. 3, pp. 317-325, 1980.
- [16] Jeffrey G. Andrews, Arunabha Ghosh, Rias Muhamed, *Fundamentals of Understanding Broadband Wireless Networking*, Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series, pp. 422-427, 2007.
- [17] Ιωάννης Α. Τερζάκης, Δημήτριος Κ. Τσαπάρας, *Σχεδίαση ασύρματων δικτύων για πρόσβαση και διασύνδεση. Μελέτη ποιότητας (QoS) & ανάλυση υποστηριζόμενων υπηρεσιών δικτύου - Case Study: Πιλοτικά Συστήματα Ο.Τ.Ε.*, Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα, pp. 67-103 Απρίλιος 2007
- [18] V. Erceg, et.al, *An empirically based pathloss model for wireless channels in suburban environments*, IEEE Journal on Selected Areas of Communications, 17(7), Ιούλιος 1999.
- [19] Andreas F. Molisch, *Wireless Communications*, Wiley 2005, pp.622, 2005
- [20] IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, *Channel Models for Fixed Wireless Applications -IEEE 802.16.3c-01/29r4*, 2001
- [21] IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group C802.16j-06/011, *Multihop Path Loss Model (Base-to-Relay and Base-to-mobile) - IEEE C802.16j-06/011*, 2006
- [22] Raj Jain, *Channel Models Tutorial1*, V1.0, February 21, 2007
- [23] Rec. ITU-R P.1411-4, *Propagation data and prediction methods for the planning of short-range outdoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz*, 2007

- [24] Walid Y. Ali-Ahmad, Hasna, Dabbous, Yammout, Atwi, *Propagation Model Development and Radio Planning for Future Systems Deployment in Beirut*, Spring 2006
- [25] V.S. Abhayawardhana*, I.J. Wassell†, D. Crosby‡, M.P. Sellars‡, M.G. Brown, *Comparison of Empirical Propagation Path Loss Models for Fixed Wireless Access Systems*, Cambridge, December 2003
- [26] Alvaro Valcarce Rial¹, Harald Krauss², Joachim Hauck³, Martin Buchholz³, and Fernando Aguado Agelet¹, *EMPIRICAL PROPAGATION MODEL FOR AT 3.5 GHz IN AN URBAN ENVIRONMENT*, Saarbruecken, July 2007.
- [27] Josip Milanovic, Snjezana Rimac-Drlje, Krunoslav Bejuk, *Comparison of Propagation Models Accuracy for on 3.5 GHz*, Osijek, Croatia, Spring 2007.
- [28] www.forum.org
- [29] Rec. ITU-R P.525-2, *CALCULATION OF FREE-SPACE ATTENUATION*, 1994
- [30] Rec. ITU-R P.526-7, *Propagation by diffraction*, 2001

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Μελέτη Ραδιοκάλυψης Περιοχής Αττικής

4.1 Περιγραφή Προγράμματος Προσομοίωσης

Το ICS telecom είναι ένα εργαλείο σχεδιασμού τηλεπικοινωνιακών δικτύων και διαχείρισης του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, Μπορεί να προσομοιώσει οποιοδήποτε ραδιοδίκτυο, ανεξαρτήτως μεγέθους, από την τοπική έως και την εθνική κλίμακα και να χρησιμοποιηθεί σε κάθε φάση ανάπτυξης και εκμεταλλεύσεως του ραδιοδικτύου, όπως:

- Συγκριτική μελέτη των τεχνολογιών
- Μοντελοποίηση project
- Διαστασιολόγηση των υποδομών
- Σχεδιασμός του δικτύου
- Βέλτιστη χρήση του φάσματος συχνοτήτων
- Κατανομή τεχνικών δεδομένων
- Διαχείριση / διοίκηση του συστήματος
- Βελτιστοποίηση του δικτύου

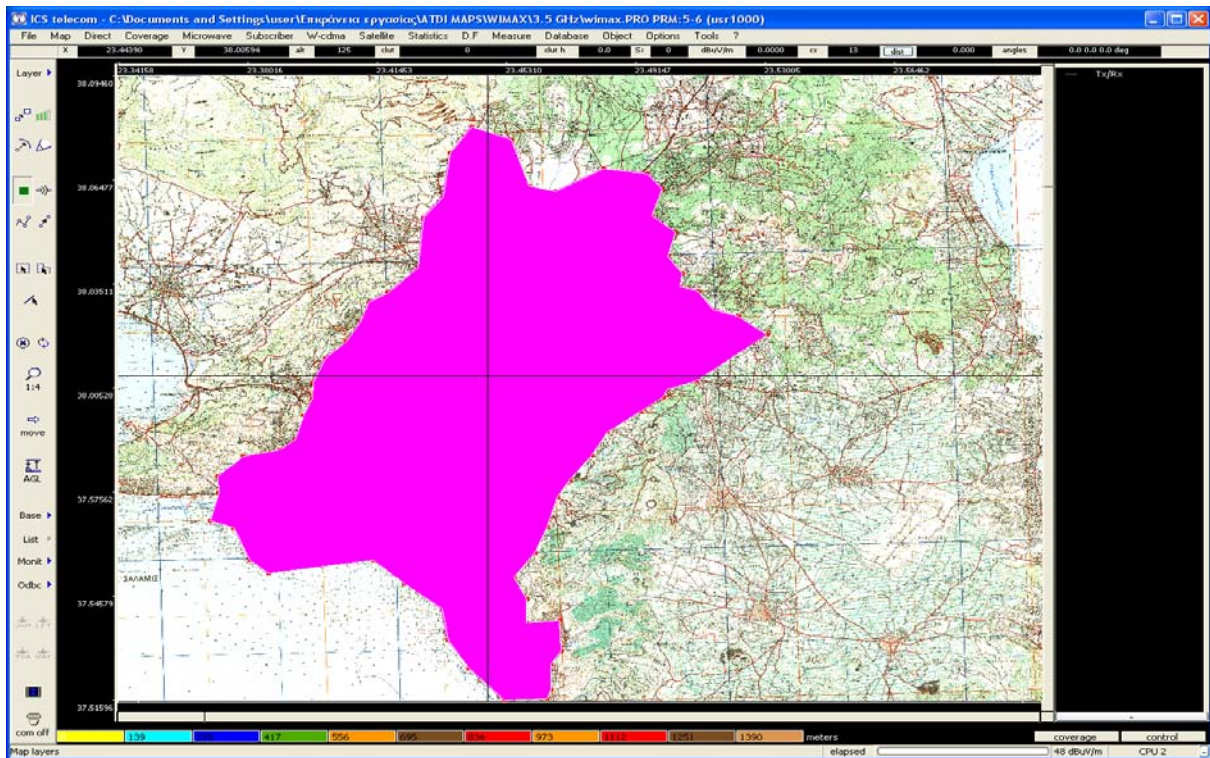
Το ICS telecom nG μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλες τις σύγχρονες τεχνολογίες, σταθερές και κινητές στο φάσμα συχνοτήτων από 10 KHz έως 450 GHz, όπως:

- Ραδιοφωνία
- Αναλογική τηλεόραση
- Επίγεια ψηφιακή τηλεόραση
- Σταθερές επικοινωνίες
- Κινητές επικοινωνίες
- Ραδιοζεύξεις
- Κυψελικά δίκτυα / δίκτυα UMTS
- Τηλεειδοποίηση (paging)
- RADAR
- Δορυφορικές επικοινωνίες / εκπομπή
- Τηλεμετρία
- Διαχείριση φάσματος

Επίσης υποστηρίζει εφαρμογές υψηλού ρυθμού μετάδοσης όπως το WiMAX, τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους, σε αστικά - ημιαστικά περιβάλλοντα και σε ανοιχτές περιοχές. Τέλος μπορεί να προσομοιώσει μεταφορά φωνής, δεδομένων και άλλων εφαρμογών ευρείας ζώνης. Για το WiMAX, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και για την προσομοίωση κινητών υπηρεσιών, ενώ περιλαμβάνει και την έννοια της προσαρμοστικής διαμόρφωσης, η οποία είναι βασική στα συστήματα WiMAX.

4.2 Εισαγωγή στη Μελέτη Ραδιοκάλυψης

Η παρούσα μελέτη ραδιοκάλυψης, αφορά αρχικά την ευρύτερη περιοχή της Αττικής (307 km²) και έπειτα - σε επόμενο κεφάλαιο - εξειδικεύεται στην περιοχή του Αμαρουσίου. Η ενδιαφερόμενη περιοχή ραδιοκάλυψης στον ευρύτερο χώρο της Αττικής, φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



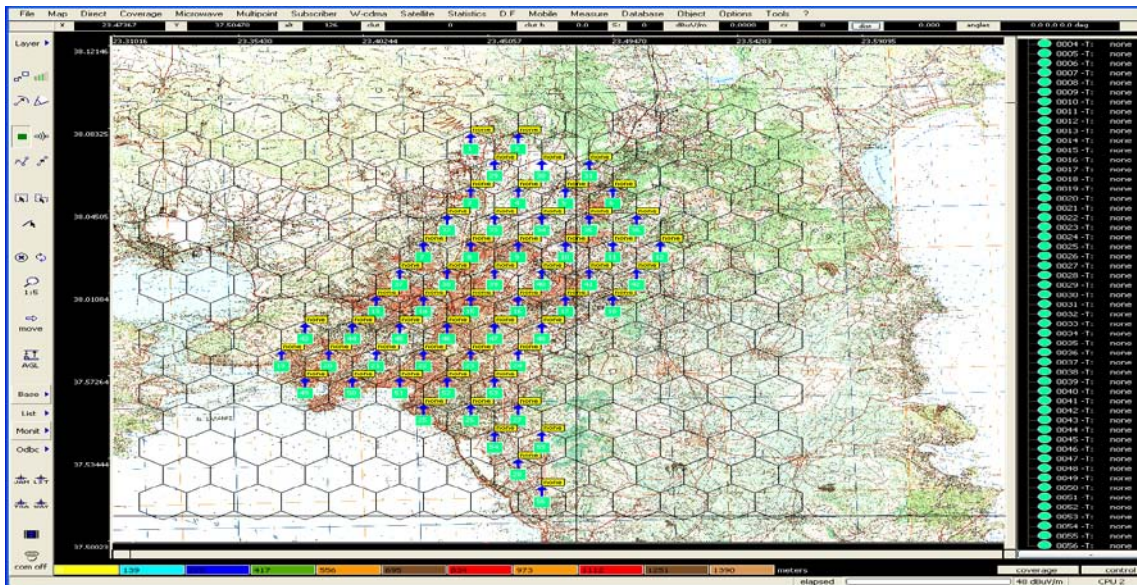
Σχήμα 4.1 Αττική - Περιοχή Ενδιαφέροντος

Για την υλοποίηση διατέθηκαν Ψηφιακά Χαρτογραφικά Δεδομένα Χαμηλής Ανάλυσης που αναπαριστούν μόνο το ανάγλυφο του εδάφους. Για το λόγο αυτό απαιτείται η χρήση ενός εμπειρικού μοντέλου σε αστική περιοχή. Υποψήφια μοντέλα για το σκοπό μας είναι το SUI- C και το COST 231 - HATA. Όπως όμως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3, προκρίνεται η χρήση του SUI – C. Ωστόσο έγιναν προσομοιώσεις και με το COST 231 – HATA, τόσο για τη σύγκριση των μοντέλων, όσο και για την πληρότητα της μελέτης. Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο της εισαγωγής του θεωρητικού μέρους, η ασύρματη πρόσβαση διακρίνεται σε σταθερή (fixed) και φορητή (mobile). Μία υποκατηγορία της φορητής, είναι η νομαδική (nomadic), κατά την οποία ο δέκτης μπορεί να έχει πρόσβαση στο δίκτυο, από διάφορα γεωγραφικά σημεία κάλυψης του δικτύου, χωρίς αυτό να σημαίνει κινητικότητα κατά την πρόσβαση.

Στην Αττική, η μελέτη επικεντρώθηκε στην περίπτωση της νομαδικότητας, διότι:

- Υπερκαλύπτει την περίπτωση της σταθερής πρόσβασης, διότι η νομαδικότητα εμπεριέχει και την NLOS διάδοση.
- Η αντίστοιχη περίπτωση της φορητής, απαιτεί ιδιαίτερη ανάλυση, λόγω του πληθυσμιακού όγκου και της έκτασης, της υπό μελέτη περιοχής.

Έτσι οι δέκτες μας, θεωρούνται τοποθετημένοι σε ύψος 1,5 m από το έδαφος. Για την κάλυψη της περιοχής ακολουθήθηκε η μεθοδολογία των κυψελωτών συστημάτων, με την ακτίνα των Σταθμών Βάσης, μετά από αρχικές πειραματικές προσομοιώσεις, να μην ξεπερνά τα 2 km. Κατά συνέπεια η τοποθέτηση Σταθμών Βάσης, στα υψηλότερα σημεία του λεκανοπεδίου, θα εξυπηρετούσε μόνο την περίπτωση της σταθερής πρόσβασης. Με βάση τα παραπάνω δημιουργήθηκαν οι κυψέλες του σχήματος 5.2, ακτίνας 1500 m.



Σχήμα 4.2 Αττική – Δημιουργία Κυψελών

Στο κέντρο αυτών των κυψελών τοποθετήθηκαν οι σταθμοί βάσης, με τους οποίους θα καλυφθεί η περιοχή. Οι θέσεις τους αυτές είναι ενδεικτικές ενώ η τελική τους σε κάθε κυψέλη ξεχωριστά, μπορεί να καθοριστεί από την ιδιομορφία του εδάφους και από την δυνατότητα ύπαρξης θέσεων στην ευρύτερη περιοχή. Οι τιμές των διαφόρων παραμέτρων, των Σταθμών Βάσης, μετά την εγκατάστασή τους μπορούν να διακριθούν σε σταθερές (αυτές που παραμένουν αμετάβλητες σε κάθε σενάριο της μελέτης) και σε μεταβλητές (αυτές που με τη διαφοροποίησή τους καθιστούν ιδιαίτερο το κάθε σενάριο). Ειδικότερα στις σταθερές συγκαταλέγονται:

- Η ονομαστική ισχύς λειτουργίας του πομπού. Αυτή καθορίστηκε μετά από έρευνα στα 2 W.
- Η πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (TDD) εφόσον εκτός των γνωστών πλεονεκτημάτων που παρέχει έναντι της πολυπλεξίας διαίρεσης συχνότητας (FDD), χρησιμοποιείται σχεδόν κατά αποκλειστικότητα από όλους του φορείς ανάπτυξης σύγχρονων συστημάτων και ιδίως στην περίπτωση του WiMAX (Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, του κεφαλαίου 1).
- Η χρησιμοποιούμενη κεραία σε κάθε συχνότητα. Αυτές αναζητήθηκαν στο εμπόριο και το διάγραμμα ακτινοβολίας πάρθηκε από την εταιρεία. Kathrein. Το διάγραμμα ακτινοβολίας, ο τύπος και τα τεχνικά χαρακτηριστικά, φαίνονται στο Παράρτημα Α.
- Το συνολικό διατιθέμενο εύρος ζώνης, η τιμή του οποίου ορίστηκε στα 40 MHz για 10 MHz εύρος ζώνης καναλιού και στα 35 MHz για 5 και 7 MHz εύρος ζώνης καναλιού (το οποίο επιλέχθηκε ώστε να είναι το ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιο των 5 και 7 MHz, που αποτελούν το σύνηθες χρησιμοποιούμενο εύρος ζώνης καναλιού για το WiMAX).
- Η μελέτη περιορίστηκε στα 3,5 GHz, στη συχνότητα δηλαδή, στην οποία αναμένεται η ανάπτυξη των συστημάτων WiMAX, βάση των δημόσιων διαβουλεύσεων της EETT και την επικείμενη αδειοδότηση.
- Οι σταθμοί βάσης αποτελούνται από τρεις κατευθυντικές κεραίες, με τομέα 120° η κάθε μία, το οποίο επιτυγχάνει την αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος και του περιορισμού των παρεμβολών, σε βάρος της πολυπλοκότητας και του κόστους του συστήματος.
- Χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο ανάκλασης standard και το μοντέλο περίθλασης, Deygout 94 method. Επιλέγοντας τη μέθοδο Deygout, επιλέγουμε το πιο πεσιμιστικό σενάριο. Συγκεντρωτικά οι παράμετροι των σταθμών βάσεως, φαίνονται στον πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά Σταθμού Βάσης

Ισχύς Πομπού (Pt)	2 W
Ισχύς Πομπού (Pr)	0,2 W
Ακτινοβολούμενη ισχύς (EIRP)	449.811 W
Συχνότητα (f)	3.5 GHz
Κέρδος Κεραίας Σταθμού Βάσης	18 dBi
Ύψος κεραίας πομπού (Hbs)	30 m
Απώλειες Tx (Ltx)	0.5 dB
Απώλειες Rx (Lrx)	0.5 dB
Πολυπλεξία	TDD
Επίπεδο θορύβου	-102 dBm
ΚΤΒΦ	-102 dBm
Κατώφλι SINR	6 dB
Διαμορφώσεις	BFSK 1/2, QPSK 1/2, QPSK 3/4, 16QAM 1/2, 16QAM 3/4, 64QAM 2/3, 64QAM 3/4
Γωνία Ανύψωσης Κεραίας	0°

Έχοντας καθορίσει τα τεχνικά χαρακτηριστικά, των οποίων η επίδραση επεξηγείται κατά την πορεία ανάπτυξης της μελέτης, η περαιτέρω διάρθρωσή της περιλαμβάνει:

- Επιλογή του μοντέλου προσομοίωσης (SUI και HATA).
- Επιλογή του εύρους ζώνης καναλιού (5, 7 και 10 MHz).
- Επιλογή είδους κεραιών (απλής εκπομπής και έξυπνων κεραιών κατά σειρά 2x2 και 4x2).

Τόσο οι μεταβλητές παράμετροι, όσο και ορισμένες παράμετροι από τις σταθερές, τροποποιούνται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης και συνιστούν τα παρακάτω επιμέρους σενάρια. Οι χρησιμοποιούμενες παλέτες χρωμάτων για:

- Την ραδιοκάλυψη της περιοχής, θα φανούν στην παράγραφο 4.2.1.
- Την επικάλυψη είναι το ροζ χρώμα για τα σημεία στα οποία υπάρχει επικάλυψη.
- Το λόγο σήματος προς παρεμβολή (SIR) και το λόγο σήματος προς θόρυβο και παρεμβολή (SINR), θα φαίνεται σε κάθε κεφάλαιο, λόγω της συνεχούς μεταβλητότητάς των.

Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι οι τομές που εμφανίζονται στα επόμενα, έχουν παραχθεί από τον ίδιο σταθμό προς το ίδιο πάντα σημείο, για λόγους άμεσης σύγκρισης. Επίσης, η παρεμβολή που δημιουργείται από τους σταθμούς και ο θόρυβος, θα δηλώνεται από την περιοχή την οποία μπορούμε να καλύψουμε με λόγο σήματος προς παρεμβολή (SIR) και λόγο σήματος προς θόρυβο και παρεμβολή (SINR), μεγαλύτερο των 6 dB και 15 dB. Στη συνέχεια γίνεται ανάλυση του καθορισμού κατωφλίου κάλυψης.

4.2.1 Καθορισμός κατωφλίου κάλυψης

Η ευαισθησία ενός σταθερού δέκτη υπολογίζεται με βάση την σχέση:

$$R_{ss} = -102 + SNR_{RX} + 10 \log\left(\frac{F_S * N_{used}}{N_{FFT}} \left| * \frac{N_{subchannels}}{16} \right.\right) \quad (\text{Εξίσ.4})$$

Όπου:

- SNR_{RX} : Σηματοθορυβικός λόγος, οι τιμές του οποίου δίδονται από τον πίνακα 266 του παραπάνω προτύπου, ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη διαμόρφωση, και φαίνονται στους πίνακες 5.2 – 5.4.
- F_S : Συχνότητα δειγματοληψίας, η οποία δίδεται από την εξίσωση 2

$$F_s = (\text{παράγοντας δειγματοληψίας}) * (BW) \quad (\text{Εξίσ. 2})$$

- N_{used} : Το άθροισμα των υποφερόντων δεδομένων N_{data} και των πιλοτικών υποφερόντων N_{pilot} .
- N_{FFT} : Το άθροισμα των υποφερόντων.
- $N_{subchannels}$: Ο αριθμός των υποκαναλιών.

Η εφαρμογή των παραπάνω τιμών στην εξίσωση 1, δίδει τιμές ευαισθησίας του δέκτη, ανάλογα βέβαια με τον τύπο της διαμόρφωσης, όπως στους παρακάτω πίνακες για τις διάφορες τιμές εύρους ζώνης χρησιμοποιούμενου καναλιού. Στις αντίστοιχες εικόνες φαίνεται το χρησιμοποιούμενο χρώμα για κάθε διαμόρφωση, για τις εικόνες κάλυψης που θα ακολουθήσουν. Ο ρυθμός μετάδοσης μπορεί να υπολογιστεί με βάση την εξίσωση 3.

$$R = \frac{M * N_{data}}{N_{FFT}(1 + G)} * \text{code rate} \quad (\text{Εξίσ. 3})$$

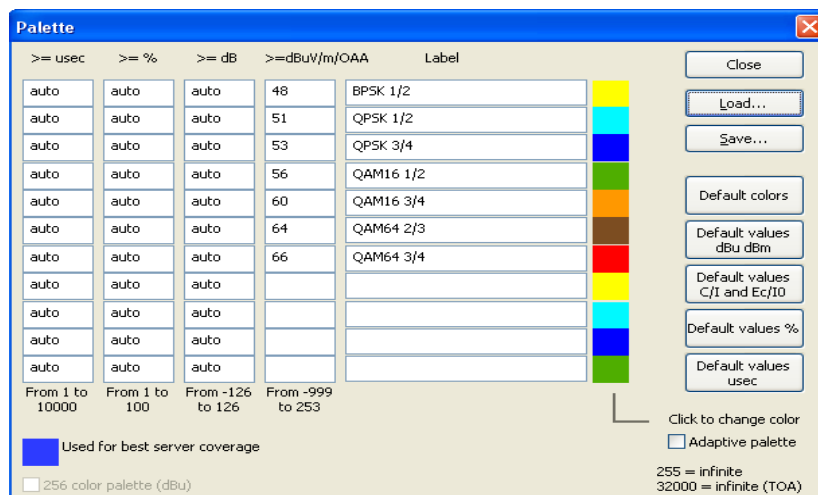
όπου

- M : Αριθμός bit ανα σύμβολο.
- G : Διάστημα φύλαξης, Είναι το ποσοστό (%) του L για CP. Στην προκειμένη περίπτωση λαμβάνει την τιμή $G = 0.125$.

Μετά τα παραπάνω, οι τιμές κατωφλίων και οι χρησιμοποιούμενες παλέτες για κάθε εύρος ζώνης καναλιού φαίνονται στους παρακάτω πίνακες και σχήματα:

Πίνακας 4.2 Τιμές σηματοθορυβικού λόγου, ευαισθησίας σταθερού δέκτη ανά τύπο διαμόρφωσης για εύρος ζώνης καναλιού 5 MHz.

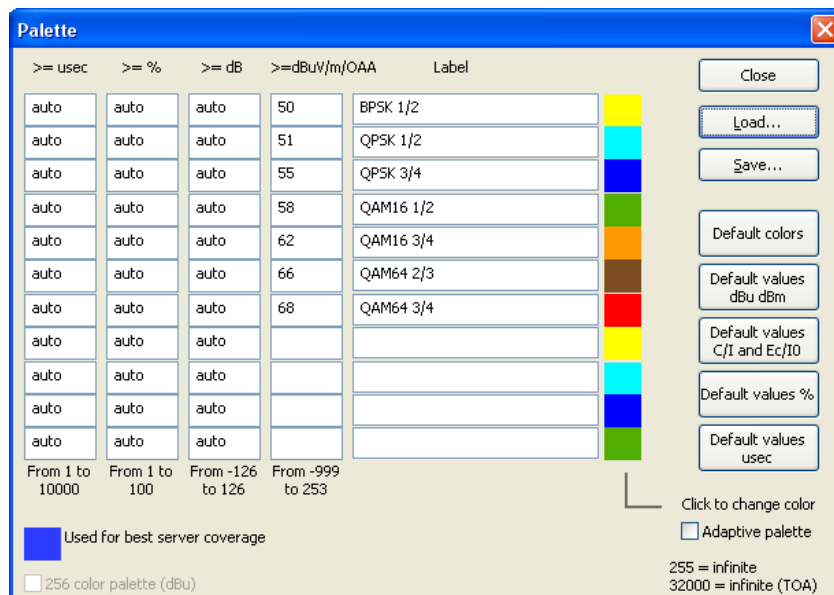
	SNR _{rx}	R _{ss}	
		dBμV/m	dBm
BFSK 1/2	6.4	48	-89,28
QPSK 1/2	9.4	51	-86,24
QPSK 3/4	11.2	53	-84,5
16QAM 1/2	16.4	56	-81,04
16QAM 3/4	18.2	60	-77,48
64QAM 1/2	22.7	64	-73,5
64QAM 3/4	24.4	66	71,28



Σχήμα 4.3 Παλέτα ραδιοκάλυψης για εύρος ζώνης καναλιού 5 MHz.

Πίνακας 4.3 Τιμές σηματοθορυβικού λόγου, ευαισθησίας σταθερού δέκτη ανά τύπο διαμόρφωσης για εύρος ζώνης καναλιού 7 MHz.

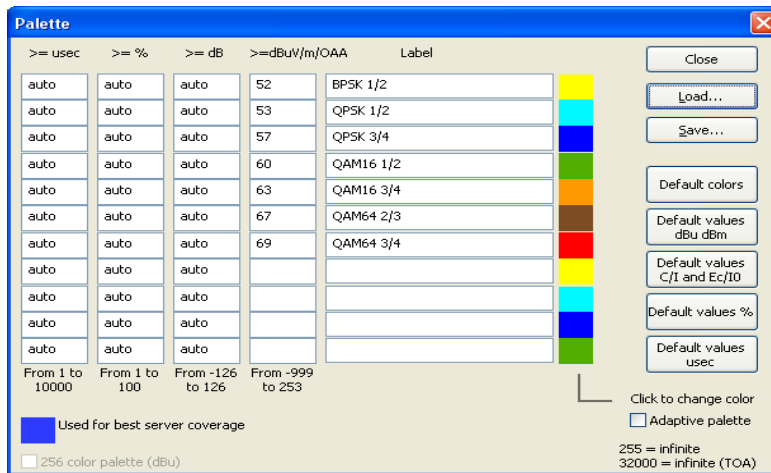
	SNR _{rx}	R _{ss}	
		dB μ V/m	dBm
BFSK 1/2	6.4	50	-87,82
QPSK 1/2	9.4	51	-86,58
QPSK 3/4	11.2	54,6	-83
16QAM 1/2	16.4	58	-79,57
16QAM 3/4	18.2	62	-76
64QAM 1/2	22.7	66	-72
64QAM 3/4	24.4	68	-69,81



Σχήμα 4.4 Παλέτα ραδιοκάλυψης για εύρος ζώνης καναλιού 7 MHz.

Πίνακας 4.4 Τιμές σηματοθορυβικού λόγου, ευαισθησίας σταθερού δέκτη ανά τύπο διαμόρφωσης για εύρος ζώνης καναλιού 10 MHz.

	SNR _{rx}	R _{ss}	
		dB μ V/m	dBm
BFSK 1/2	6.4	52	-86
QPSK 1/2	9.4	53	-85
QPSK 3/4	11.2	57	-81
16QAM 1/2	16.4	60	-78
16QAM 3/4	18.2	63	-74,4
64QAM 1/2	22.7	67	-70,4
64QAM 3/4	24.4	69	-68,27



Σχήμα 4.5 Παλέτα ραδιοκάλυψης για εύρος ζώνης καναλιού 10 MHz.

4.3 Προσομοίωση με Μοντέλο SUI

Όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 3, το SUI ενδείκνυται για τις προτεινόμενες συχνότητες χρήσης του WiMAX.

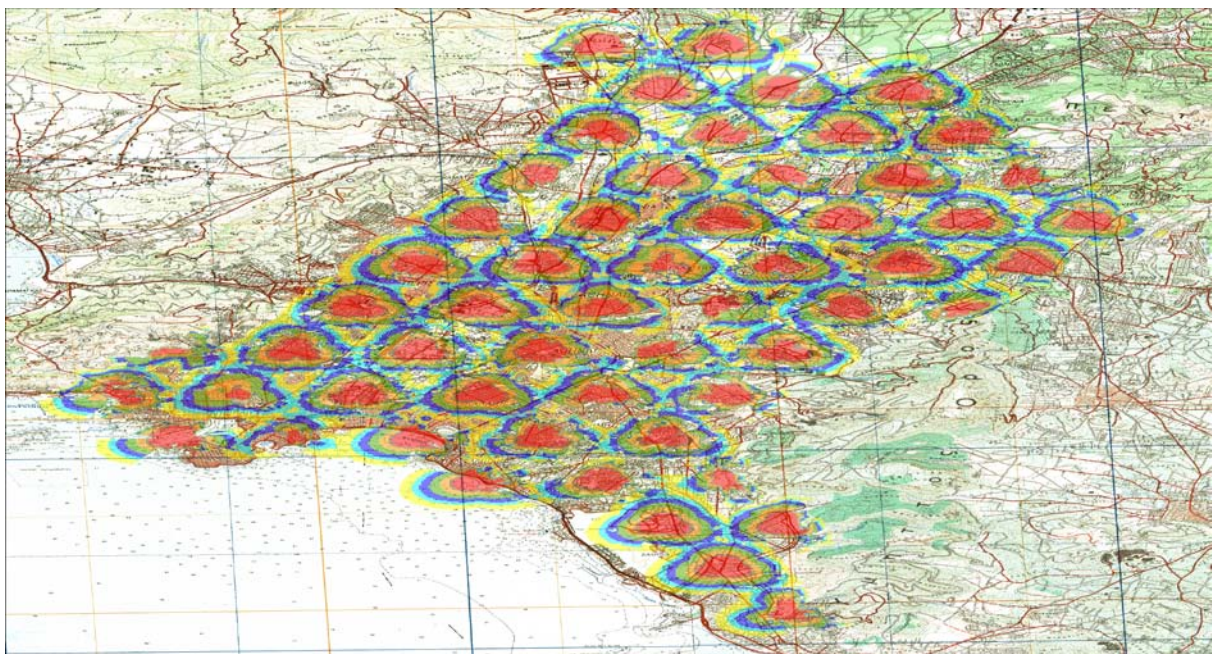
4.3.1 Αποτελέσματα Προσομοιώσεων με Εύρος Ζώνης Καναλιού 5 MHz

4.3.1.1 Κεραίες Απλής Εκπομπής – Λήψης

Η αρχική δοκιμή έγινε με ομοιοκατευθυντικές κεραίες απλής εκπομπής και λήψης.

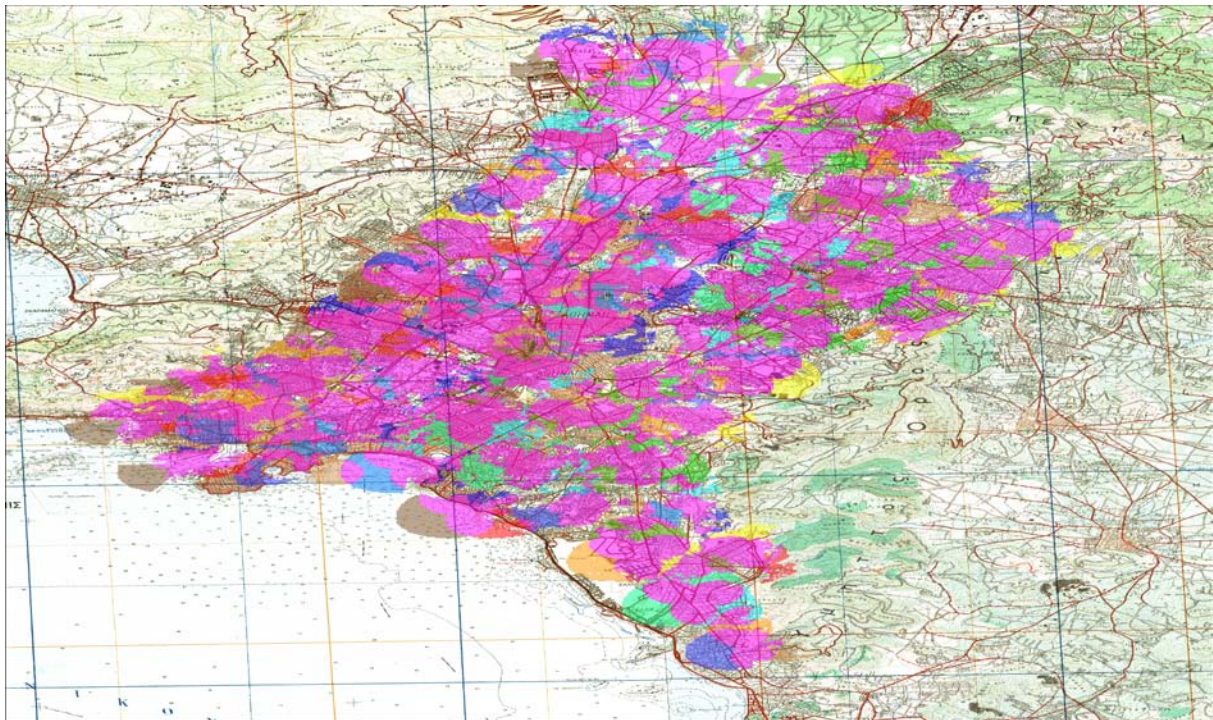
4.3.1.1.1 Χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Το αποτέλεσμα της ραδιοκάλυψης που επετεύχθη φαίνεται στο σχήμα 4.6. Η ραδιοκάλυψη της περιοχής, δεν είναι ικανοποιητική, ενώ το ποσοστό κάλυψης φτάνει το 80.05%. Δείκτης της χωρητικότητας και κατά συνέπεια της περιοχής υψηλής ταχύτητας αποστολής δεδομένων, είναι το ποσοστό κάλυψης με 64 QAM, που φτάνει το 17,33 %.



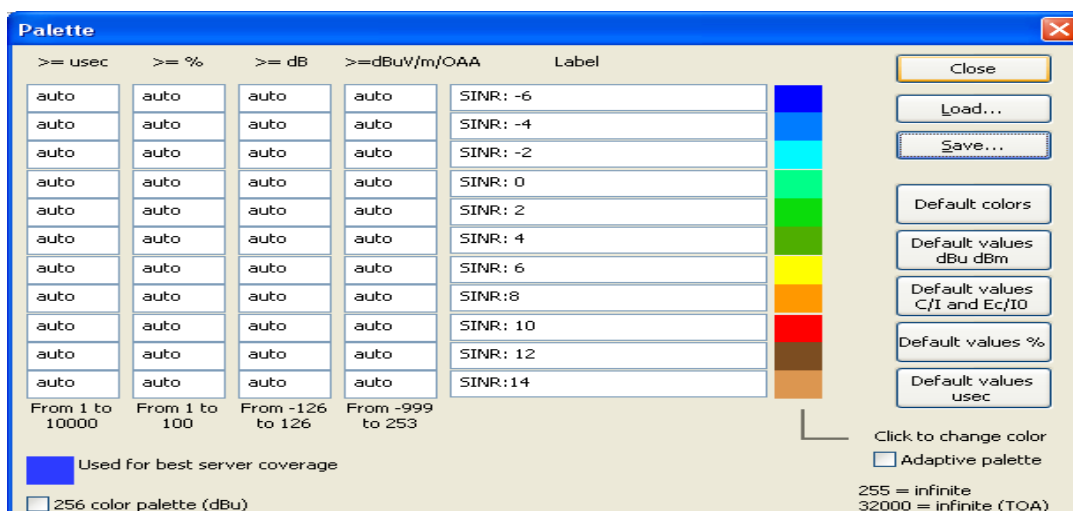
Σχήμα 4.6 Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.

Επίσης αυτό επιβεβαιώνεται και από τις απώλειες διάδοσης, όπου διαπιστώνουμε ότι η λαμβανόμενη ισχύς στα όρια της κυψέλης είναι 52,2dBμV/m² ή -84,9 dBm, δηλαδή πάνω, από το οριζόμενο κατώφλι. Η επικάλυψη των σταθμών σε αυτή την περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 4.7.



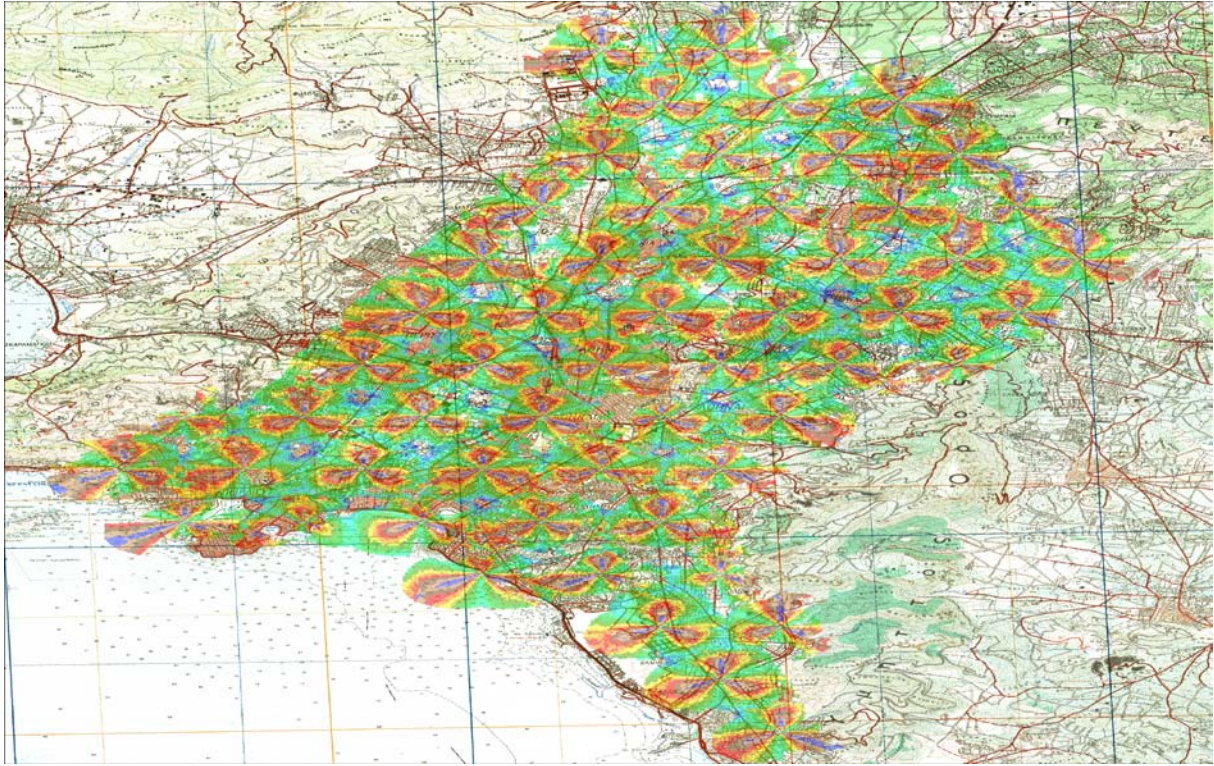
Σχήμα 4.7 Επικάλυψη Σταθμών Βάσης χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Το ποσοστό επικάλυψης, σε αυτή την περίπτωση φτάνει το 52,32%. Ένα μικρό ποσοστό επικάλυψης, από τη μία θα ήταν επιθυμητό, λόγω περιορισμού της παρεμβολής και αποτελεσματικής εκμετάλλευσης του χώρου, από την άλλη, θα δημιουργούσε κενά κάλυψης περιοχών αλλά και περιορισμό της ευελιξίας διαχείρισης των διαπομπών. Στη συνέχεια για το SINR και για το SIR χρησιμοποιήθηκε η ίδια παλέτα, τα χρώματα και η σημασία της οποίας φαίνονται στο σχήμα 4.8.



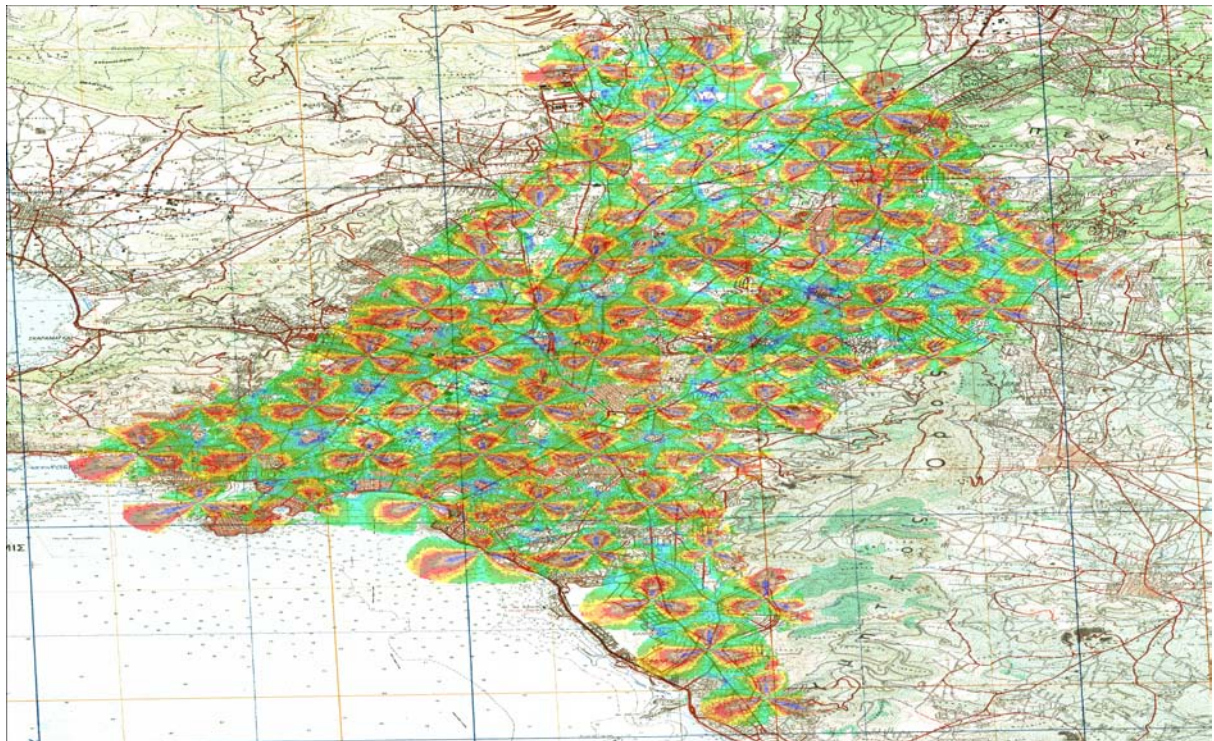
Σχήμα 4.8 Παλέτα SINR και SIR χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Το ποσοστό SIR>6 dB, φτάνει το 43,25% και το ποσοστό SIR>15 dB το 10,74%. Αυτό στον χάρτη φαίνεται στο σχήμα 4.9.



Σχήμα 4.9 Εικόνα SIR χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Τέλος στο σχήμα 4.10, φαίνεται το συνδυασμένο αποτέλεσμα σήματος προς παρεμβολή και θόρυβο (SINR). Αυτό ποσοτικά είναι 42,86% για $SINR > 6$ dB και 10,26% για $SINR > 15$ dB.



Σχήμα 4.10 Εικόνα SINR χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

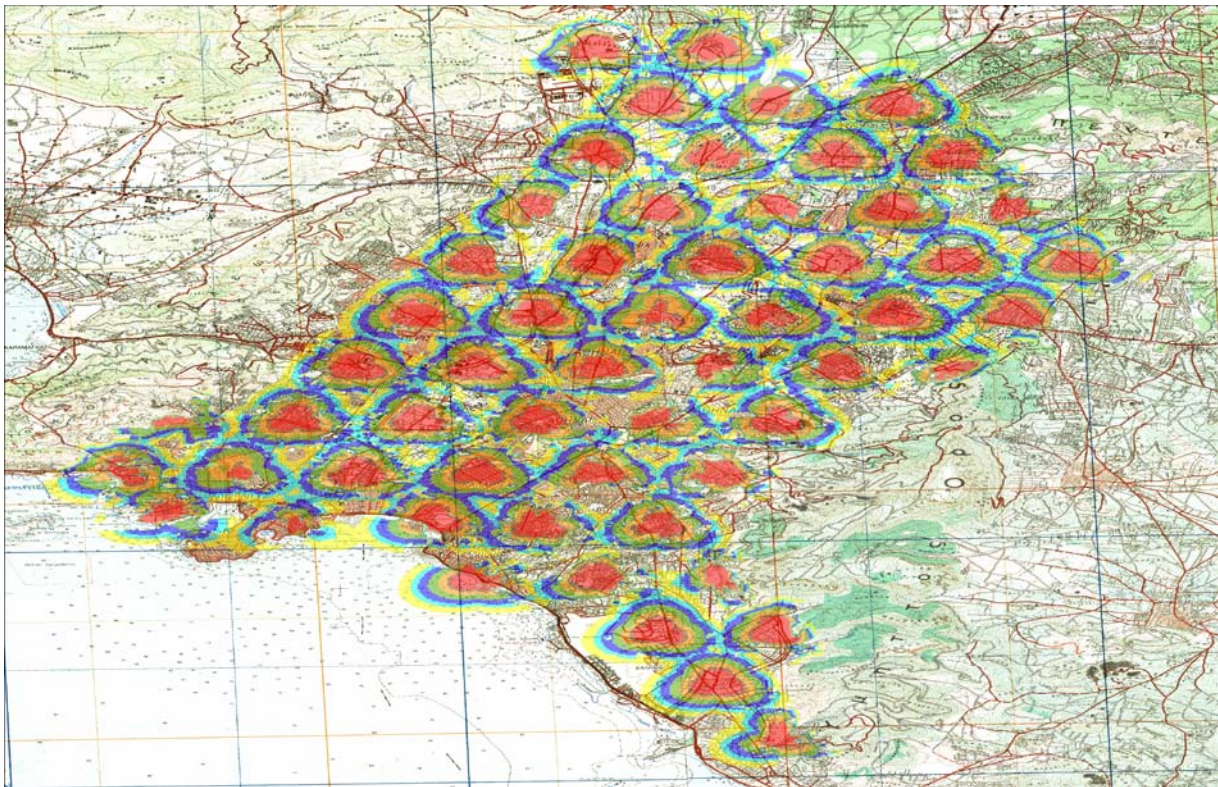
Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για αυτή την περίπτωση φαίνονται στον πίνακα 4.5.

Πίνακας 4.5 Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων)

Ποσοστό Ραδιοκάλυψης (%)	SIR (%) (>6)/(>15)	SINR (%) (>6)/(>15)	Ποσοστό Επικάλυψης (%)
BFSK ½ :12,4 QPSK ½: 10,07 QPSK ¾: 15,02 16QAM ½: 15,06 16QAM ¾: 10,17 64QAM 2/3: 3,75 64QAM ¾:13,58 Συνολικό:80,05	43,25/10,74	42,86/10,26	52,32

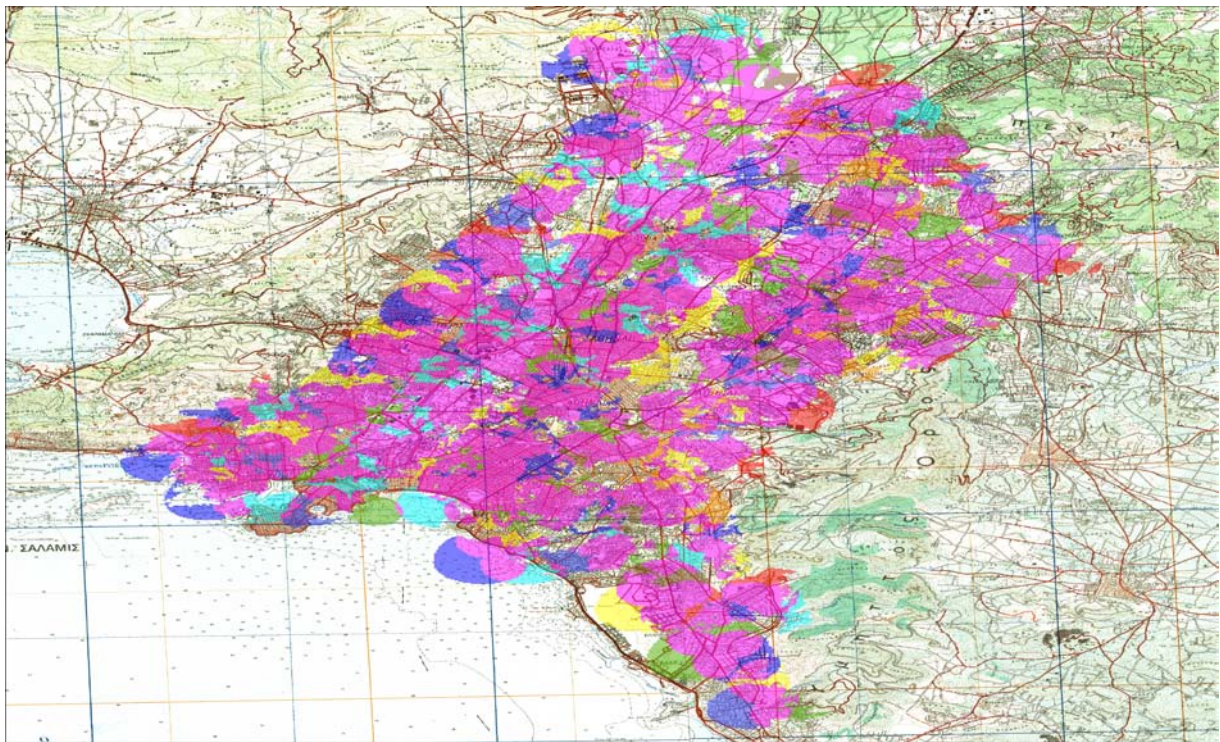
4.3.1.1.2 Με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Με την επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων η συνολική παρεμβολή (Global interference) από το 100%, μειώνεται στο 2,7468 %, ενώ η παρεμβολή του βέλτιστου σταθμού (Best server interference) είναι μόλις 0.8566 %. Το αποτέλεσμα της ραδιοκάλυψης που επετεύχθη φαίνεται στο σχήμα 4.11. Η ραδιοκάλυψη της περιοχής, είναι ελαφρώς μεγαλύτερη, με το ποσοστό κάλυψης φτάνει το 80.51%. Το ποσοστό κάλυψης έχει αυξηθεί κατά 0.5%. Η μικρή αυτή αύξηση οφείλεται στο ότι η ραδιοκάλυψη επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από την ισχύ του σήματος, και δευτερευόντως από την παρεμβολή. Παρ' όλα αυτά όμως έχουμε σημαντική βελτίωση της ποιότητας επικοινωνίας. Η χωρητικότητα και κατά συνέπεια η περιοχή υψηλής ταχύτητας αποστολής δεδομένων, είναι στα ίδια επίπεδα, με το ποσοστό κάλυψης με 64 QAM, να φτάνει το 17,17 %. Το ποσοστό αυτό είναι ελαφρώς μειωμένο, αν και η συνολική κάλυψη είναι αυξημένη. Αυτό μας δείχνει ότι αποκτήσαμε ευρύτερη κάλυψη σε βάρος ενός αντιτίμου στην ταχύτητα.



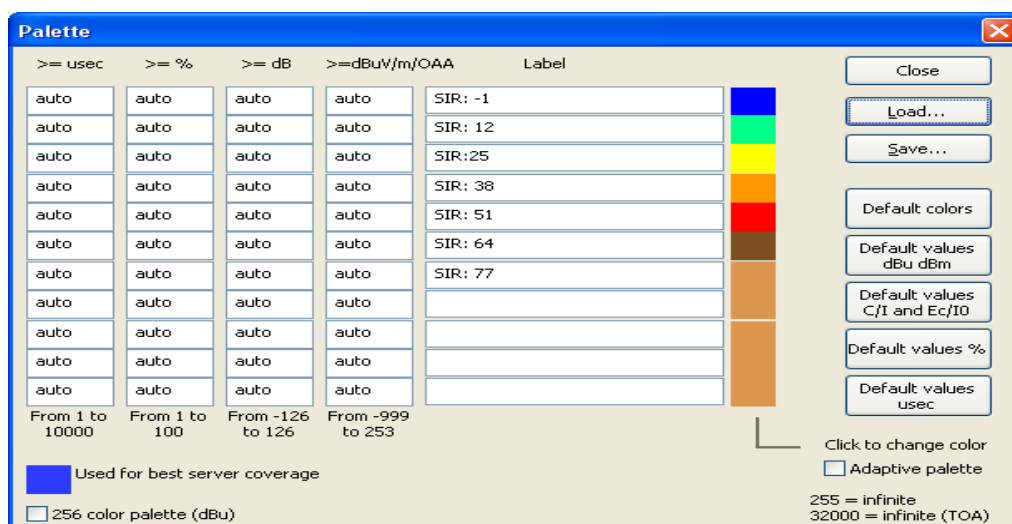
Σχήμα 4.11 Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.

Επίσης αυτό επιβεβαιώνεται και από τις απώλειες διάδοσης, όπου διαπιστώνουμε ότι η λαμβανόμενη ισχύς στα όρια της κυψέλης είναι 51,4dBμV/m² ή -85,7 dBm, δηλαδή 3,4 dB πάνω, από το οριζόμενο κατώφλι. Η επικάλυψη των σταθμών σε αυτή την περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 4.12.



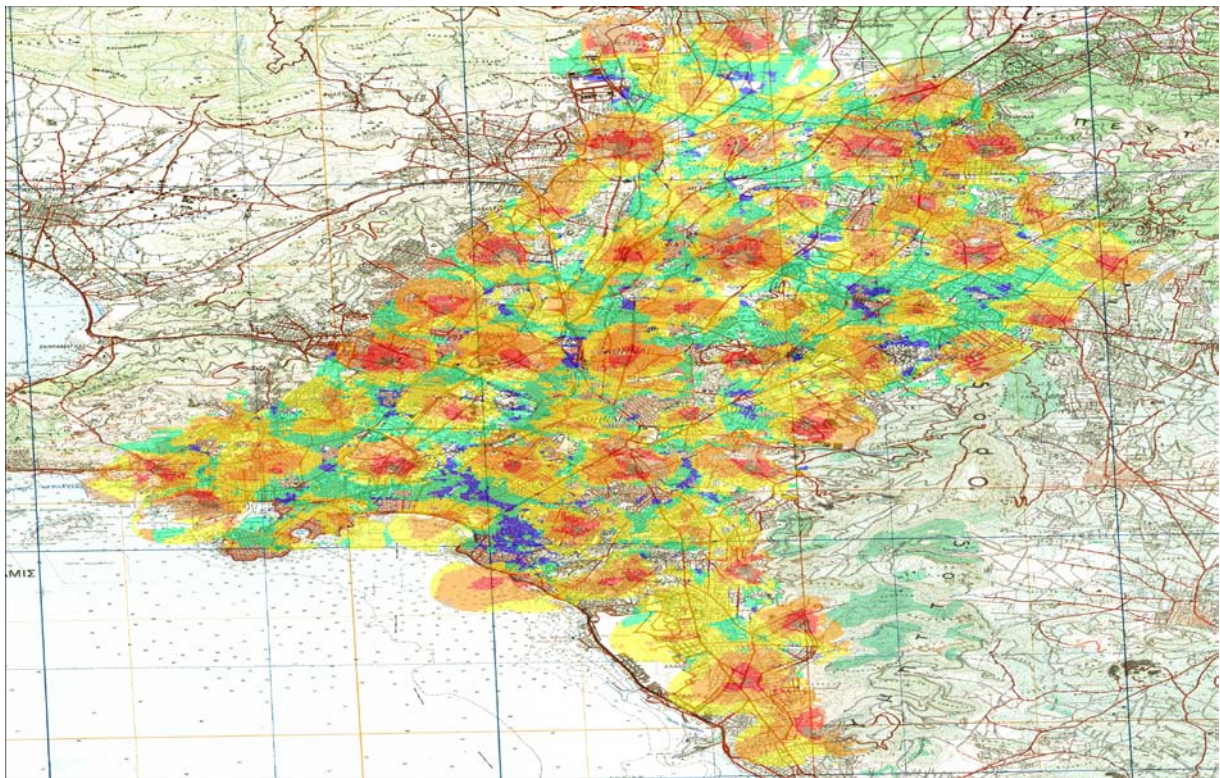
Σχήμα 4.12 Επικάλυψη Σταθμών Βάσης με επαναχρησιμοποίηση συχνотήτων

Το ποσοστό επικάλυψης, σε αυτή την περίπτωση φτάνει το 53,07%, ελαφρώς αυξημένο. Στη συνέχεια για το SIR χρησιμοποιήθηκε η επόμενη παλέτα.



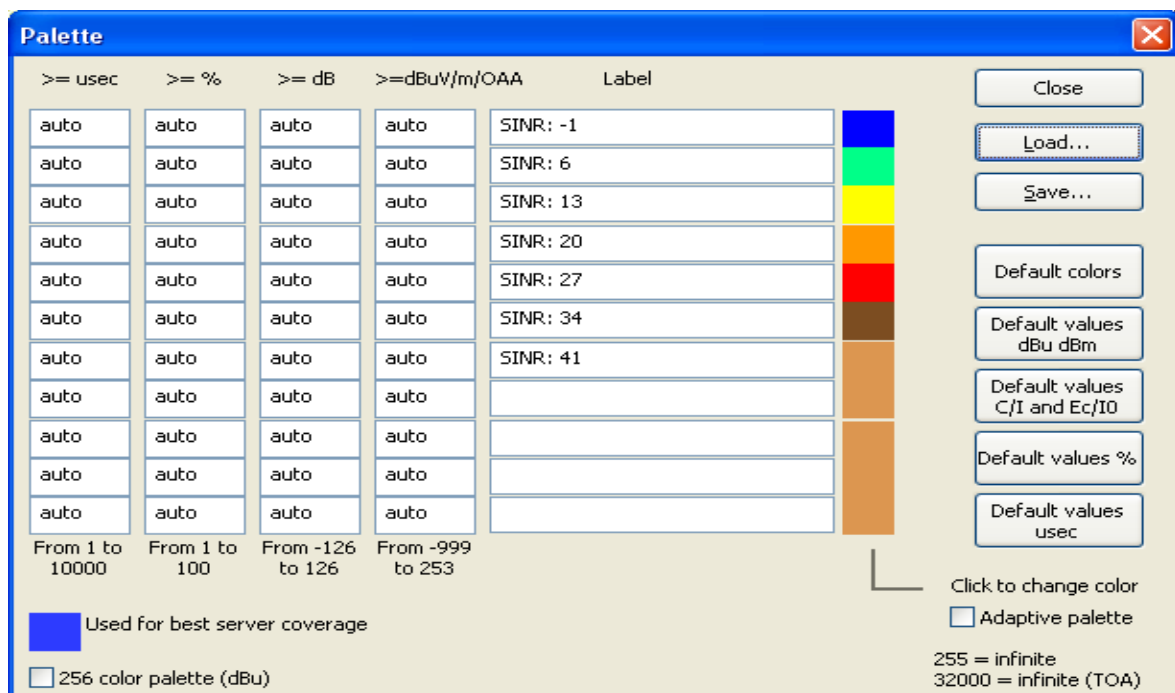
Σχήμα 4.13 Παλέτα SIR με επαναχρησιμοποίηση συχνотήτων

Το ποσοστό SIR>6 dB, φτάνει το 79,9% και το ποσοστό SIR>15 dB το 75,65%. Αυτό στον χάρτη φαίνεται στο σχήμα 4.14.



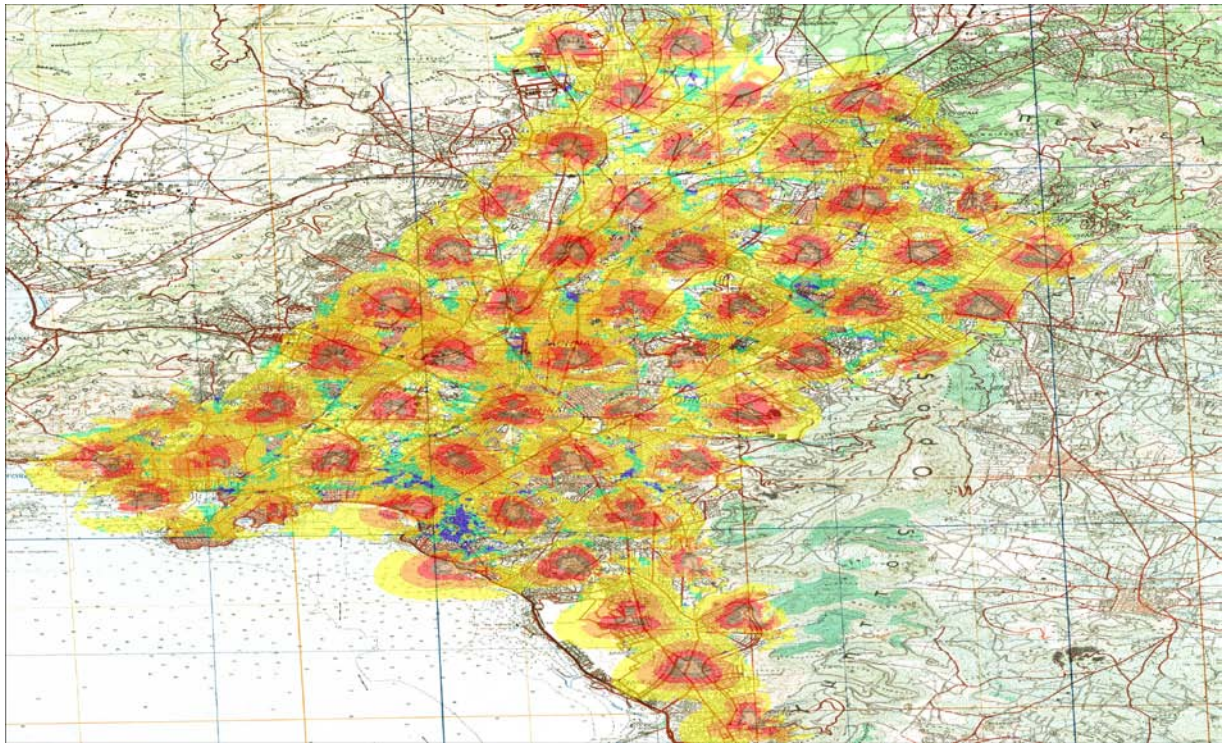
Σχήμα 4.14 Εικόνα SIR με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Για το SINR χρησιμοποιήθηκε η επόμενη παλέτα.



Σχήμα 4.15 Παλέτα SINR με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Στο σχήμα 4.16, φαίνεται το συνδυασμένο αποτέλεσμα σήματος προς παρεμβολή και θόρυβο (SINR). Αυτό ποσοτικά είναι 79,8% για SINR>6 dB και 64,16% για SIR>15 dB.



Σχήμα 4.16 Εικόνα SINR με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων

Από τα παραπάνω παρατηρούμε τις επιπτώσεις στο λόγο σήματος προς παρεμβολή, της μη επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων. Βλέπουμε ότι η παρεμβολή που δημιουργείται από τους γειτονικούς σταθμούς μειώθηκε πάρα πολύ, γεγονός το οποίο φαίνεται από το ότι αυξήθηκε το ποσοστό περιοχής την οποία μπορούμε να καλύψουμε με λόγο σήματος προς παρεμβολή μεγαλύτερο των 6 αλλά και 15 dB. Αυτό φανερώνει την δυσμενή επίδραση της μη επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων, αφού η χειροτέρευση του λόγου, εκτός της αρνητικής επίδρασης που έχει στην ραδιοκάλυψη, δυσχεραίνει την ποιότητα των υπηρεσιών (QoS) του συστήματος (διαχείριση, ποσοστό λαθών, ταχύτητα μετάδοσης, χωρητικότητα). Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για αυτή την περίπτωση φαίνονται στον πίνακα 4.6.

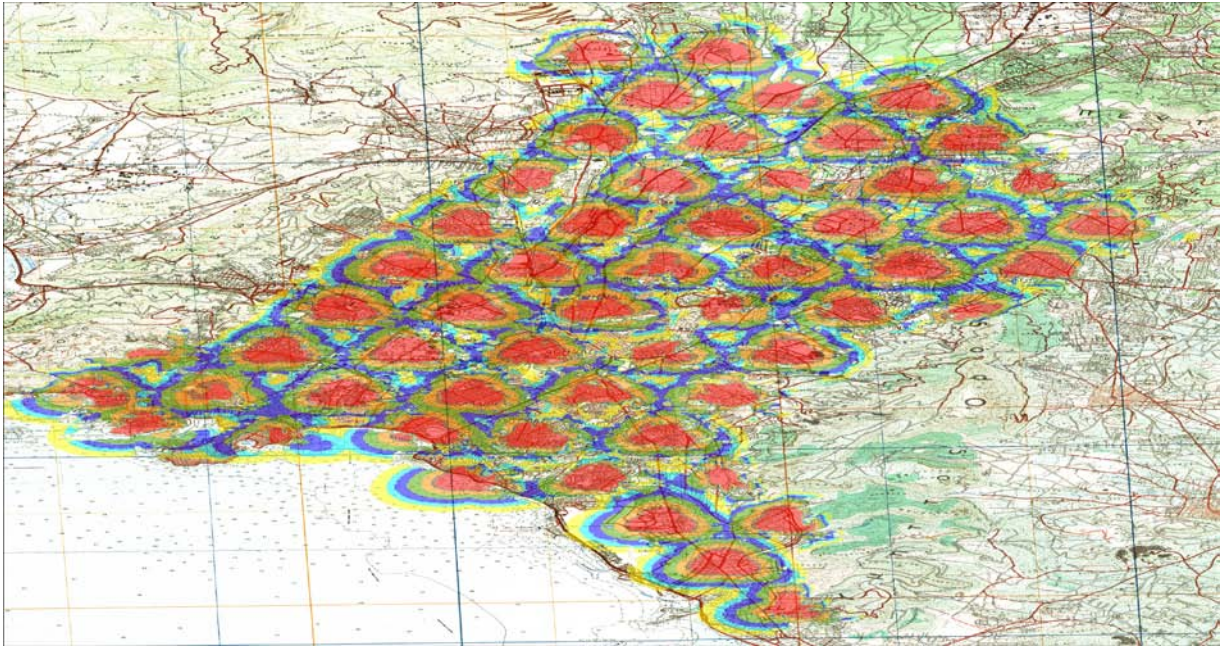
Πίνακας 4.6 Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (με επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων)

Ποσοστό Ραδιοκάλυψης (%)	SIR (%) (>6)/(>15)	SINR (%) (>6)/(>15)	Ποσοστό Επικάλυψης (%)
BFSK 1/2 :12,34 QPSK 1/2: 10,17 QPSK 3/4: 15,23 16QAM 1/2: 15,31 16QAM 3/4:10,28 64QAM 2/3 :3,78 64QAM 3/4: 13,39 Συνολικό:80,51	79,9/75,65	79,8/64,16	53,07

4.3.1.2 Έξυπνες κεραιές 2x2

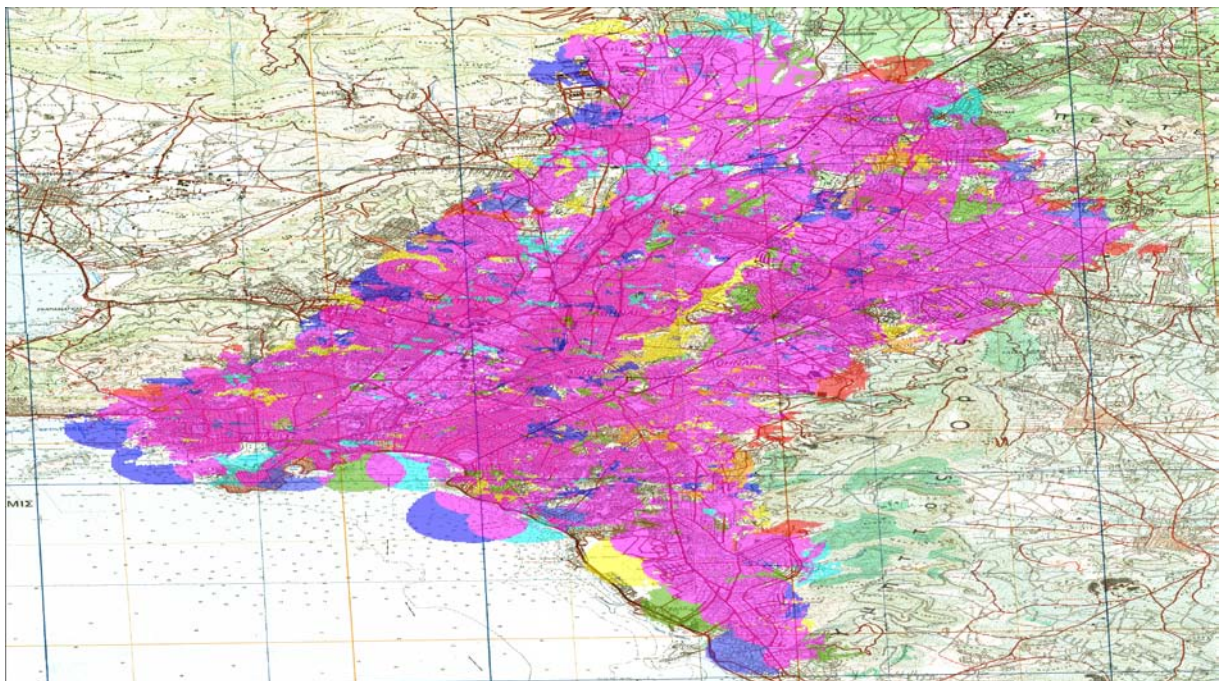
Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε έξυπνες πολλαπλές κεραιές 2x2, από τις οποίες αναμένουμε να βελτιωθούν τα αποτελέσματα της ραδιοκάλυψης που φαίνονται στο σχήμα 4.17. Η ραδιοκάλυψη

της περιοχής, είναι σαφώς μεγαλύτερη, με το ποσοστό κάλυψης να φτάνει το 89.21%. Το πλεονέκτημα αυτό, το οποίο προέρχεται από την χρήση πολλαπλών κεραιών και κατά συνέπεια από την αύξηση της EIRP, είναι το κύριο μέσο ανταγωνιστικότητας του WiMAX, απέναντι στα υπόλοιπα συστήματα. Ταυτόχρονα έχει αυξηθεί η χωρητικότητα και κατά συνέπεια η περιοχή υψηλής ταχύτητας αποστολής δεδομένων, με το ποσοστό κάλυψης με 64 QAM, να φτάνει το 24,51 %.



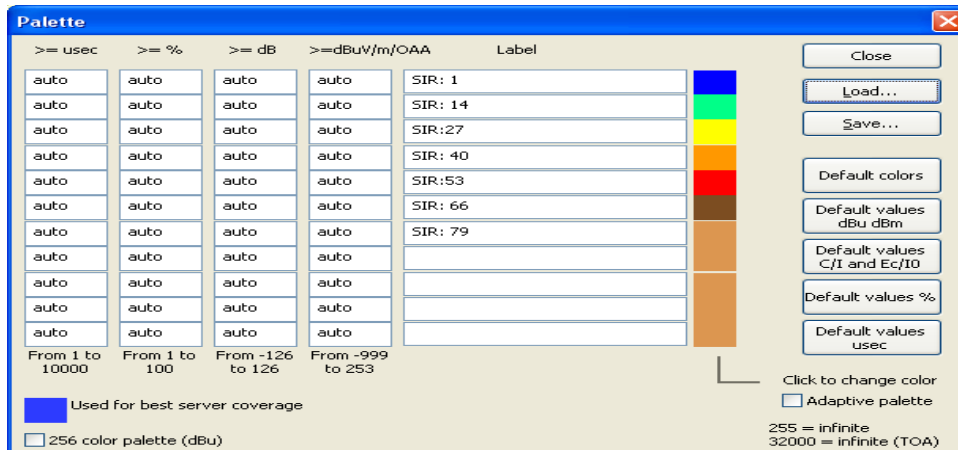
Σχήμα 4.17 Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz

Επίσης αυτό επιβεβαιώνεται και από τις απώλειες διάδοσης, όπου διαπιστώνουμε ότι η λαμβανόμενη ισχύς στα όρια της κυψέλης είναι 54,4dBμV/m ή -82,6 dBm, δηλαδή 6,4 dB πάνω, από το οριζόμενο κατώφλι και βελτιωμένη κατά 3dB από την χρήση κεραιών απλής εκπομπής. Η επικάλυψη των σταθμών σε αυτή την περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 4.18.



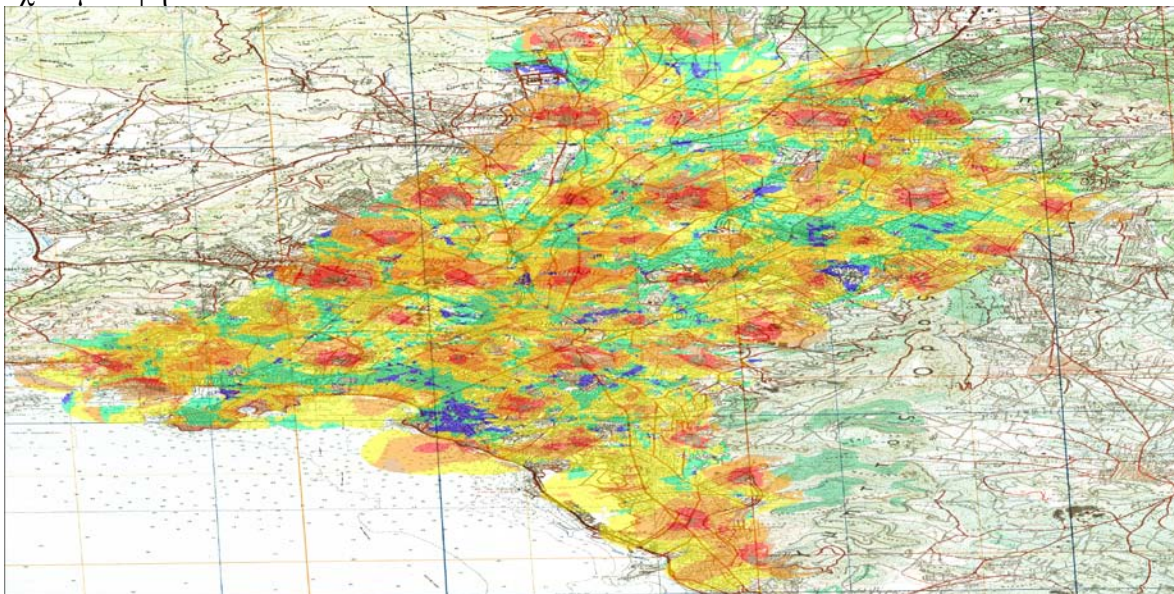
Σχήμα 4.18 Επικάλυψη Σταθμών Βάσης για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz

Το ποσοστό επικάλυψης, σε αυτή την περίπτωση φτάνει το 71,11%, επίσης αυξημένο. Η αύξηση της επικάλυψης είναι επιθυμητή - έως το σημείο βέβαια, στο οποίο δεν γίνεται σπατάλη των πόρων αλλά και επιβάρυνση της παρεμβολής μεταξύ των σταθμών- επειδή δίνεται η δυνατότητα τυχόν αδυναμίες κάλυψης ή μετακίνησης στα όρια των κυψελών να αντιμετωπίζονται με ευκολία, αλλά και υποβοήθησης για την αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος στις περιοχές στα άκρα των κυψελών, στις οποίες όπως είναι εμφανές, αυτή μειώνεται. Στη συνέχεια για το SIR χρησιμοποιήθηκε η επόμενη παλέτα.



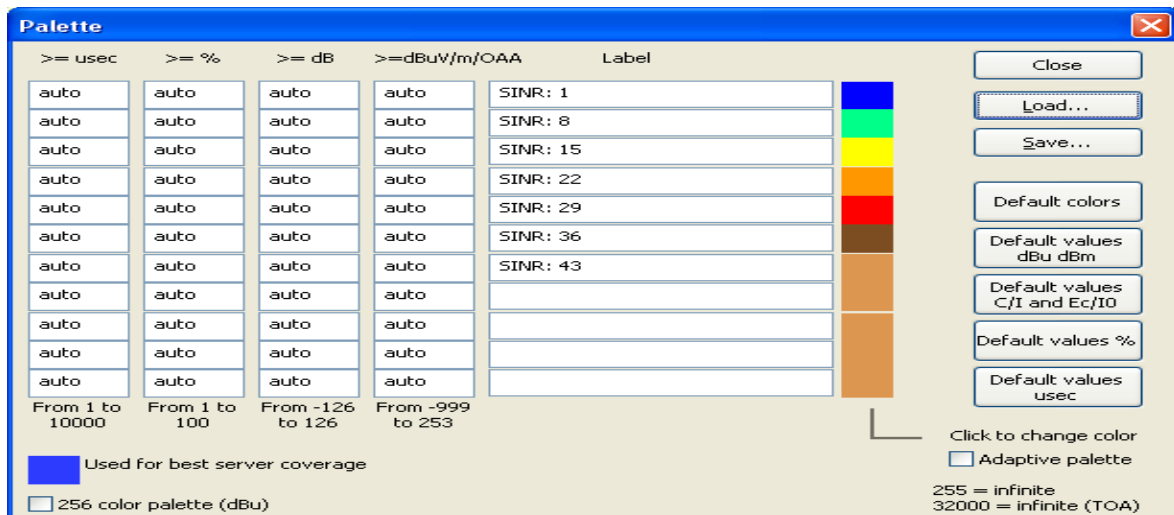
Σχήμα 4.19 Παλέτα SIR για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz

Το ποσοστό $SIR > 6$ dB, φτάνει το 88,9% και το ποσοστό $SIR > 15$ dB το 86,31%. Αυτό στον χάρτη φαίνεται στο σχήμα 4.20. Η παρεμβολή που δημιουργείται από τους γειτονικούς σταθμούς αυξήθηκε, γεγονός το οποίο φαίνεται μόνο από τη μελέτη της στο σχήμα 4.20. Το αντίθετο συμπέρασμα που θα προέκυπτε από το γεγονός ότι τα παραπάνω ποσοστά αυξάνονται, εξηγείται από το γεγονός ότι οι παραπάνω αυξήσεις οφείλονται στην επέκταση της ακτίνας κάλυψης των κεραιών των σταθμών βάσης σε περιοχές στις οποίες δεν υπήρχε καθόλου κάλυψη, το οποίο αντισταθμίζει κατά πολύ την αύξηση της παρεμβολής. Επιπλέον η αύξηση της παρεμβολής υπερκαλύπτεται από την αύξηση της ισχύος του σήματος, με αποτέλεσμα την βελτίωση των παραπάνω ποσοστών. Η αύξηση της παρεμβολής φαίνεται από τον χρωματισμό των περιοχών σε συνάρτηση με το τι υποδηλώνουν αυτά από την παλέτα. Έτσι παρατηρούμε την μείωση των περιοχών με υψηλό SIR.



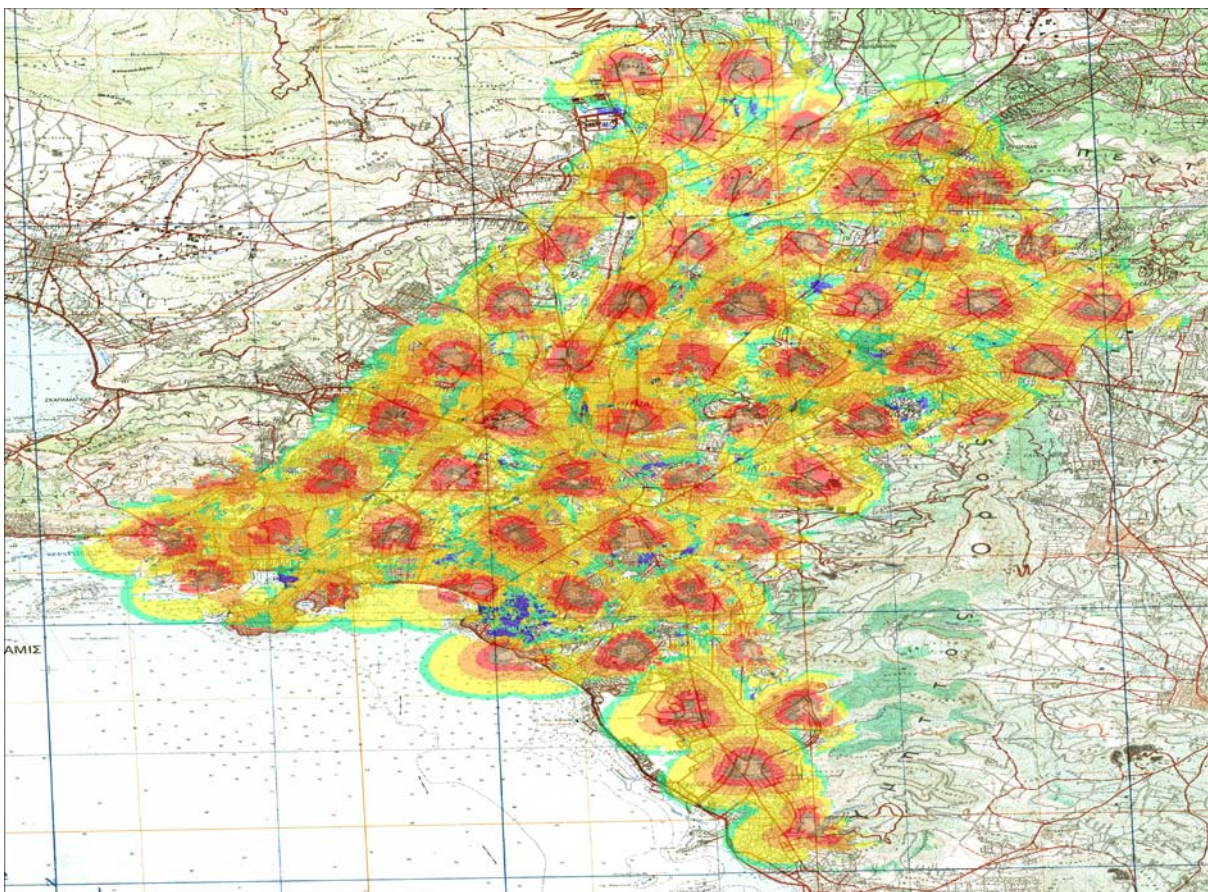
Σχήμα 4.20 Εικόνα SIR για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz

Για το SINR χρησιμοποιήθηκε η επόμενη παλέτα.



Σχήμα 4.21 Παλέτα SINR για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz

Στο σχήμα 4.22, φαίνεται το συνδυασμένο αποτέλεσμα σήματος προς παρεμβολή και θόρυβο (SINR). Αυτό ποσοτικά είναι 88,78% για SINR>6 dB και 78,31% για SIR>15 dB.



Σχήμα 4.22 Εικόνα SINR για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz

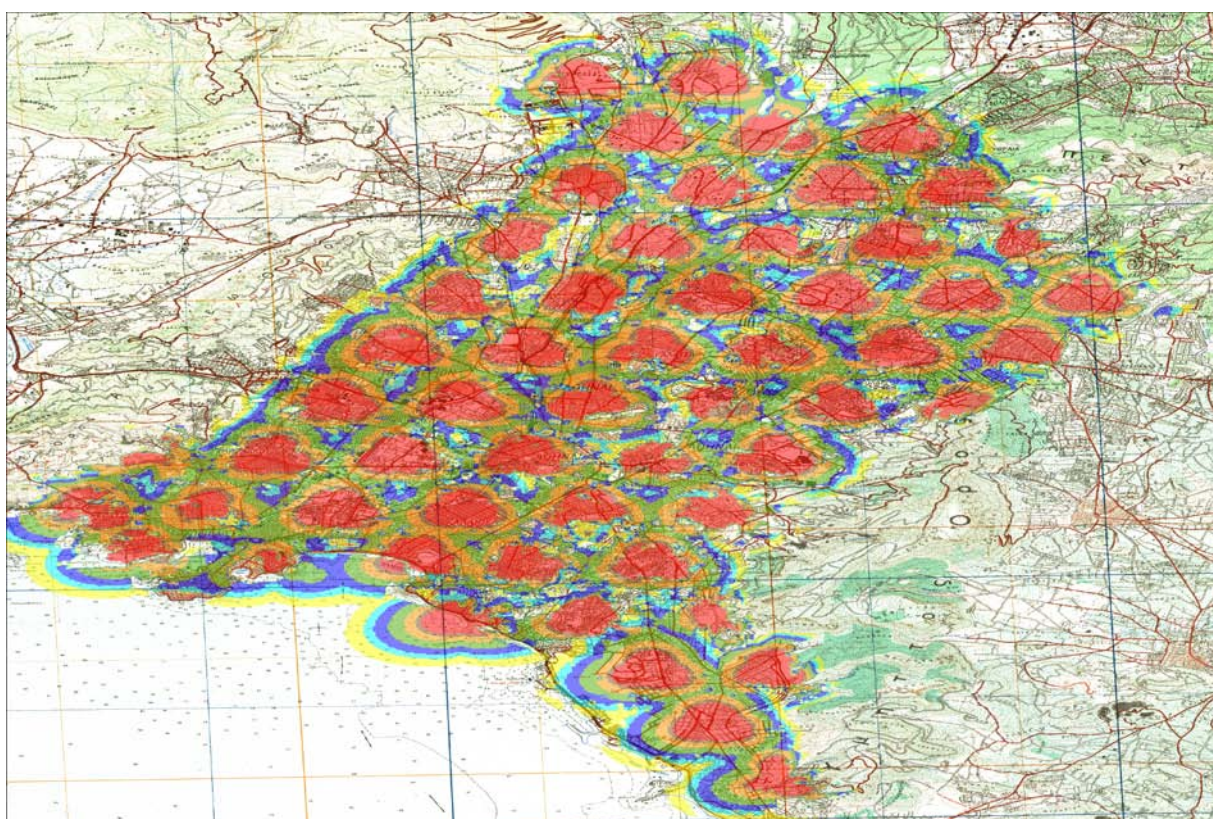
Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για αυτή την περίπτωση φαίνονται στον πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7 Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (για έξυπνες κεραιές 2x2 και εύρος ζώνης 5 MHz)

Ποσοστό Ραδιοκάλυψης (%)	SIR (%) (>6)/(>15)	SINR (%) (>6)/(>15)	Ποσοστό Επικάλυψης (%)
BFSK 1/2 :8,65 QPSK 1/2: 7,83 QPSK 3/4: 14,66 16QAM 1/2: 19,62 16QAM 3/4:13,91 64QAM 2/3 :7,31 64QAM 3/4: 17,2 Συνολικό:89,21	88,9/86,31	88,78/78,31	71,11

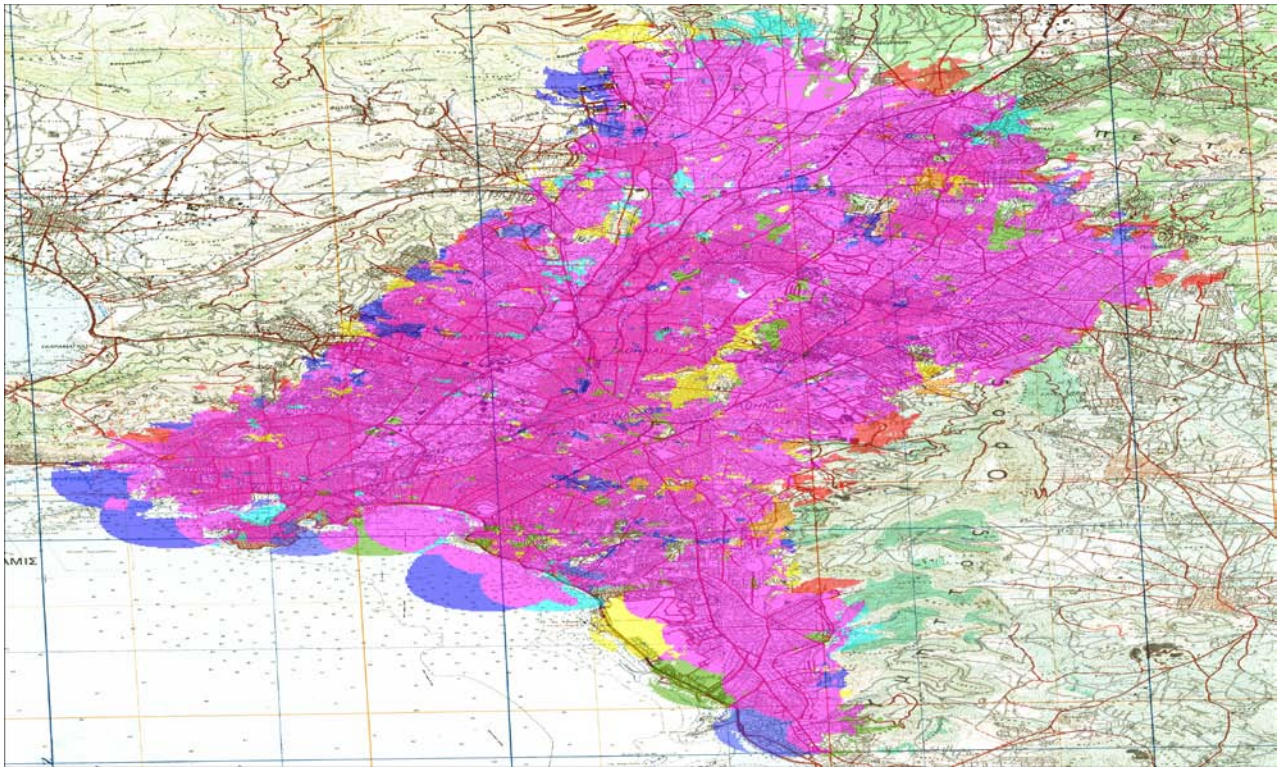
4.3.1.3 Έξυπνες κεραιές 4x2

Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε έξυπνες πολλαπλές κεραιές 4x2. Το αποτέλεσμα της ραδιοκάλυψης που επετεύχθη είναι βελτιωμένο από πριν και φαίνεται στο σχήμα 4.23. Η ραδιοκάλυψη της περιοχής, είναι ελαφρώς μεγαλύτερη, με το ποσοστό κάλυψης να φτάνει το 93,76%, ενώ έχει διπλασιαστεί και η EIRP. Ταυτόχρονα έχει αυξηθεί η χωρητικότητα και κατά συνέπεια η περιοχή υψηλής ταχύτητας αποστολής δεδομένων, με το ποσοστό κάλυψης με 64 QAM, να φτάνει το 34,49 %.



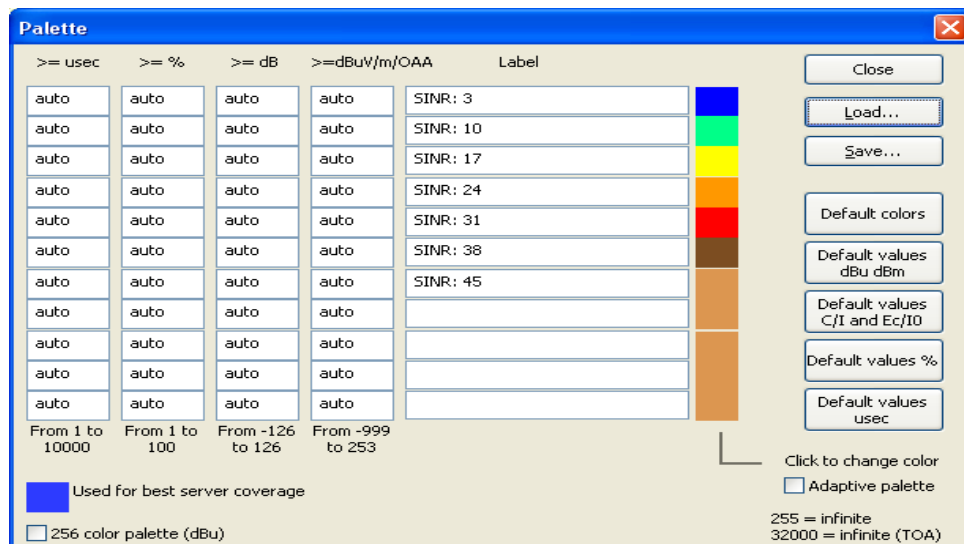
Σχήμα 4.23 Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 5 MHz.

Επίσης αυτό επιβεβαιώνεται και από τις απώλειες διάδοσης, όπου διαπιστώνουμε ότι η λαμβανόμενη ισχύς στα όρια της κυψέλης είναι 57,5dBμV/m² ή -79,6 dBm, δηλαδή 9,5 dB πάνω, από το οριζόμενο κατώφλι. Η επικάλυψη των σταθμών σε αυτή την περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 4.24.



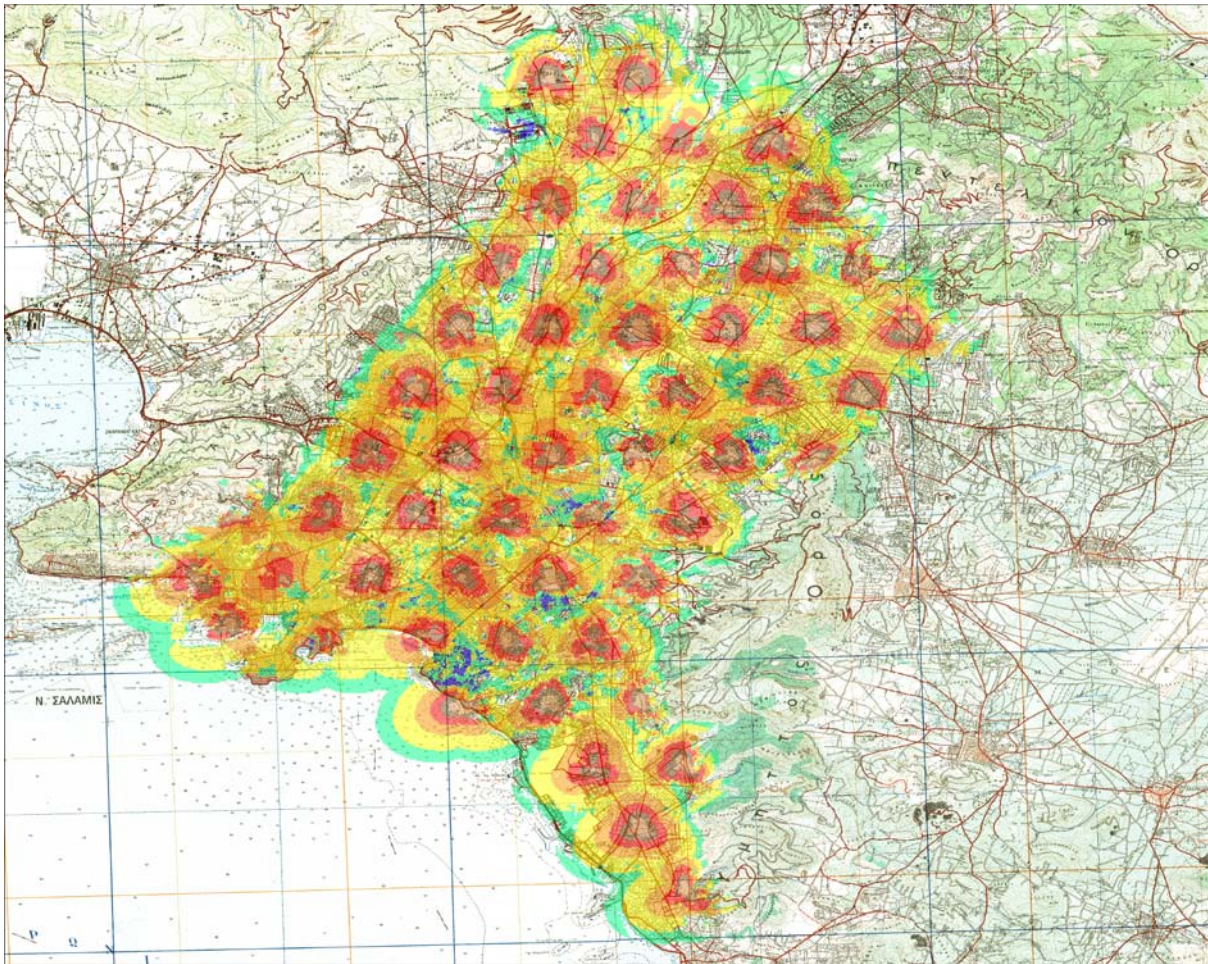
Σχήμα 4.24 Επικάλυψη Σταθμών Βάσης για έξυπνες κεραίες 4x2 και εύρος ζώνης 5 MHz

Το ποσοστό επικάλυψης, σε αυτή την περίπτωση φτάνει το 81,87 %, αυξημένο όπως αναμενόταν. Το ποσοστό $SIR > 6$ dB, φτάνει το 93,74 % και το ποσοστό $SIR > 15$ dB το 92,52%. Η παρεμβολή που δημιουργείται από τους γειτονικούς σταθμούς, ομοίως αυξήθηκε για λόγους που έχουν προαναφερθεί. Για το SINR χρησιμοποιήθηκε η επόμενη παλέτα.



Σχήμα 4.25 Παλέτα SINR για έξυπνες κεραίες 4x2 και εύρος ζώνης 5 MHz

Στην εικόνα 5.30, φαίνεται το συνδυασμένο αποτέλεσμα σήματος προς παρεμβολή και θόρυβο (SINR). Αυτό ποσοτικά είναι 93,71% για $SINR > 6$ dB και 88,06% για $SIR > 15$ dB.



Σχήμα 4.26 Εικόνα SINR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 5 MHz

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για αυτή την περίπτωση φαίνονται στον πίνακα 4.8.

Πίνακας 4.8 Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 5 MHz)

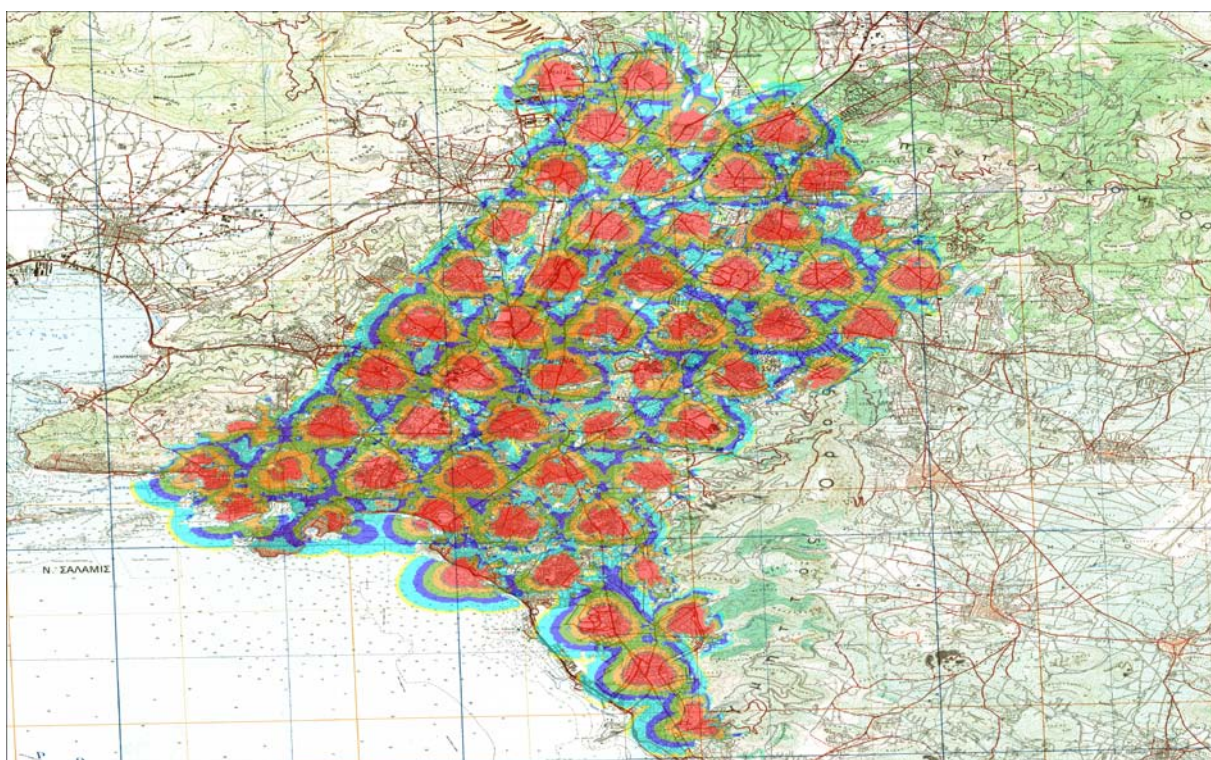
Ποσοστό Ραδιοκάλυψης (%)	SIR (%) (>6)/(>15)	SINR (%) (>6)/(>15)	Ποσοστό Επικάλυψης (%)
BFSK 1/2 :4,52 QPSK 1/2: 5,29 QPSK 3/4: 11,16 16QAM 1/2: 20,15 16QAM 3/4:18,13 64QAM 2/3 :9,94 64QAM 3/4: 24,55 Συνολικό:93,76	93,74/92,52	93,71/88,06	81,87

4.3.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων με εύρος ζώνης καναλιού 7 MHz

Από τα μέχρι τώρα εξαγόμενα συμπεράσματα είναι φανερό η εκ των πρὶν οὐκ ἄνευ χρησιμοποίηση έξυπνων κεραιών, καθώς και η επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων. Έτσι τα επόμενα σενάρια θα θεωρούν δεδομένη την παράμετρο αυτή και ειδικότερα την έξυπνη κεραιά 4x2. Επιπλέον έγινε

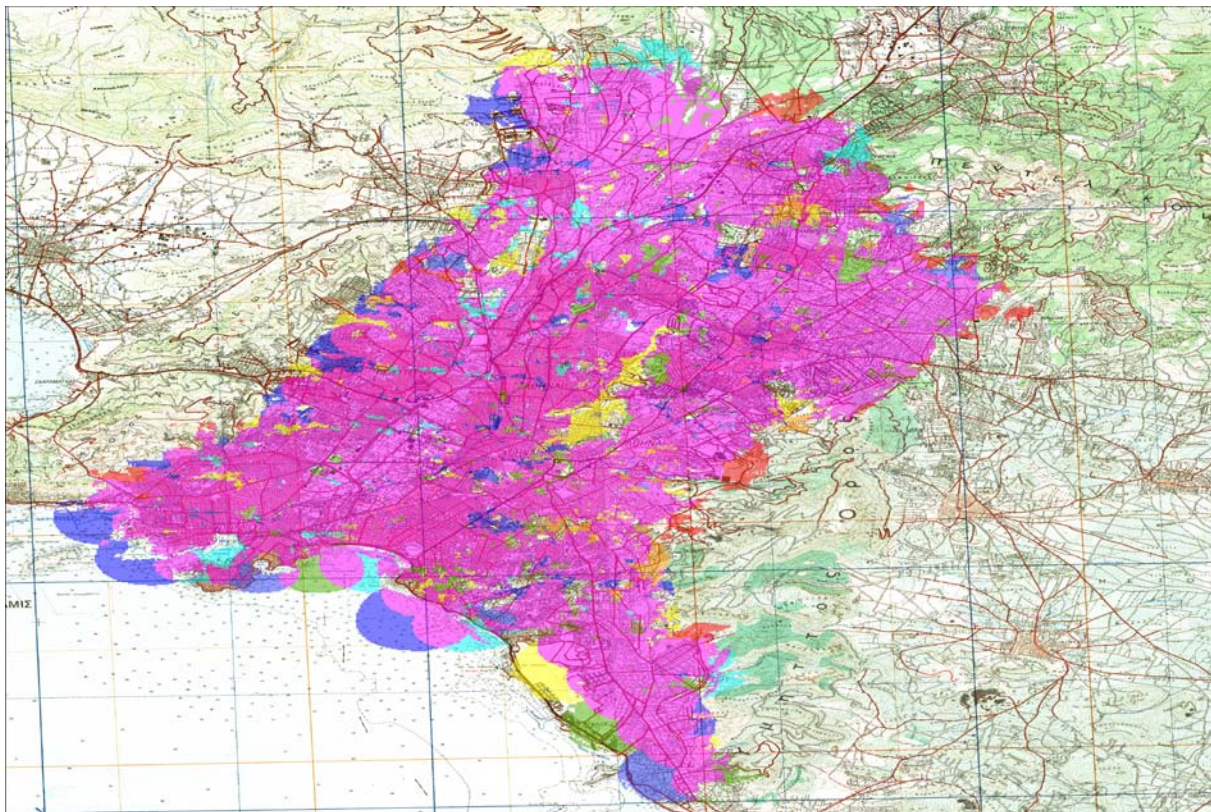
βελτίωση της θέσης των σταθμών σε κάποιες θέσεις όπου κρίθηκε αναγκαίο. Προχωρώντας στη συνέχεια σε εύρος ζώνης καναλιού 7 MHz, το αποτέλεσμα της ραδιοκάλυψης που επιτεύχθηκε φαίνεται στο σχήμα 4.27. Η ραδιοκάλυψη της περιοχής, είναι ελαφρώς μικρότερη, με το ποσοστό κάλυψης να φτάνει το 91,1%. Το μειωμένο αυτό ποσοστό οφείλεται στα μειωμένα όρια κατώφλιου που προβλέπονται για αυτό το εύρος ζώνης καναλιού. Στη περίπτωση αυτή η συνολική παρεμβολή (Global interference) φτάνει το 4,3458 %, ενώ η παρεμβολή του βέλτιστου σταθμού (Best server interference) είναι 2.7578 %. Η παρεμβολή είναι αυξημένη, διότι με μεγαλύτερο εύρος ζώνης καναλιού, μειώνεται αναγκαστικά ο διαθέσιμος αριθμός συχνοτήτων προς κατανομή, με συνέπεια μικρότερη απόσταση ομοιοδιαυλικής παρεμβολής.

Αυτό βέβαια δεν συνεπάγεται μικρότερο ρυθμό μετάδοσης αλλά αύξηση όπως προβλέπεται από τη σχετική εξίσωση (εξίσ. 2), αλλά και όπως αναμένουμε από το αυξημένο χρησιμοποιούμενο εύρος ζώνης. Αντίστοιχα έχει αυξηθεί και η χωρητικότητα. Αντίθετα η περιοχή υψηλής ταχύτητας αποστολής δεδομένων, δηλαδή οι περιοχές με υψηλού ρυθμού μετάδοσης διαμορφώσεις έχει μειωθεί, με το ποσοστό κάλυψης με 64 QAM, να μειώνεται στο 27,33 %.



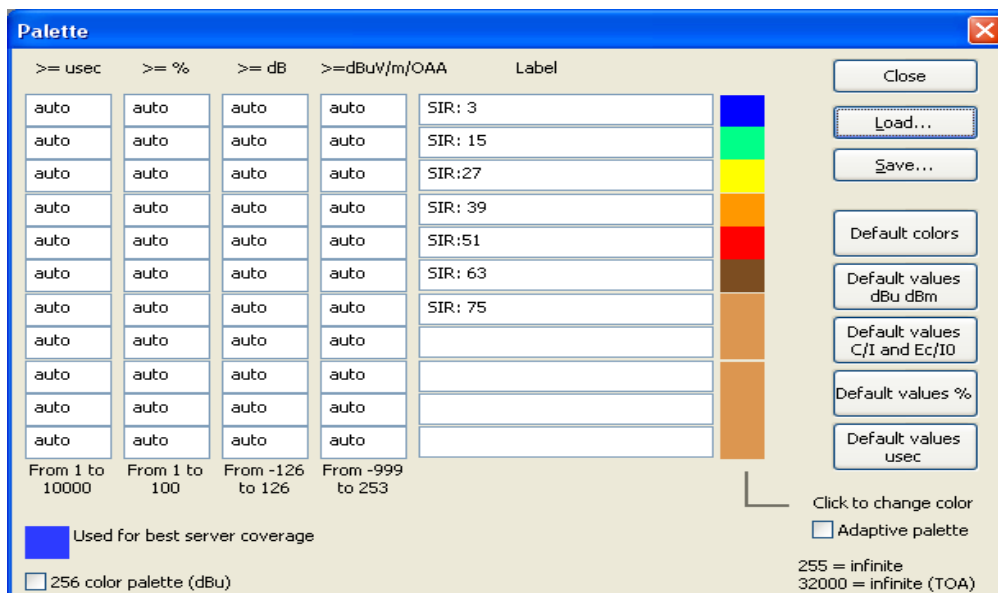
Σχήμα 4.27 Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz

Επίσης αυτό επιβεβαιώνεται και από τις απώλειες διάδοσης, όπου διαπιστώνουμε ότι η λαμβανόμενη ισχύς στα όρια της κυψέλης είναι 57,5dBμV/m ή -79,6 dBm, δηλαδή 7,5 dB πάνω, από το οριζόμενο κατώφλι για το εύρος ζώνης καναλιού των 7 MHz. Χαρακτηριστικό είναι ότι η ισχύς είναι ίδια στο συγκεκριμένο σημείο με την αντίστοιχη για το εύρος ζώνης καναλιού των 5 MHz, με τη διαφορά να βρίσκεται στο κατώφλι. Η επικάλυψη των σταθμών σε αυτή την περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 4.28.



Σχήμα 4.28 Επικάλυψη Σταθμών Βάσης για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz

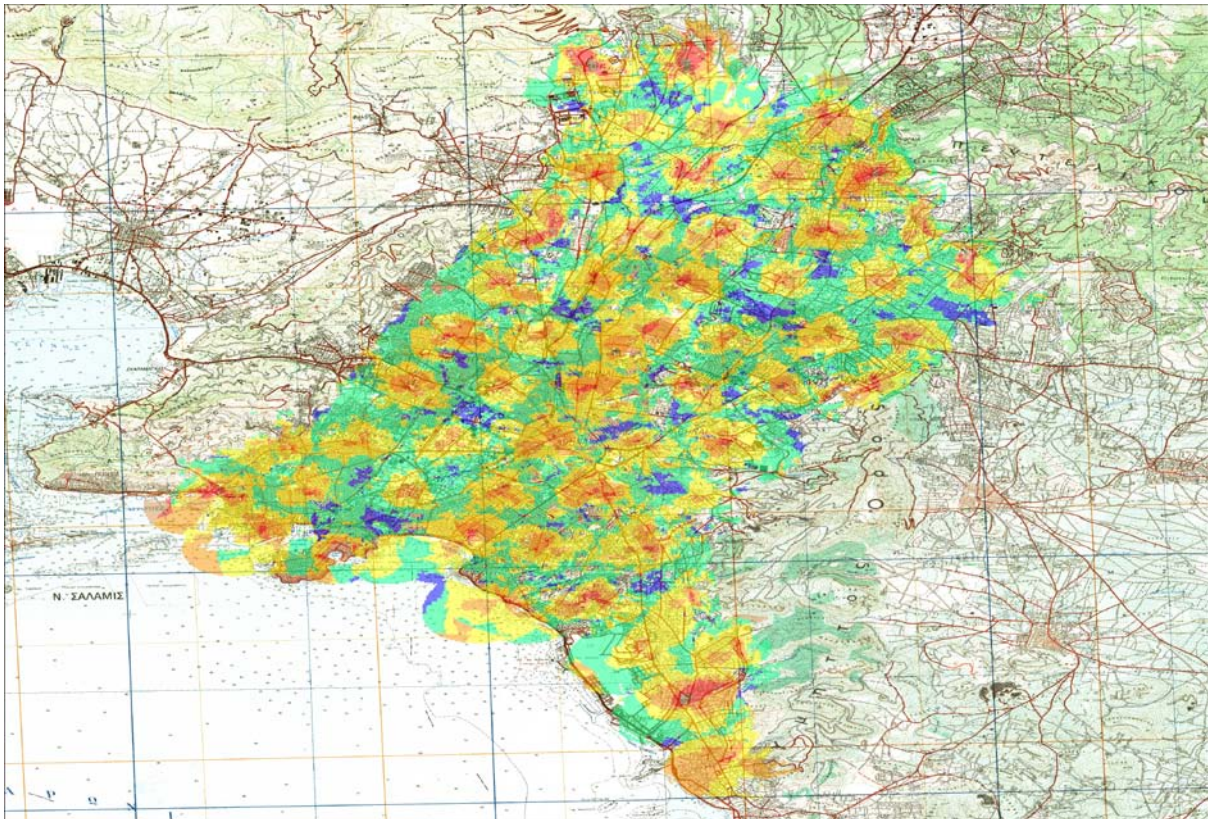
Το ποσοστό επικάλυψης, σε αυτή την περίπτωση φτάνει το 75,29%, επίσης μειωμένο. Η μείωση αυτή οφείλεται επίσης όπως και πριν στα διαφορετικά όρια κατωφλίων. Στη συνέχεια για το SIR χρησιμοποιήθηκε η επόμενη παλέτα.



Σχήμα 4.29 Παλέτα SIR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz

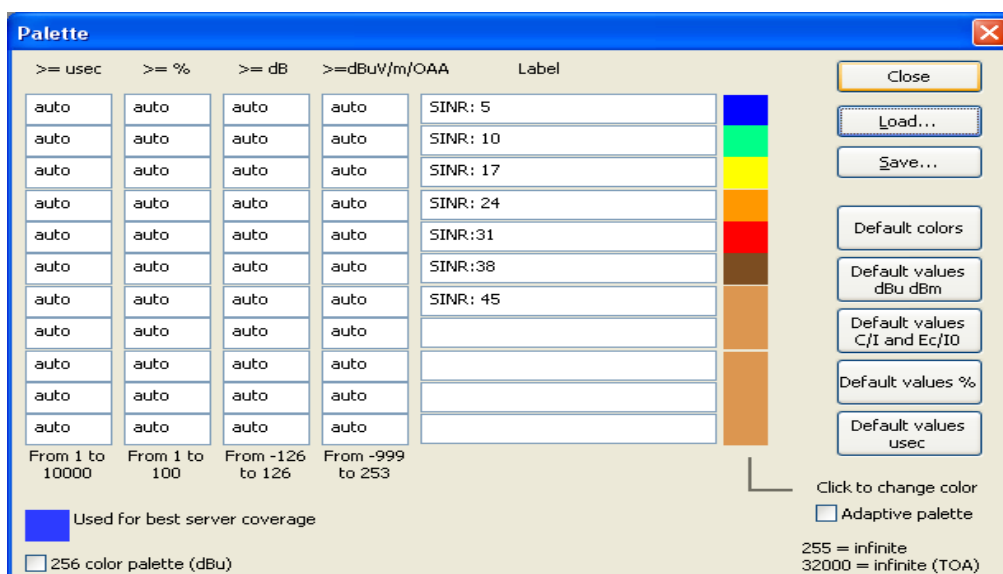
Το ποσοστό SIR>6 dB, φτάνει το 91,05% και το ποσοστό SIR>15 dB το 86,1%. Αυτό στον χάρτη φαίνεται στο σχήμα 4.30.

Η παρεμβολή που δημιουργείται από τους γειτονικούς σταθμούς μειώνεται, γεγονός το οποίο φαίνεται μόνο από τη μελέτη του σχήματος 4.30. Αυτό οφείλεται στα μικρότερα όρια των καταωφλίων επίσης όπως και προηγουμένως. Το αντίθετο συμπέρασμα που θα προέκυπτε από το γεγονός ότι τα παραπάνω ποσοστά μειώνονται, εξηγείται από το γεγονός ότι οι παραπάνω μειώσεις οφείλονται στην μείωση της ακτίνας κάλυψης των κεραιών των σταθμών βάσης.



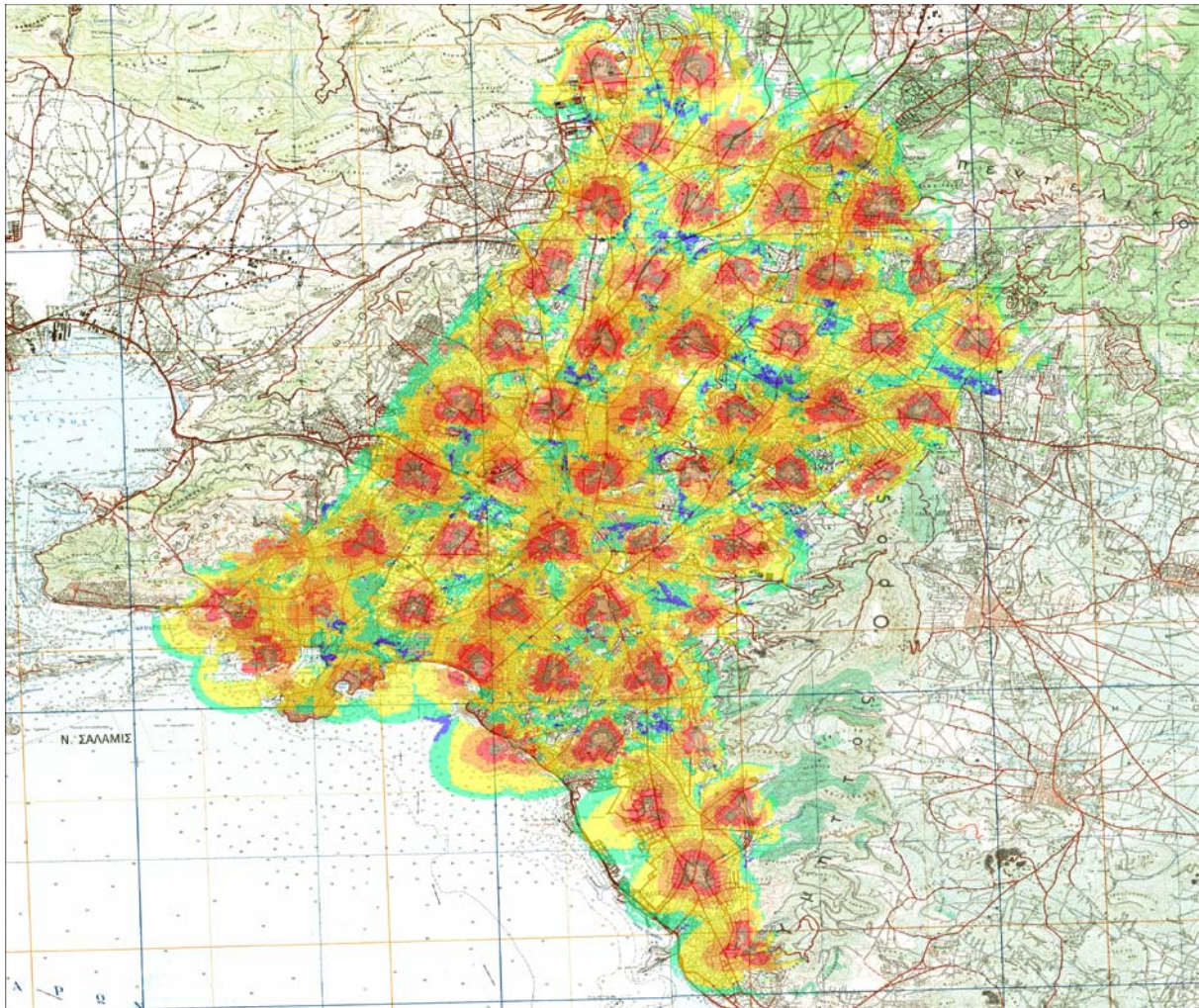
Σχήμα 4.30 Εικόνα SIR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz

Για το SINR χρησιμοποιήθηκε η επόμενη παλέτα.



Σχήμα 4.31 Παλέτα SINR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz

Στο σχήμα 4.32, φαίνεται το συνδυασμένο αποτέλεσμα σήματος προς παρεμβολή και θόρυβο (SINR). Αυτό ποσοτικά είναι 91,02% για SINR>6 dB και 82,4% για SIR>15 dB.



Σχήμα 4.32 Εικόνα SINR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για αυτή την περίπτωση φαίνονται στον πίνακα 4.9.

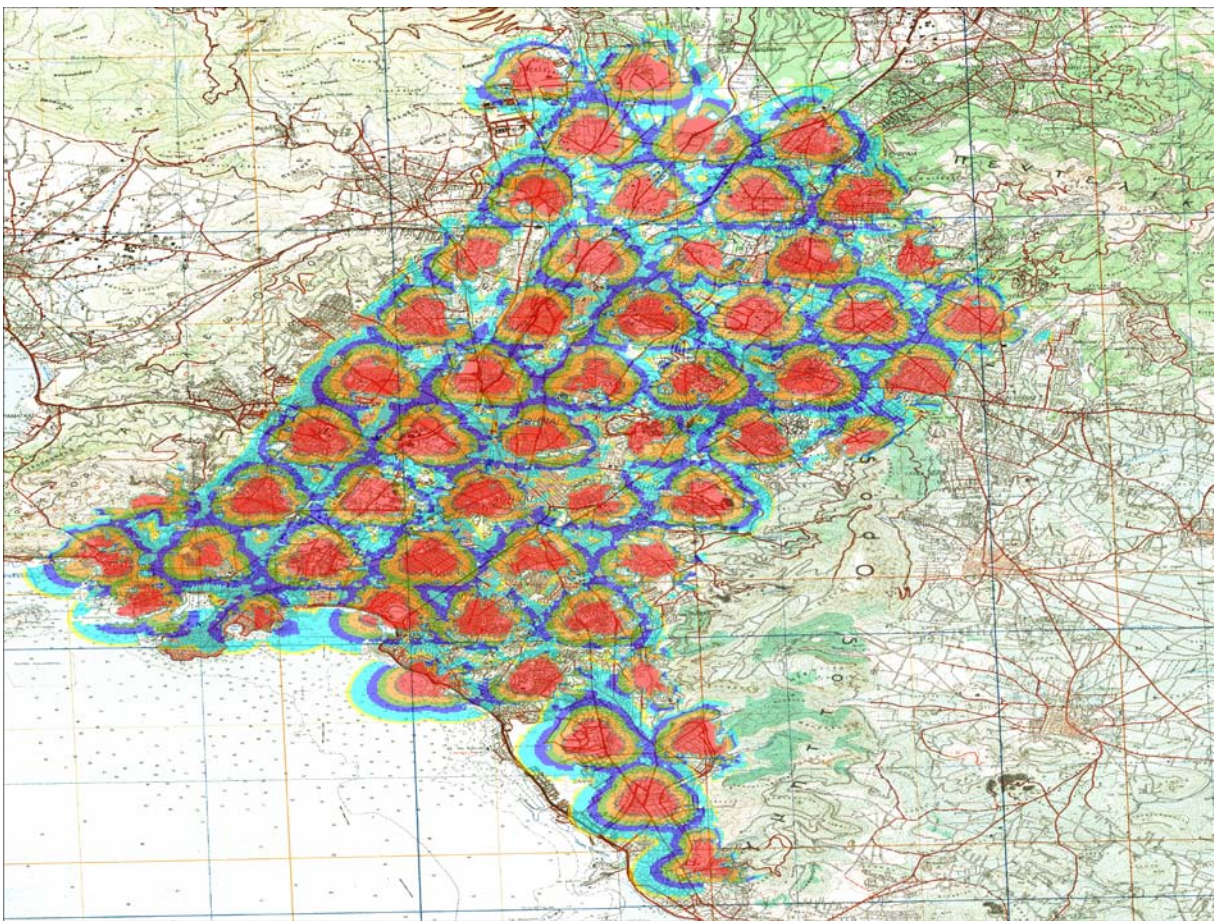
Πίνακας 4.9 Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 7 MHz)

Ποσοστό Ραδιοκάλυψης (%)	SIR (%) (>6)/(>15)	SINR (%) (>6)/(>15)	Ποσοστό Επικάλυψης (%)
BFSK 1/2 :1,86 QPSK 1/2: 8,65 QPSK 3/4: 17,14 16QAM 1/2: 20,58 16QAM 3/4:15,33 64QAM 2/3 :8,12 64QAM 3/4: 19,41 Συνολικό:91,1	91,05/86,1	91,02/82,4	75,29

4.3.3 Αποτελέσματα προσομοιώσεων με εύρος ζώνης καναλιού 10 MHz

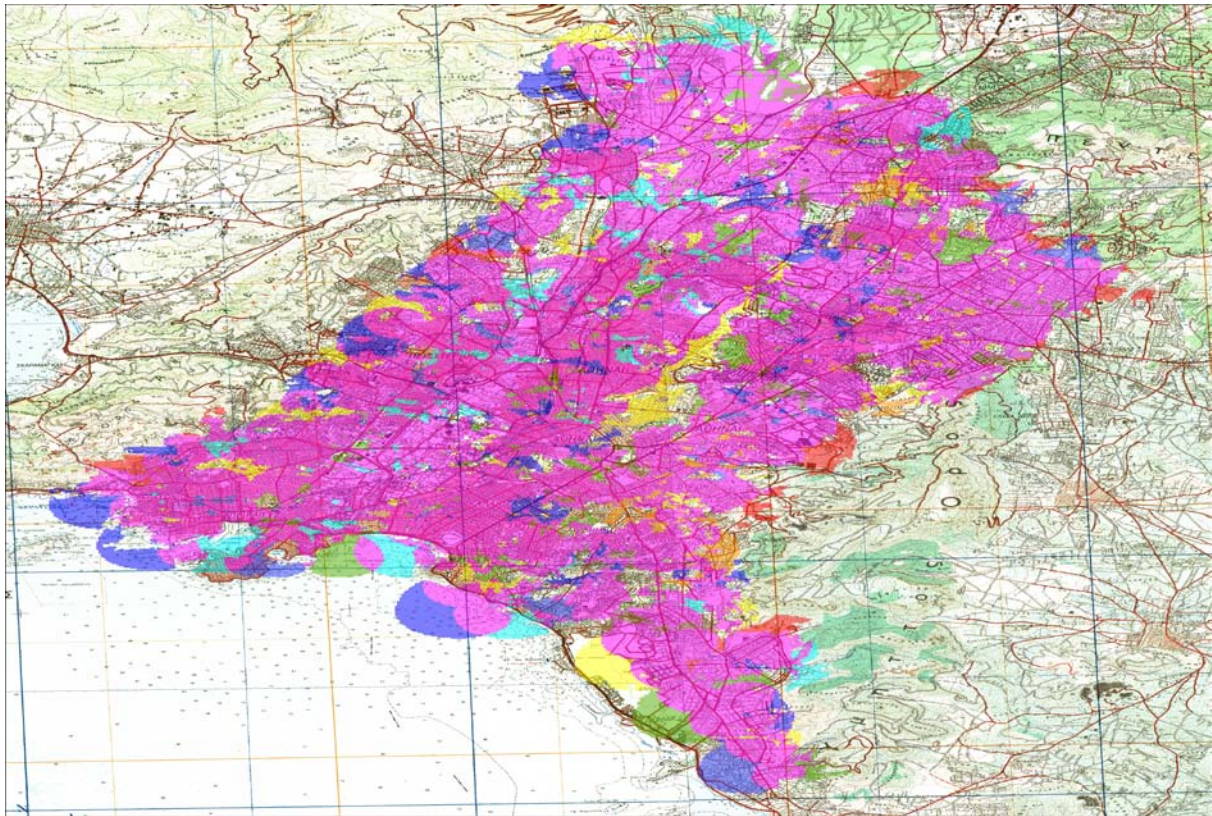
Με την επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων η συνολική παρεμβολή (Global interference) φτάνει το 4,0308 %, ενώ η παρεμβολή του βέλτιστου σταθμού (Best server interference) είναι 1.8993 %. Η παρεμβολή είναι αυξημένη, διότι με ακόμα μεγαλύτερο εύρος ζώνης καναλιού, μειώνεται αναγκαστικά επιπλέον ο διαθέσιμος αριθμός συχνοτήτων προς κατανομή, με συνέπεια μικρότερη απόσταση ομοιοδιαυλικής παρεμβολής.

Το αποτέλεσμα της ραδιοκάλυψης που επετεύχθη φαίνεται στην εικόνα 5.38. Η ραδιοκάλυψη της περιοχής, είναι ακόμα μικρότερη, με το ποσοστό κάλυψης να φτάνει το 86,89%. Το μειωμένο αυτό ποσοστό οφείλεται στα ακόμα μικρότερα όρια κατωφλίων που προβλέπονται για το εύρος ζώνης καναλιού των 10 MHz . Αυτό όπως και στα 7 MHz δεν συνεπάγεται μικρότερο ρυθμό μετάδοσης αλλά αύξηση. Αντίστοιχα έχει αυξηθεί και η χωρητικότητα. Αντίθετα η περιοχή υψηλής ταχύτητας αποστολής δεδομένων, έχει μειωθεί, με το ποσοστό κάλυψης με 64 QAM, να μειώνεται στο 24,56 %.



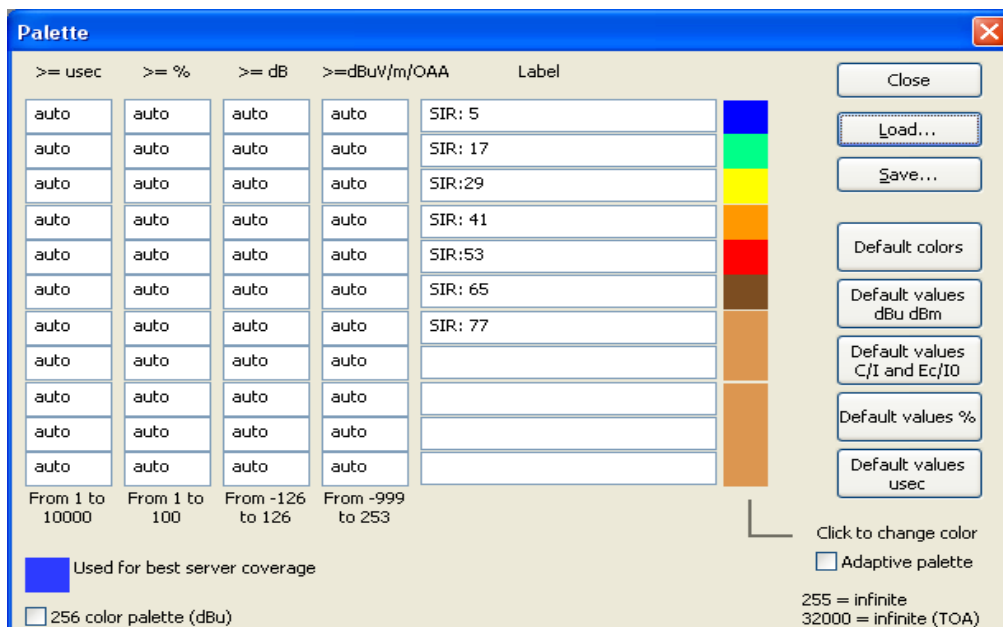
Σχήμα 4.33 Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz

Επίσης αυτό επιβεβαιώνεται και από τις απώλειες διάδοσης, όπου διαπιστώνουμε ότι η λαμβανόμενη ισχύς στα όρια της κυψέλης είναι 57,5dBmV/m ή -79,6 dBm, δηλαδή 5,5 dB πάνω, από το οριζόμενο κατώφλι για το εύρος ζώνης καναλιού των 10 MHz. Η ισχύς είναι ίδια στο συγκεκριμένο σημείο με την αντίστοιχη για το εύρος ζώνης καναλιού των 5 και 7 MHz, με τη διαφορά να βρίσκεται στα όρια κατωφλίου. Η επικάλυψη των σταθμών σε αυτή την περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 4.34.



Σχήμα 4.34 Επικάλυψη Σταθμών Βάσης για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz

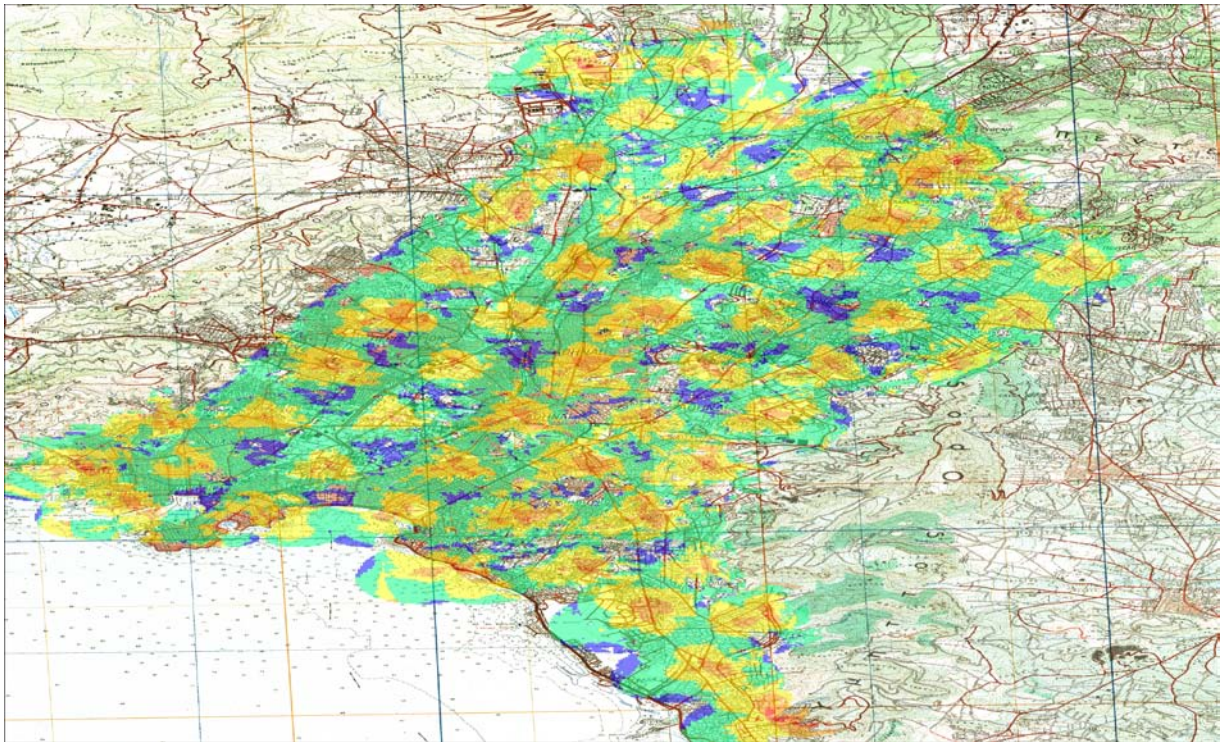
Το ποσοστό επικάλυψης, σε αυτή την περίπτωση φτάνει το 66,14%, επίσης μειωμένο. Η μείωση αυτή οφείλεται επίσης όπως και πριν στα διαφορετικά όρια κατωφλίων. Στη συνέχεια για το SIR χρησιμοποιήθηκε η επόμενη παλέτα.



Σχήμα 4.35 Παλέτα SIR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz

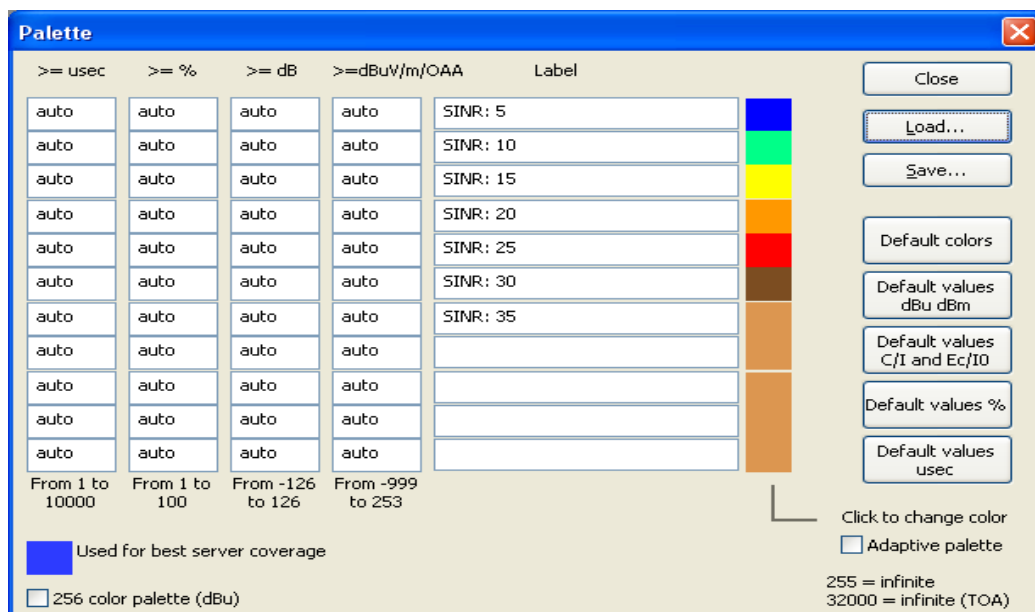
Το ποσοστό SIR>6 dB, φτάνει το 86,88% και το ποσοστό SIR>15 dB το 82,49%. Αυτό στον χάρτη φαίνεται στο σχήμα 4.36.

Η παρεμβολή που δημιουργείται από τους γειτονικούς σταθμούς μειώνεται, το οποίο φαίνεται και από τη μελέτη του σχήματος 4.36.



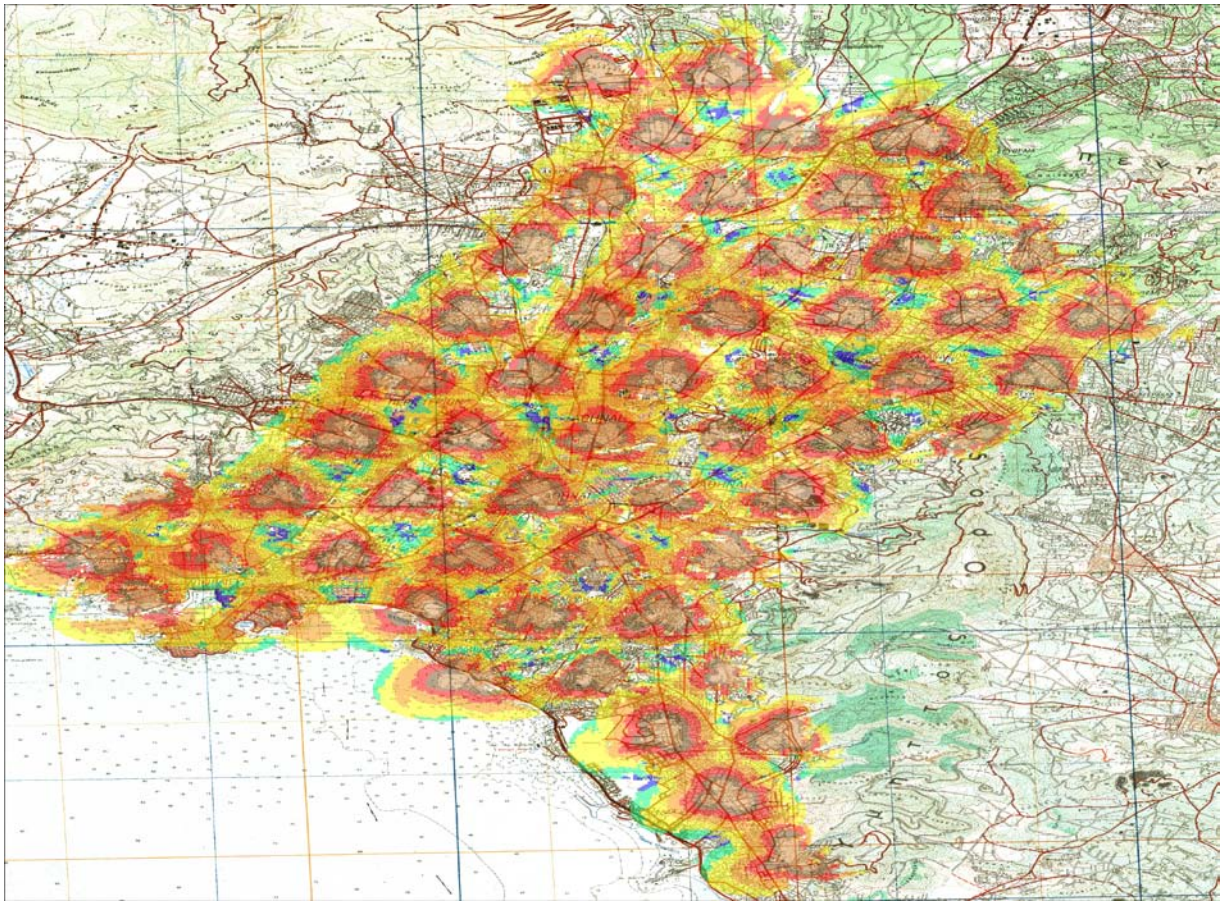
Σχήμα 4.36 Εικόνα SIR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz

Για το SINR χρησιμοποιήθηκε η επόμενη παλέτα.



Σχήμα 4.37 Παλέτα SINR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz

Στο σχήμα 4.38, φαίνεται το συνδυασμένο αποτέλεσμα σήματος προς παρεμβολή και θόρυβο (SINR). Αυτό ποσοτικά είναι 86,88% για SINR>6 dB και 79,77% για SIR>15 dB.



Σχήμα 4.38 Εικόνα SINR για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για αυτή την περίπτωση φαίνονται στον πίνακα 4.10.

Πίνακας 4.10 Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (για έξυπνες κεραιές 4x2 και εύρος ζώνης 10 MHz)

Ποσοστό Ραδιοκάλυψης (%)	SIR (%) (>6)/(>15)	SINR (%) (>6)/(>15)	Ποσοστό Επικάλυψης (%)
BFSK 1/2 :2,94 QPSK 1/2: 15,67 QPSK 3/4: 15,64 16QAM 1/2: 14,15 16QAM 3/4:13,93 64QAM 2/3 :7,32 64QAM 3/4: 17,24 Συνολικό:86,89	86,88/82,49	86,88/79,77	66,14

4.3.4 Συμπεράσματα – Συγκρίσεις – Σύνοψη Αποτελεσμάτων Προσομοιώσεων με το Μοντέλο SUI

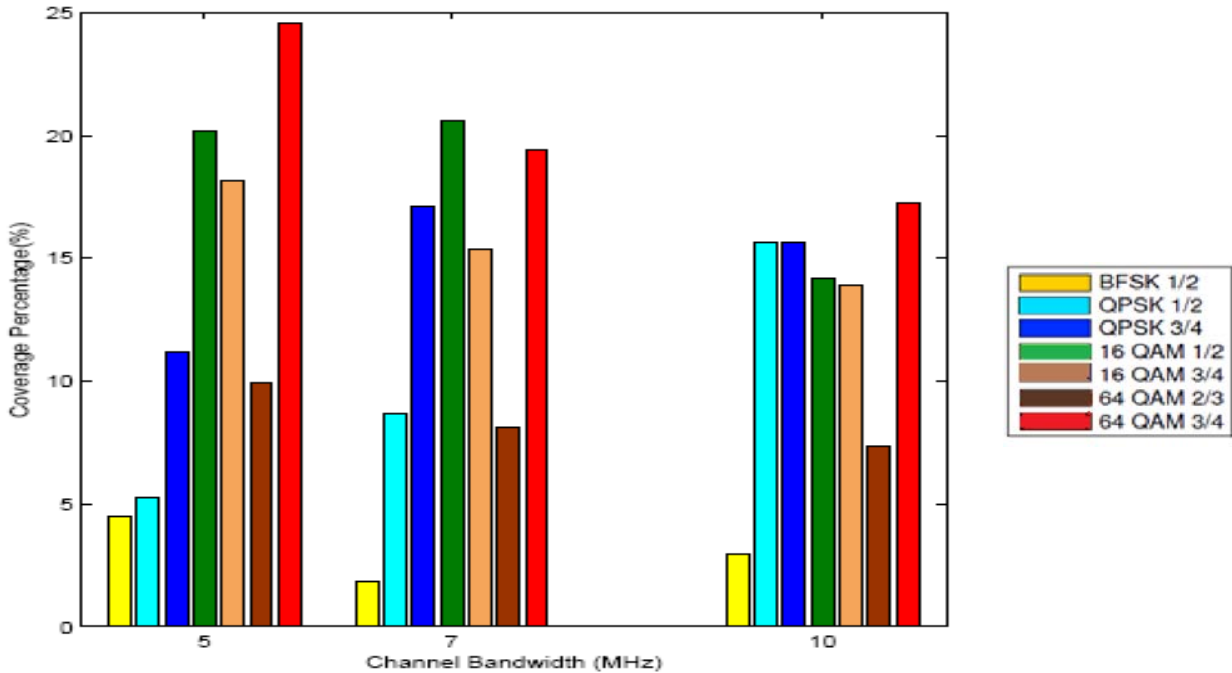
4.3.4.1 Σύγκριση σε διάφορα εύρη ζώνης καναλιού

Στον επόμενο πίνακα συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα για τα εύρη ζώνης καναλιού που έχουν προσομοιωθεί, ανά διαμόρφωση αλλά και συνολικά.

Πίνακας 4.11 Συνολικά στατιστικά στοιχεία κάλυψης για διάφορα εύρη ζώνης

Εύρος Ζώνης Καναλιού	Διαμόρφωση							Συνολική Κάλυψη
	BFSK $\frac{1}{2}$	QPSK $\frac{1}{2}$	QPSK $\frac{3}{4}$	16QAM $\frac{1}{2}$	16QAM $\frac{3}{4}$	64QAM $\frac{2}{3}$	64QAM $\frac{3}{4}$	
5 MHz	4.52	5.29	11.16	20.15	18.13	9.94	24.55	93.76
7 MHz	1.86	8.65	17.14	20.58	15.33	8.12	19.41	91.1
10 MHz	2.94	15.67	15.64	14.15	13.93	7.32	17.24	86.89

Τα παραπάνω φαίνονται γραφικά στο σχήμα 4.39

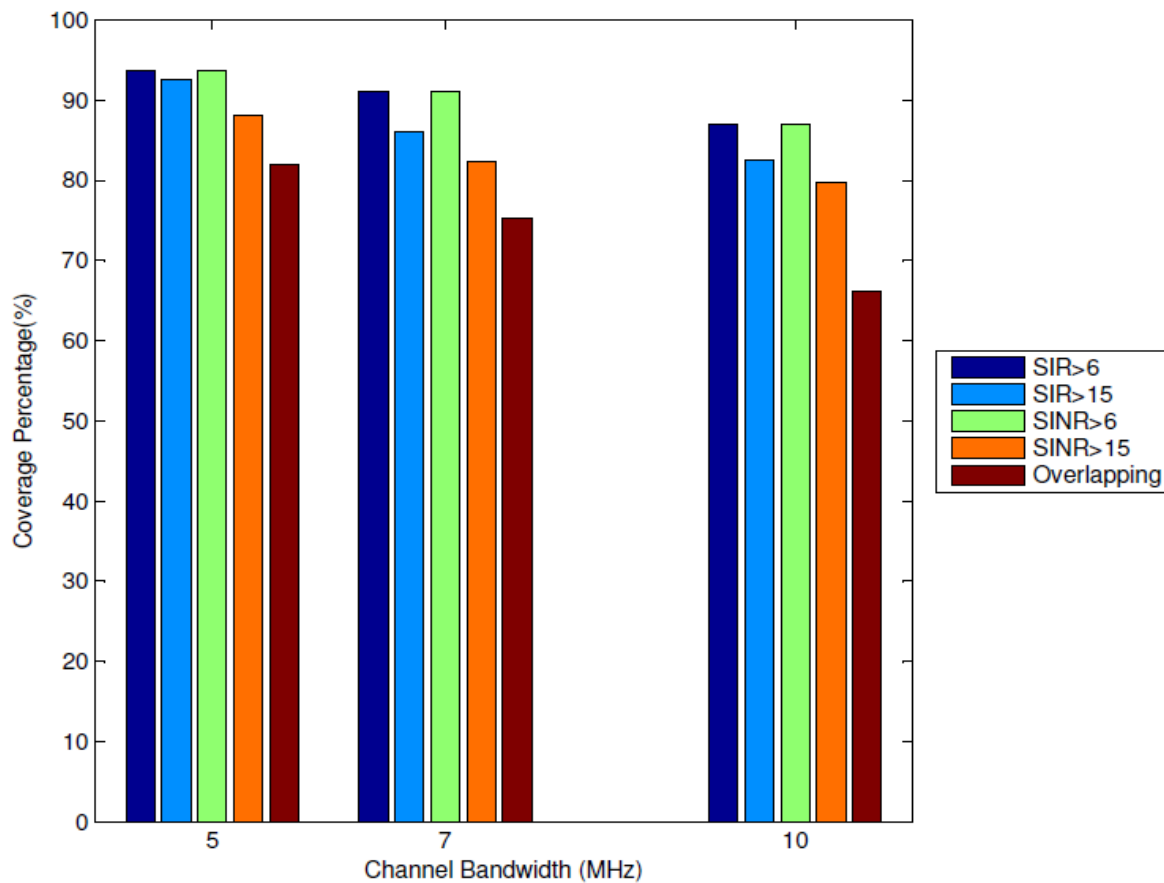


Σχήμα 4.39 Ποσοστό κάλυψης ανά διαμόρφωση για εύρη ζώνης 5,7 και 10 MHz

Όπως παρατηρούμε αυξάνοντας το εύρος του καναλιού, μειώνεται το ποσοστό κάλυψης, λόγω των χαμηλότερων ορίων κατωφλίων. Αντίστοιχα μειώνεται και το ποσοστό κάλυψης της περιοχής με «γρήγορες» διαμορφώσεις. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι μειώνεται ο ρυθμός μετάδοσης. Αντίθετα αυτός αυξάνεται προς κάθε χρήστη. Ομοίως πλασματική επιβάρυνση υπάρχει και στο σηματοθορυβικό λόγο, λόγω όμως των χαμηλότερων ορίων κατωφλίων επίσης, όπως έχει ήδη εξηγηθεί. Αυτά φαίνονται στον επόμενο πίνακα και στο σχήμα 4.40, όπου εκτός των άλλων, αναφέρεται και η μείωση της επικάλυψης.

Πίνακας 4.12 Συνολικά στατιστικά στοιχεία θορύβου παρεμβολής και επικάλυψης για διάφορα εύρη ζώνη

Εύρος Ζώνης Καναλιού	SIR>6 dB	SIR>15 dB	SINR>6 dB	SINR>15 dB	Επικάλυψη
5 MHz	93.74	92.52	93.71	88.06	81.87
7 MHz	91.05	86.1	91.02	82.4	75.29
10 MHz	86.88	82.49	86.88	79.77	66.14



Σχήμα 4.40 SIR, SINR και ποσοστό επικάλυψης για εύρη ζώνης 5,7 και 10 MHz

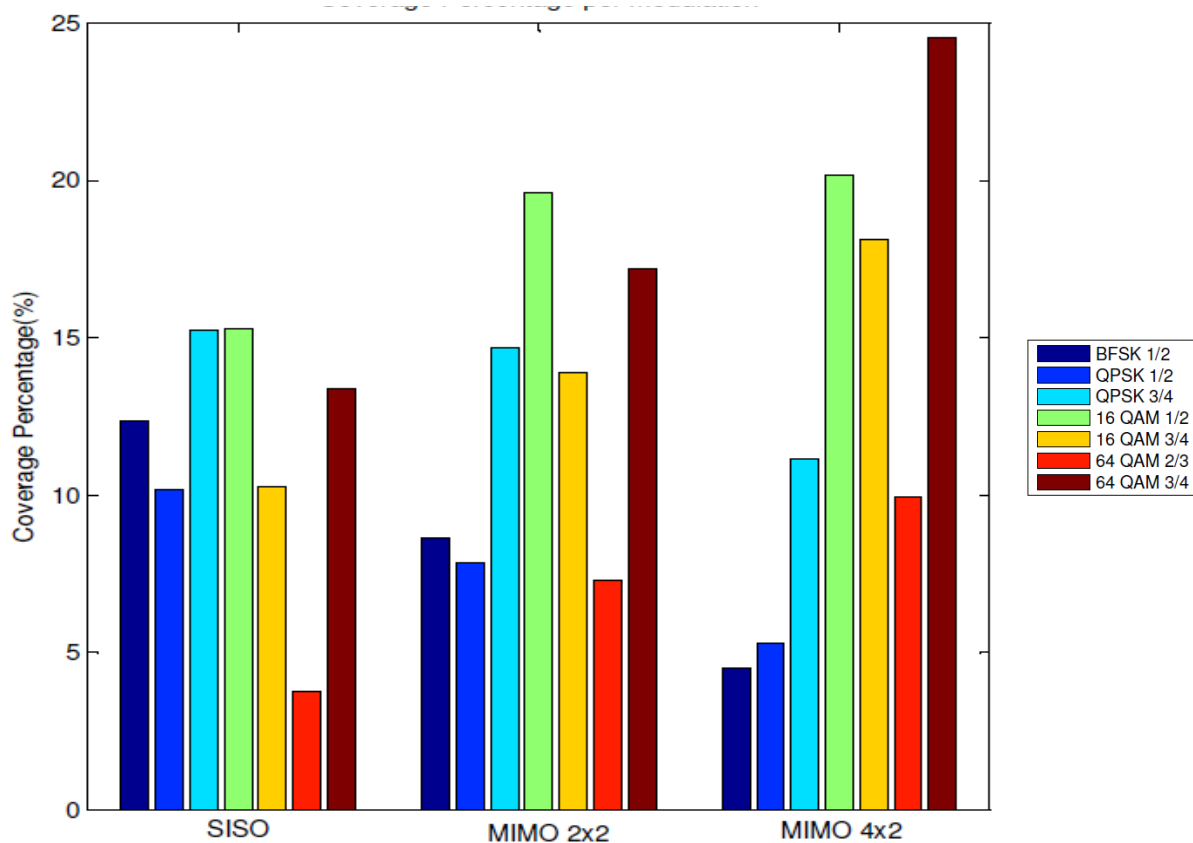
4.3.4.2 Σύγκριση Χρήσης Πολλαπλών Κεραίων

Στον επόμενο πίνακα συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα για τα διάφορα ήδη κεραίων που έχουν προσομοιωθεί, ανά διαμόρφωση αλλά και συνολικά.

Πίνακας 4.13 Συνολικά στατιστικά στοιχεία κάλυψης για διάφορα είδη κεραίων

Είδος Κεραίας	Διαμόρφωση							Συνολική Κάλυψη
	BFSK $\frac{1}{2}$	QPSK $\frac{1}{2}$	QPSK $\frac{3}{4}$	16QAM $\frac{1}{2}$	16QAM $\frac{3}{4}$	64QAM $\frac{2}{3}$	64QAM $\frac{3}{4}$	
SISO	12.34	10.17	15.23	15.31	10.28	3.78	13.39	80.51
MIMO 2x2	8.65	7.83	14.66	19.62	13.91	7.31	17.2	89.21
MIMO 4x2	4.52	5.29	11.16	20.15	18.13	9.94	24.55	93.76

Τα παραπάνω φαίνονται γραφικά στο σχήμα 4.41

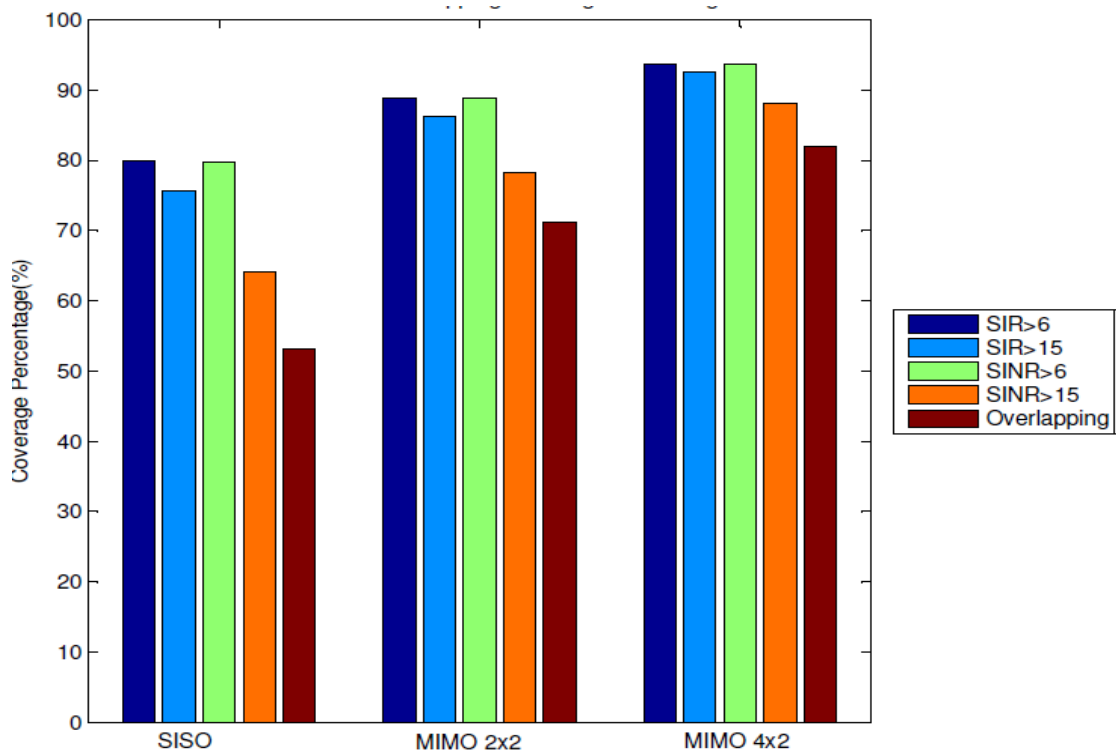


Σχήμα 4.41 Ποσοστό κάλυψης ανά διαμόρφωση για διάφορα είδη κεραιών

Παρατηρείται η μεγάλη αύξηση του ποσοστού κάλυψης, σε όλα τα ήδη διαμορφώσεις, αυξάνοντας τον αριθμό των στοιχείων των κεραιών. Ενώ από την άλλη αναμενόταν αύξηση της παρεμβολής, αυτή δεν φαίνεται στις τιμές του επόμενου πίνακα και στο διάγραμμα 4.42, επειδή η αύξηση της ισχύος του σήματος είναι τόσο μεγάλη που αντισταθμίζει την αύξηση της παρεμβολής.

Πίνακας 4.14 Συνολικά στατιστικά στοιχεία θορύβου παρεμβολής και επικάλυψης

	SIR>6 dB	SIR>15 dB	SINR>6 dB	SINR>15 dB	Επικάλυψη
SISO	79.9	75.65	79.8	64.16	53.07
MIMO 2x2	88.9	86.31	88.78	78.31	71.11
MIMO 4x2	93.74	92.52	93.71	88.06	81.87



Σχήμα 4.42 SIR, SINR και ποσοστό επικάλυψης για διάφορα είδη κεραιών

4.3.4.3 Σύγκριση Επαναχρησιμοποίησης Συχνοτήτων

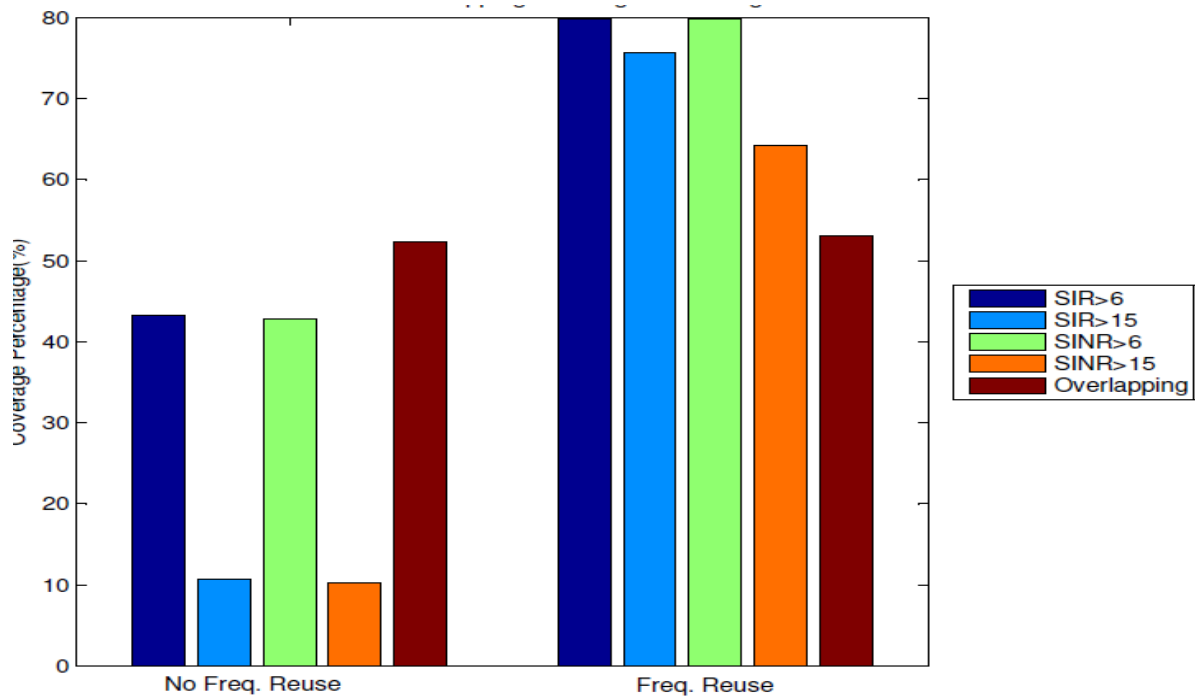
Στους πίνακες 4.15 και 4.16 συγκρίνεται η επαναχρησιμοποίηση με την μη επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων. Τα παραπάνω φαίνονται γραφικά στο σχήμα 4.43.

Πίνακας 4.15 Συνολικά στατιστικά στοιχεία κάλυψης κατά την επαναχρησιμοποίηση ή μη συχνοτήτων

	Διαμόρφωση							Συνολική Κάλυψη
	BFSK $\frac{1}{2}$	QPSK $\frac{1}{2}$	QPSK $\frac{3}{4}$	16QAM $\frac{1}{2}$	16QAM $\frac{3}{4}$	64QAM $\frac{2}{3}$	64QAM $\frac{3}{4}$	
No Frequency Reuse	12.4	10.07	15.02	15.06	10.17	3.75	13.58	80.05
Frequency Reuse	12.34	10.17	15.23	15.31	10.28	3.78	13.39	80.51

Πίνακας 4.16 Συνολικά στατιστικά στοιχεία θορύβου παρεμβολής και επικάλυψης κατά την επαναχρησιμοποίηση ή μη συχνοτήτων

	SIR>6 dB	SIR>15 dB	SINR>6 dB	SINR>15 dB	Επικάλυψη
Μη Επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων	43.25	10.74	42.86	10.26	52.32
Επαναχρησιμοποίηση Συχνοτήτων	79.9	75.65	79.8	64.16	53.07



Σχήμα 4.43 SIR, SINR και ποσοστό επικάλυψης κατά την επαναχρησιμοποίηση ή μη συχνοτήτων

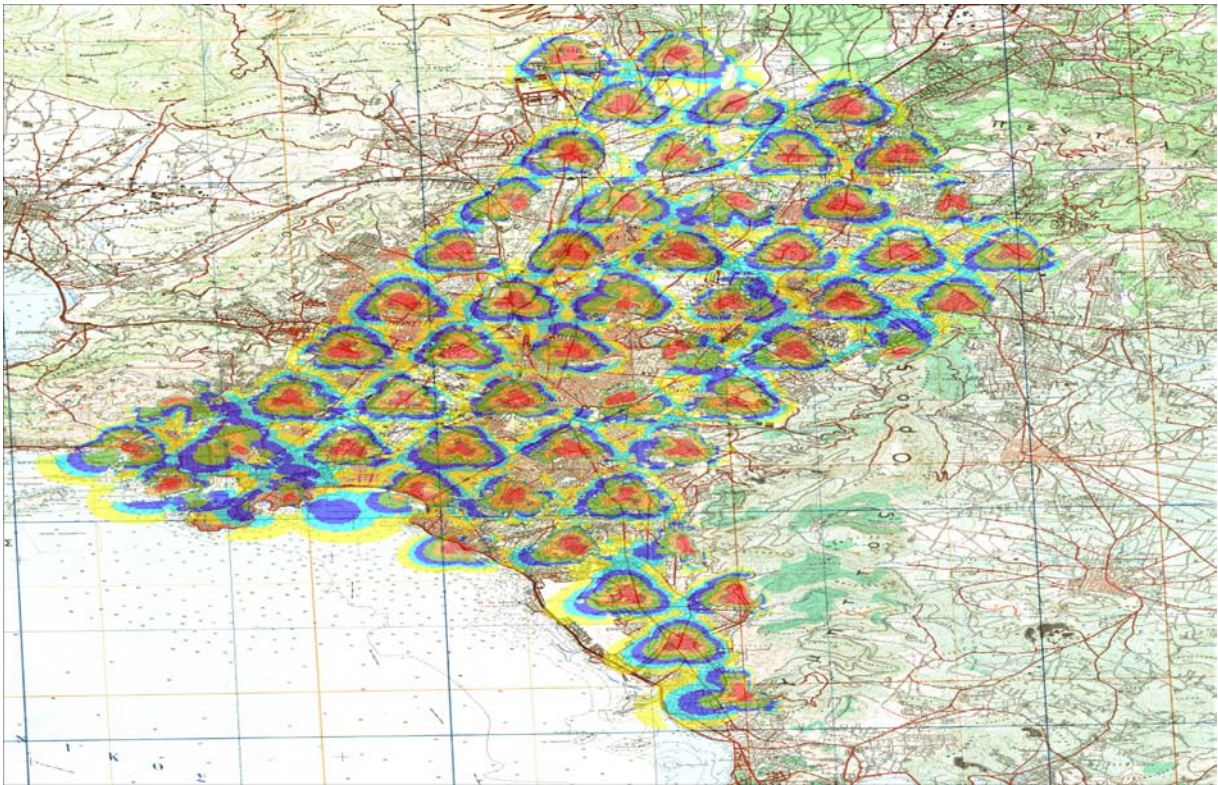
Είναι φανερό ότι ενώ το ποσοστό κάλυψης πρακτικά παραμένει το ίδιο, η βελτίωση του σηματοθορυβικού λόγου και της παρεμβολής είναι θεαματική, γεγονός το οποίο καθιστά την επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων επιτακτική.

4.4 Προσομοίωση με Μοντέλο COST 231 - HATA

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, αν και το SUI ενδείκνυται για τις προτεινόμενες συχνότητες χρήσης του WiMAX, κατά περιπτώσεις γίνεται χρήση και του μοντέλου COST 231 - Hata. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε προσομοίωση και με αυτό το μοντέλο, ενώ τα αποτελέσματα συγκρίνονται άμεσα με τα αντίστοιχα του μοντέλου SUI.

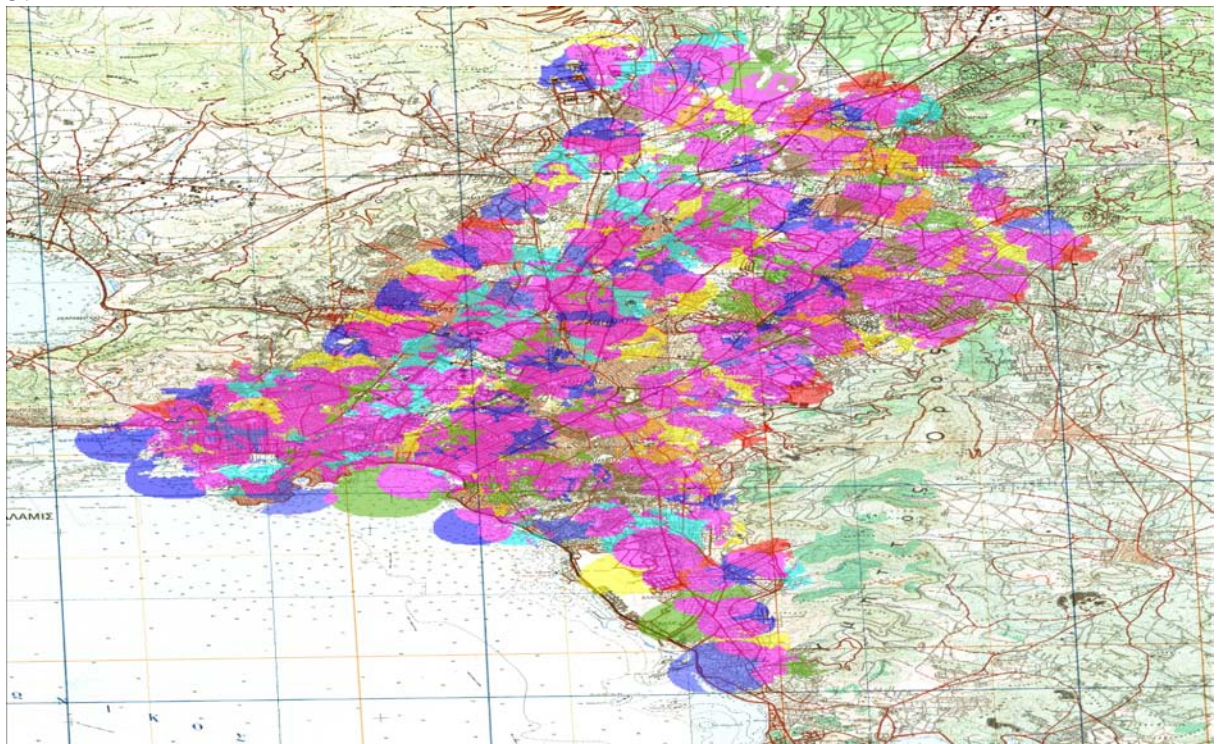
4.4.1 Έξυπνες κεραιές 2x2

Αρχικά έγινε χρήση έξυπνων πολλαπλών κεραιών 2x2. Τα αποτελέσματα της ραδιοκάλυψης που φαίνονται στο σχήμα 4.44. Η ραδιοκάλυψη της περιοχής, εμφανίζεται μικρότερη από την αντίστοιχη πρόβλεψη του SUI, με το ποσοστό κάλυψης να φτάνει το 76,01%. Αντίστοιχα μειωμένα είναι τα ποσοστά κάλυψης για όλες τις διαμορφώσεις. Ενδεικτικά το ποσοστό κάλυψης με 64 QAM, φτάνει το 8,01 %.



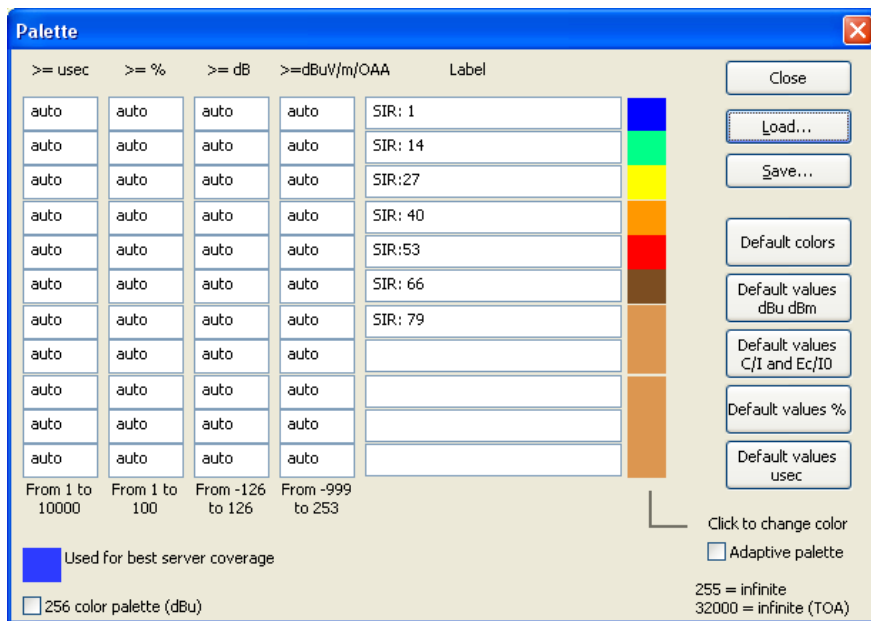
Σχήμα 4.44 Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη με κεραίες 2x2 (HATA)

Επίσης αυτό επιβεβαιώνεται και από τις απώλειες διάδοσης, όπου διαπιστώνουμε ότι η λαμβανόμενη ισχύς στα όρια της κυψέλης είναι $50,1 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ ή -87 dBm , δηλαδή $2,1 \text{ dB}$ πάνω από το οριζόμενο κατώφλι ενώ η αντίστοιχη τιμή στην προσομοίωση με το μοντέλο SUI, ήταν $6,4$ πάνω από το οριζόμενο κατώφλι. Η επικάλυψη των σταθμών σε αυτή την περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 4.45.



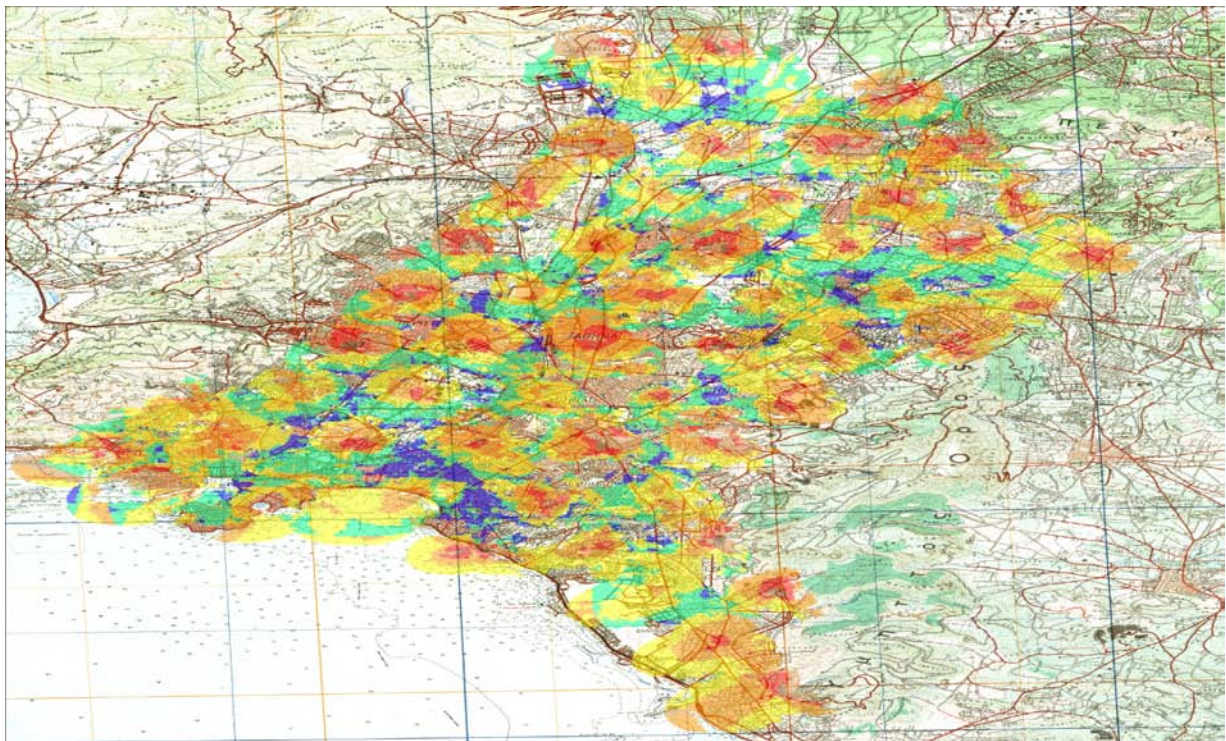
Σχήμα 4.45 Επικάλυψη Σταθμών Βάσης με κεραίες 2x2 (HATA)

Το ποσοστό επικάλυψης, σε αυτή την περίπτωση φτάνει το 42,34%, επίσης μειωμένο. Στη συνέχεια για το SIR χρησιμοποιήθηκε η επόμενη παλέτα.



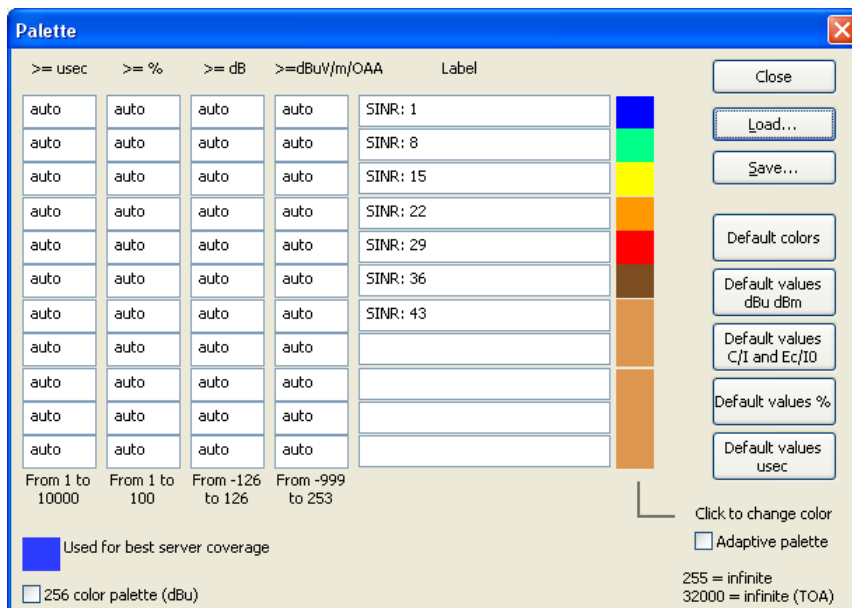
Σχήμα 4.46 Παλέτα SIR για κεραίες 2x2 (HATA)

Το ποσοστό SIR>6 dB, φτάνει το 75,61% και το ποσοστό SIR>15 dB το 70,16%. Αυτό στον χάρτη φαίνεται στο σχήμα 4.47.



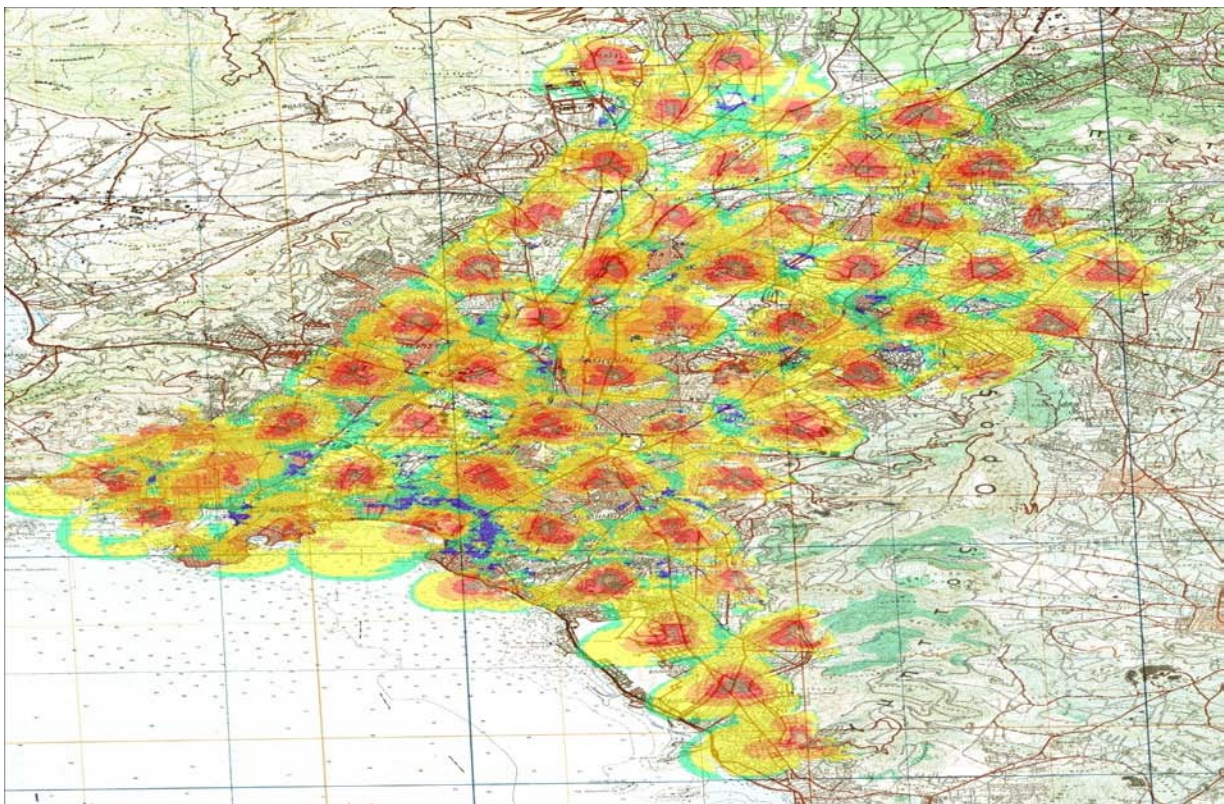
Σχήμα 4.47 Εικόνα SIR με κεραίες 2x2 (HATA)

Για το SINR χρησιμοποιήθηκε η επόμενη παλέτα.



Σχήμα 4.48 Παλέτα SINR με κεραίες 2x2 (HATA)

Στο σχήμα 4.49, φαίνεται το συνδυασμένο αποτέλεσμα σήματος προς παρεμβολή και θόρυβο (SINR). Αυτό ποσοτικά είναι 75,46% για $SINR > 6$ dB και 56,63% για $SIR > 15$ dB. Το μοντέλο COST 231 - Hata κατά την προσομοίωση, προέβλεψε μεγαλύτερο θόρυβο από το SUI, το οποίο το παρατηρούμε βλέποντας τη διαφορά μεταξύ των δύο παραπάνω τιμών, να φτάνει τα 19 dB, ενώ η αντίστοιχη διαφορά με το μοντέλο SUI, ήταν μόλις 10 dB.



Σχήμα 4.49 Εικόνα SINR με κεραίες 2x2 (HATA)

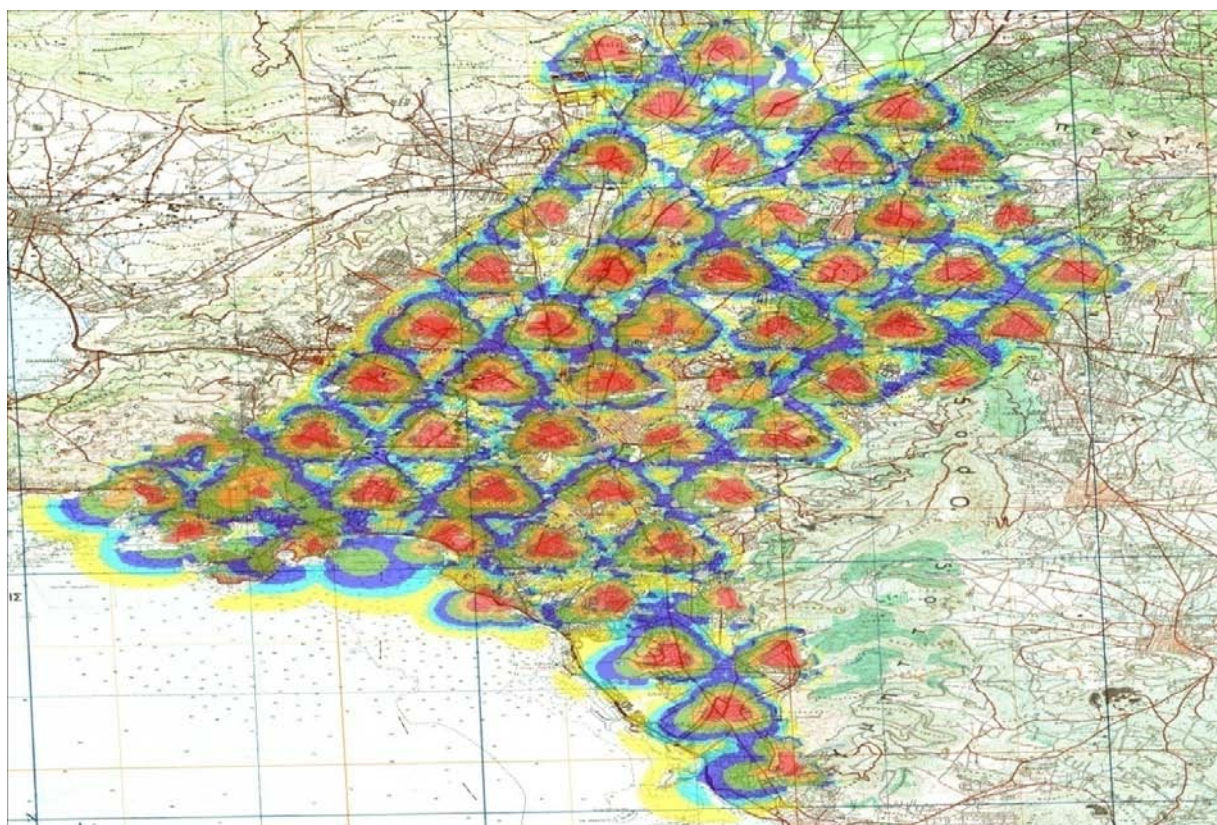
Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για αυτή την περίπτωση φαίνονται στον πίνακα 4.17.

Πίνακας 4.17 Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (για μοντέλο COST 231 - Hata)

Ποσοστό Ραδιοκάλυψης (%)	SIR (%) (>6)/(>15)	SINR (%) (>6)/(>15)	Ποσοστό Επικάλυψης (%)
BFSK ½ :15,76 QPSK ½: 13,29 QPSK 3/4: 16,73 16QAM ½:13,93 16QAM ¾:8,29 64QAM 2/3 :3,81 64QAM 3/4: 4,2 Συνολικό:76,01	75,61/70,16	75,46/56,62	42,34

4.4.2 Έξυπνες κεραιές 4x2

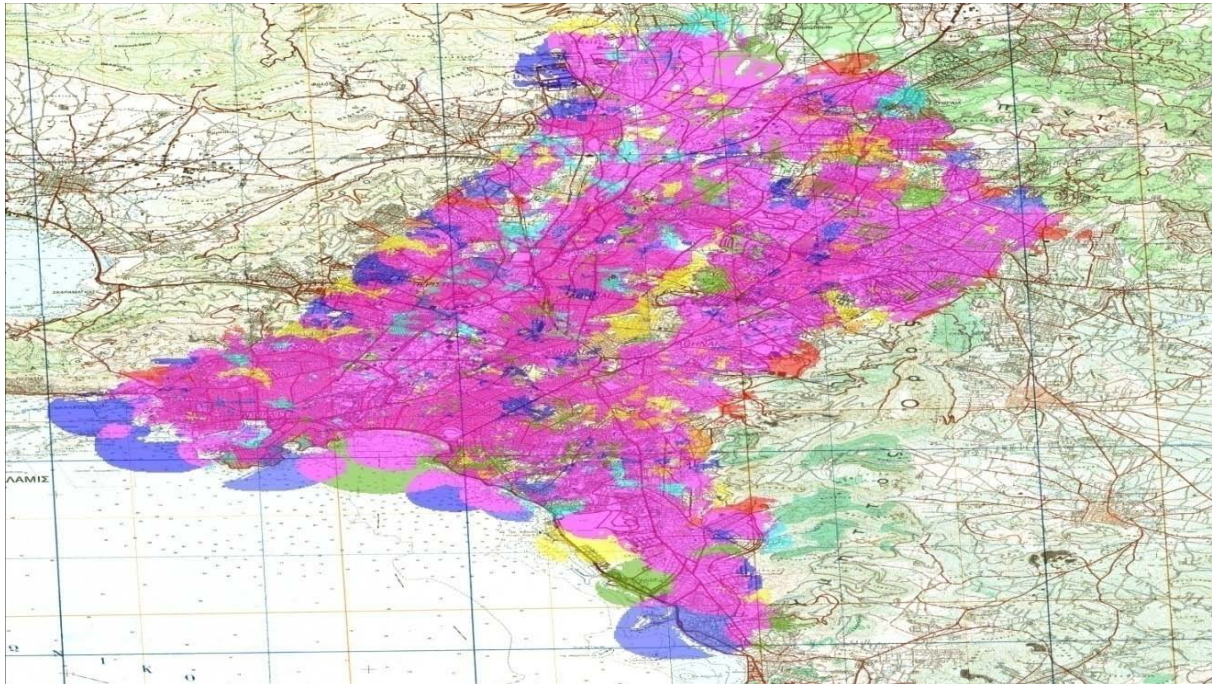
Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η αντίστοιχη προσομοίωση με έξυπνες πολλαπλές κεραιές 4x2. Το αποτέλεσμα της ραδιοκάλυψης που επετεύχθη φαίνεται στο σχήμα 4.50. Η ραδιοκάλυψη της περιοχής, φτάνει το 87,14%. Ταυτόχρονα έχει αυξηθεί η χωρητικότητα και κατά συνέπεια η περιοχή υψηλής ταχύτητας αποστολής δεδομένων, με το ποσοστό κάλυψης με 64 QAM, να φτάνει το 13,79 %.



Σχήμα 4.50 Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη με κεραιές 4x2 (HATA)

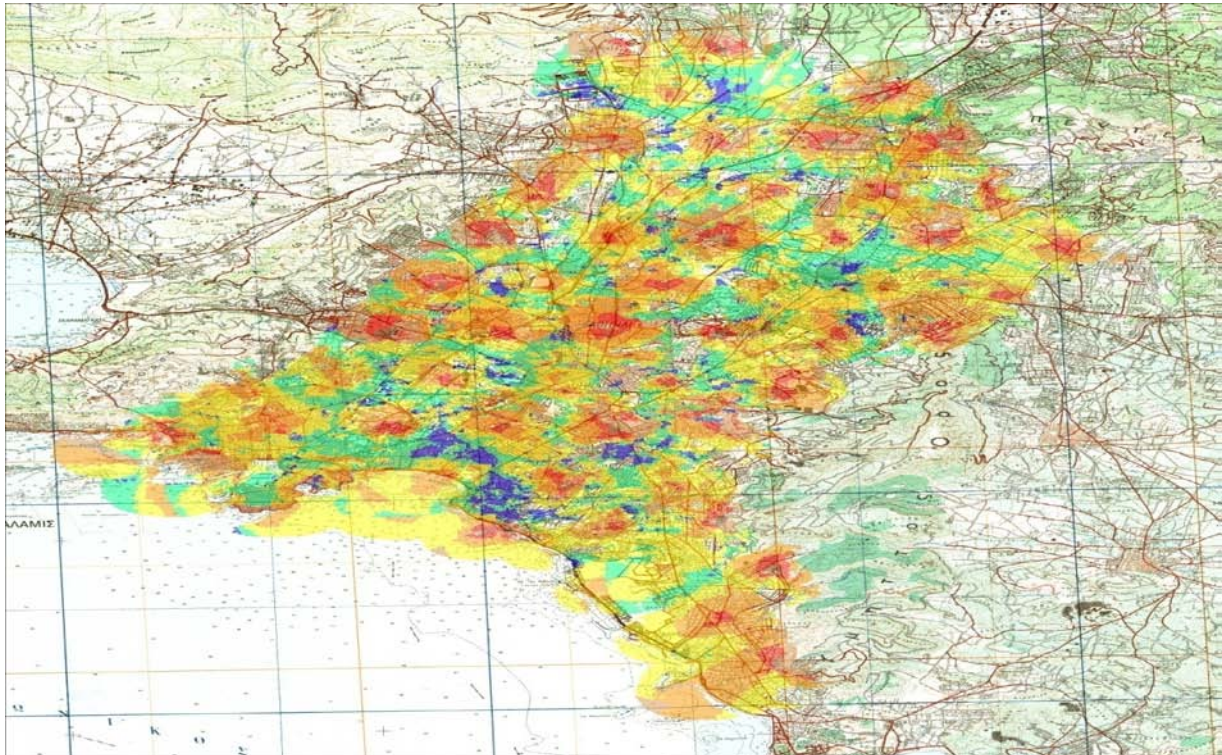
Επίσης αυτό επιβεβαιώνεται και από τις απώλειες διάδοσης, όπου διαπιστώνουμε ότι η λαμβανόμενη ισχύς στα όρια της κυψέλης είναι 53,1dBμV/m ή -84 dBm, δηλαδή 5,1 dB πάνω από το οριζόμενο κατώφλι ενώ η αντίστοιχη τιμή στην προσομοίωση με το μοντέλο SUI, ήταν 9,2 dB πάνω από το οριζόμενο κατώφλι.

Η επικάλυψη των σταθμών σε αυτή την περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 4.51.



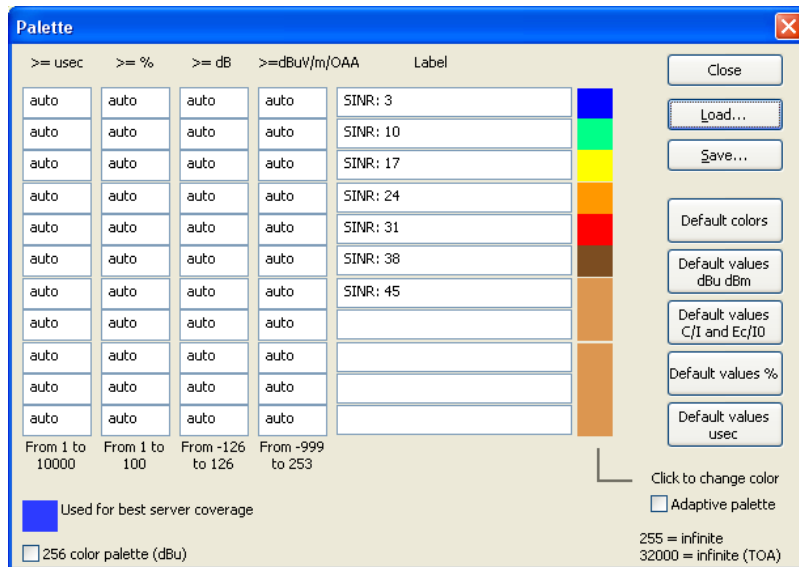
Σχήμα 4.51 Επικάλυψη Σταθμών Βάσης με κεραιές 4x2 (HATA)

Το ποσοστό επικάλυψης, σε αυτή την περίπτωση φτάνει το 64,75%. Το ποσοστό SIR>6 dB, φτάνει το 87,12% και το ποσοστό SIR>15 dB το 84,1%. Αυτό στον χάρτη φαίνεται στο σχήμα 4.52.



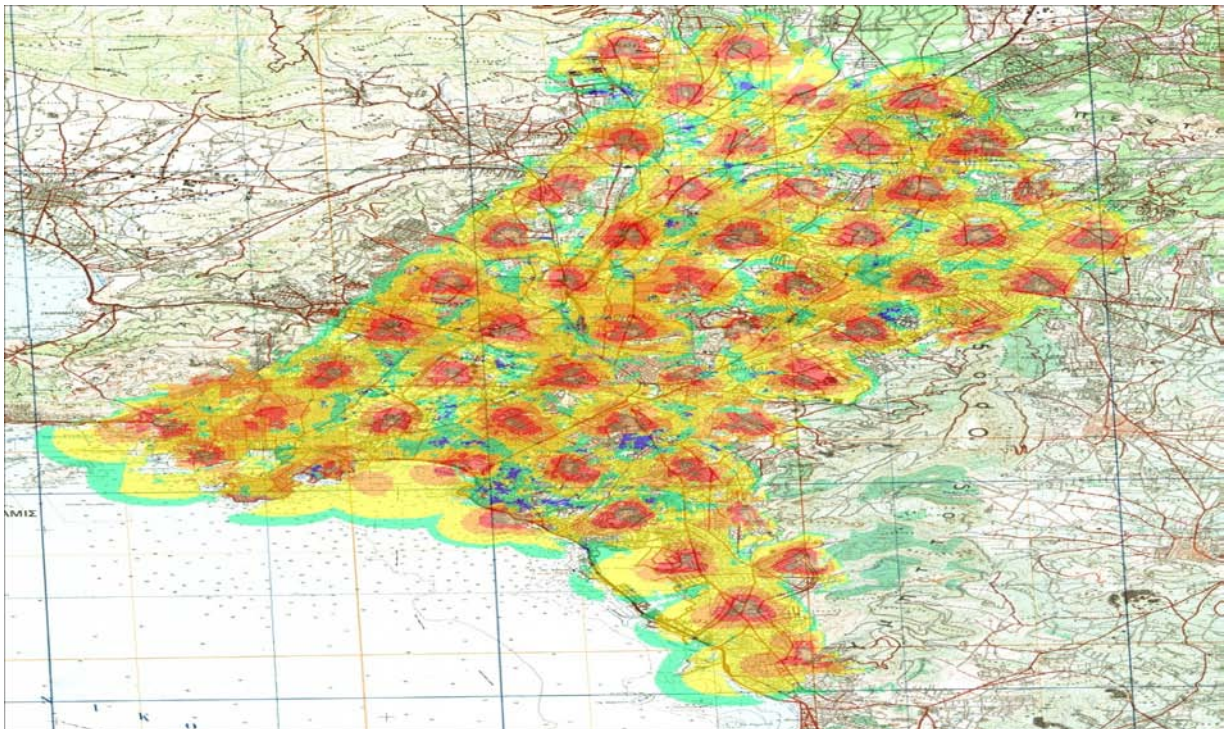
Σχήμα 4.52 Εικόνα SIR με κεραιές 4x2 (HATA)

Για το SINR χρησιμοποιήθηκε η επόμενη παλέτα.



Σχήμα 4.53 Παλέτα SINR με κεραίες 4x2 (HATA)

Στο σχήμα 4.54, φαίνεται το συνδυασμένο αποτέλεσμα σήματος προς παρεμβολή και θόρυβο (SINR). Αυτό ποσοτικά είναι 87% για SINR>6 dB και 73,65% για SIR>15 dB.



Σχήμα 4.54 Εικόνα SINR με κεραίες 4x2 (HATA)

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για αυτή την περίπτωση φαίνονται στον πίνακα 4.18.

Πίνακας 4.18 Συνολικά στατιστικά στοιχεία ποσοστών κάλυψης (για έξυπνες κεραιές 4x2)

Ποσοστό Ραδιοκάλυψης (%)	SIR (%) (>6)/(>15)	SINR (%) (>6)/(>15)	Ποσοστό Επικάλυψης (%)
BFSK 1/2 :11,07 QPSK 1/2: 9,69 QPSK 3/4: 19,35 16QAM 1/2: 20,9 16QAM 3/4:12,33 64QAM 2/3 :5,77 64QAM 3/4: 8,02 Συνολικό:87,14	87,12/84,1	87/73,65	64,75

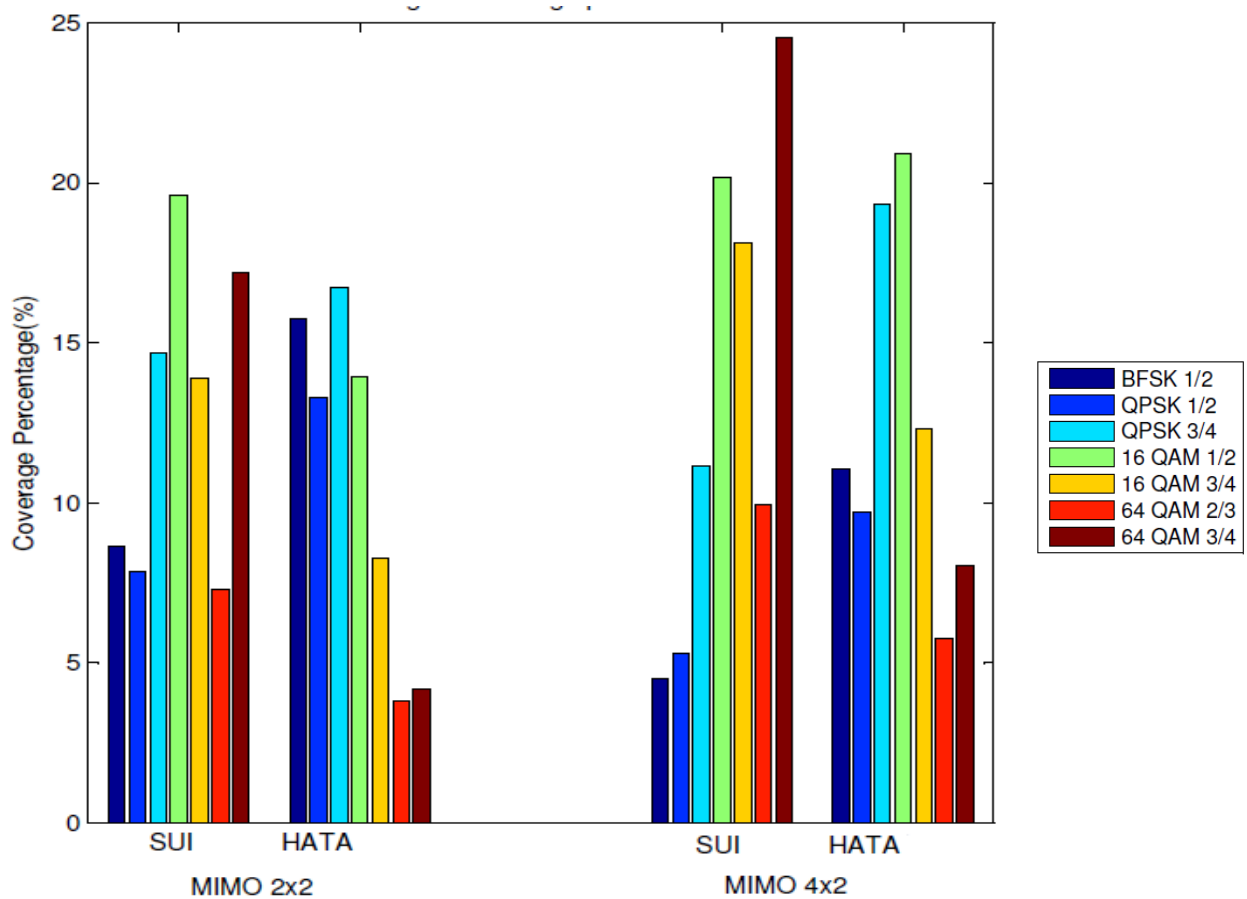
4.4.3 Συμπεράσματα – Συγκρίσεις – Σύνοψη Αποτελεσμάτων Προσομοιώσεων με το Μοντέλο HATA – COST 231

Στους πίνακες 4.19 και 4.20 συγκρίνονται τα δύο μοντέλα. Η σύγκριση αυτή γραφικά φαίνεται στα σχήματα 4.55 και 4.56.

Πίνακας 4.19 Συνολικά στατιστικά στοιχεία κάλυψης (Σύγκριση Μοντέλων)

		Modulation							Total Coverage
		BFSK 1/2	QPSK 1/2	QPSK 3/4	16QAM 1/2	16QAM 3/4	64QAM 2/3	64QAM 3/4	
MIMO 2x2	SUI	8.65	7.83	14.66	19.62	13.91	7.31	17.2	89.21
	HATA	15.76	13.29	16.73	13.93	8.29	3.81	4.2	76.01
MIMO 4x2	SUI	4.52	5.29	11.16	20.15	18.13	9.94	24.55	93.76
	HATA	11.07	9.69	19.35	20.9	12.33	5.77	8.02	87.14

Από τη σύγκριση των στοιχείων του πίνακα 4.19, είναι φανερό ότι προβλέπεται μικρότερο ποσοστό συνολικής κάλυψης, αλλά και περιοχών κάλυψης με «γρήγορες» διαμορφώσεις, κατά την χρησιμοποίηση του μοντέλου HATA έναντι του μοντέλου SUI. Από την άλλη προβλέπεται μεγαλύτερο ποσοστό περιοχής κάλυψης στις «αργές» διαμορφώσεις.

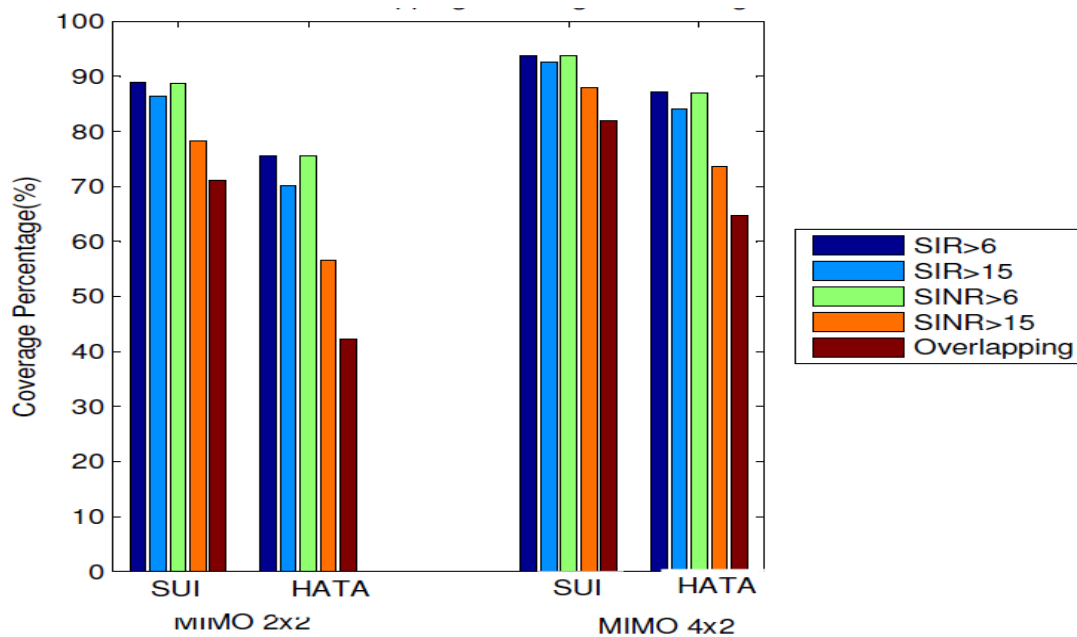


Σχήμα 4.55 Ποσοστό κάλυψης ανά διαμόρφωση, ανά πολλαπλότητα κεραιάς και ανά χρησιμοποιούμενο μοντέλο ραδιοκάλυψης

Πίνακας 4.20 Συνολικά στατιστικά στοιχεία θορύβου παρεμβολής και επικάλυψης (Σύγκριση Μοντέλων)

		SIR>6 dB	SIR>15 dB	SINR>6 dB	SINR>15 dB	Overlapping
MIMO 2x2	SUI	88.9	86.31	88.78	78.31	71.11
	HATA	75.61	70.16	75.46	56.62	42.34
MIMO 4x2	SUI	93.74	92.52	93.71	88.06	81.87
	HATA	87.12	84.1	87	73.65	64.75

Παρόμοια αποτελέσματα μπορούμε να παρατηρήσουμε, στα ποσοστά επικάλυψης, καθώς επίσης και στους λόγους SIR και SINR.



Σχήμα 4.56 SIR, SINR και ποσοστό επικάλυψης ανά πολλαπλότητα κεραίας και ανά χρησιμοποιούμενο μοντέλο ραδιοκάλυψης

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι το μοντέλο COST 231 - Hata, είναι πιο απαισιόδοξο από το μοντέλο SUI. Αυτό συνεπάγεται ταυτόχρονα και την πρόβλεψη μικρότερης ακτίνας κάλυψης σε κάθε σταθμό βάσης. Οπότε για να επιτευχθούν παρόμοια ποσοστά κάλυψης, στην περίπτωση σχεδίασης με χρήση του μοντέλου COST 231 – Hata, θα πρέπει να αυξηθεί η πυκνότητα των σταθμών και κατά συνέπεια να μειωθεί η ακτίνα των κυψελών.

4.5 Προσομοιώσεις με Μεταβολές Παραγόντων των Κεραίων

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις με διάφορες μεταβολές παραμέτρων, ώστε να παρατηρηθεί η επίδρασή τους στη ραδιοκάλυψη.

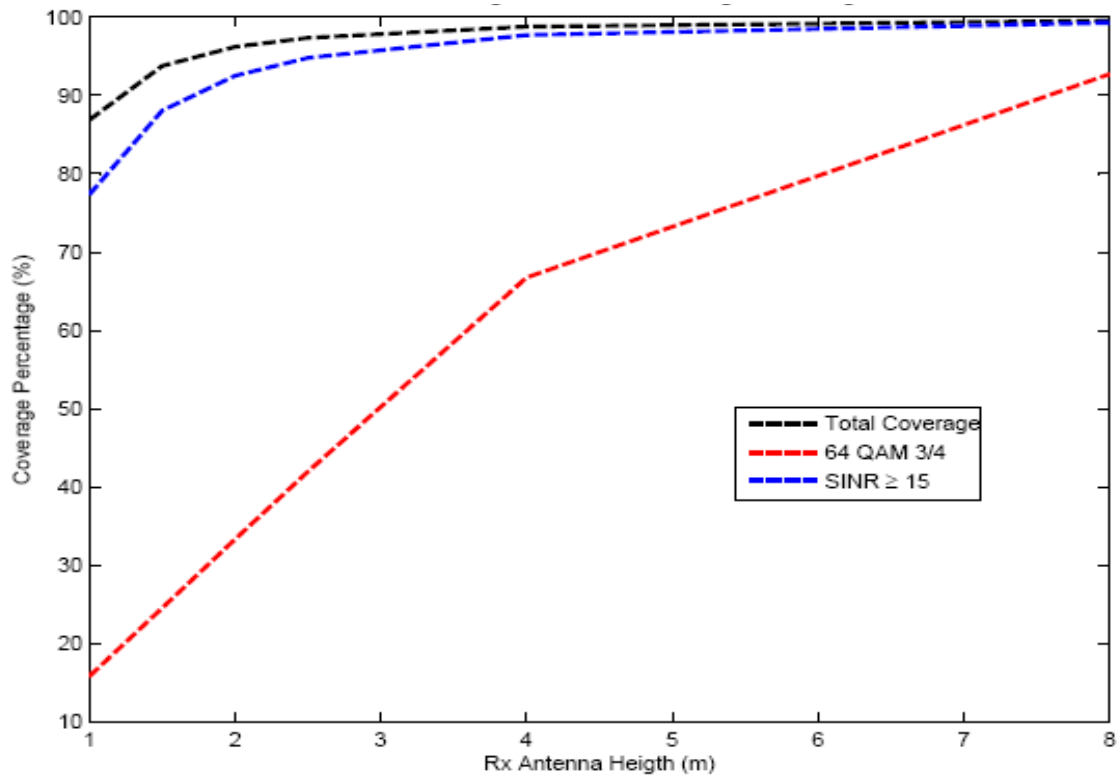
4.5.1 Μεταβολή του Ύψους της Κεραίας του Δέκτη

Αρχικά μελετήθηκε η επίδραση της μεταβολής του ύψους της κεραίας του δέκτη, στη ραδιοκάλυψη. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 4.21. Σε αυτόν, φαίνονται η συνολική κάλυψη, η κάλυψη της περιοχής με τη «γρηγορότερη» διαμόρφωση, και τα ποσοστά της περιοχής που καλύπτεται με SINR μεγαλύτερο των 6 και 15 dB, για τη μελέτη της επίδρασης στο συνδυαστικό αποτέλεσμα παρεμβολής και θορύβου.

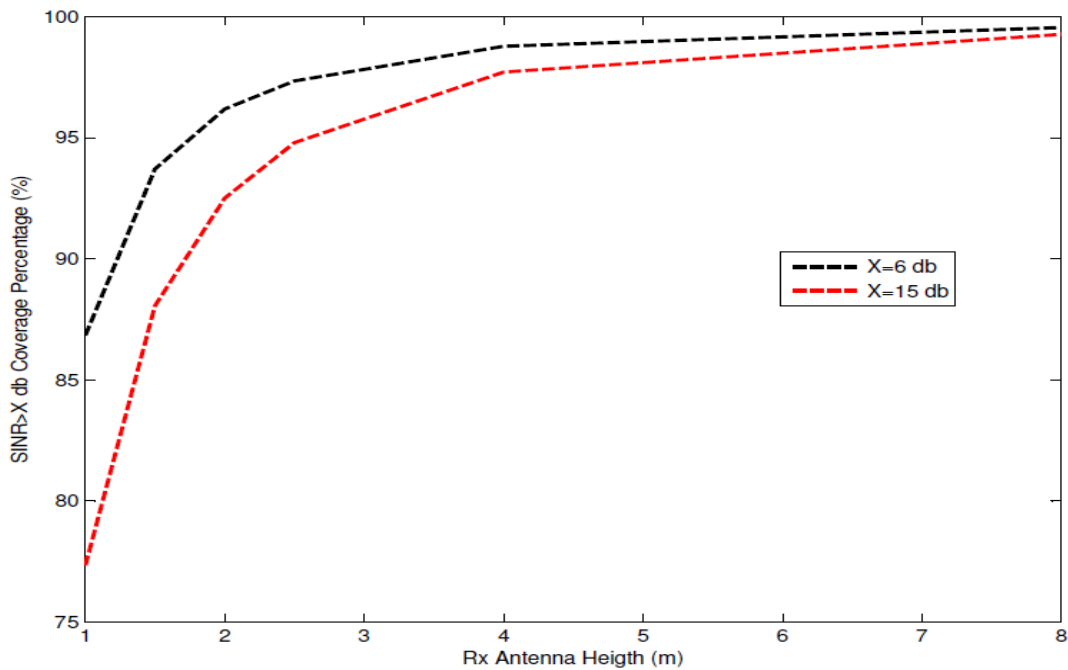
Πίνακας 4.21 Συνολικά στατιστικά στοιχεία, μεταβάλλοντας ύψος κεραίας δέκτη

Ύψος Κεραίας Δέκτη	Ύψος (m)	Συνολική Κάλυψη %	Κάλυψη 64 QAM ^{3/4} %	SINR > 6 dB	SINR > 15 dB
	1	86.87	15.82	86.84	77.34
1.5	93.76	24.55	93.71	88.06	
2	96.20	33.32	96.19	92.51	
2.5	97.36	41.97	97.35	94.80	
4	98.78	66.74	98.78	97.71	
8	99.55	92.73	99.55	99.27	

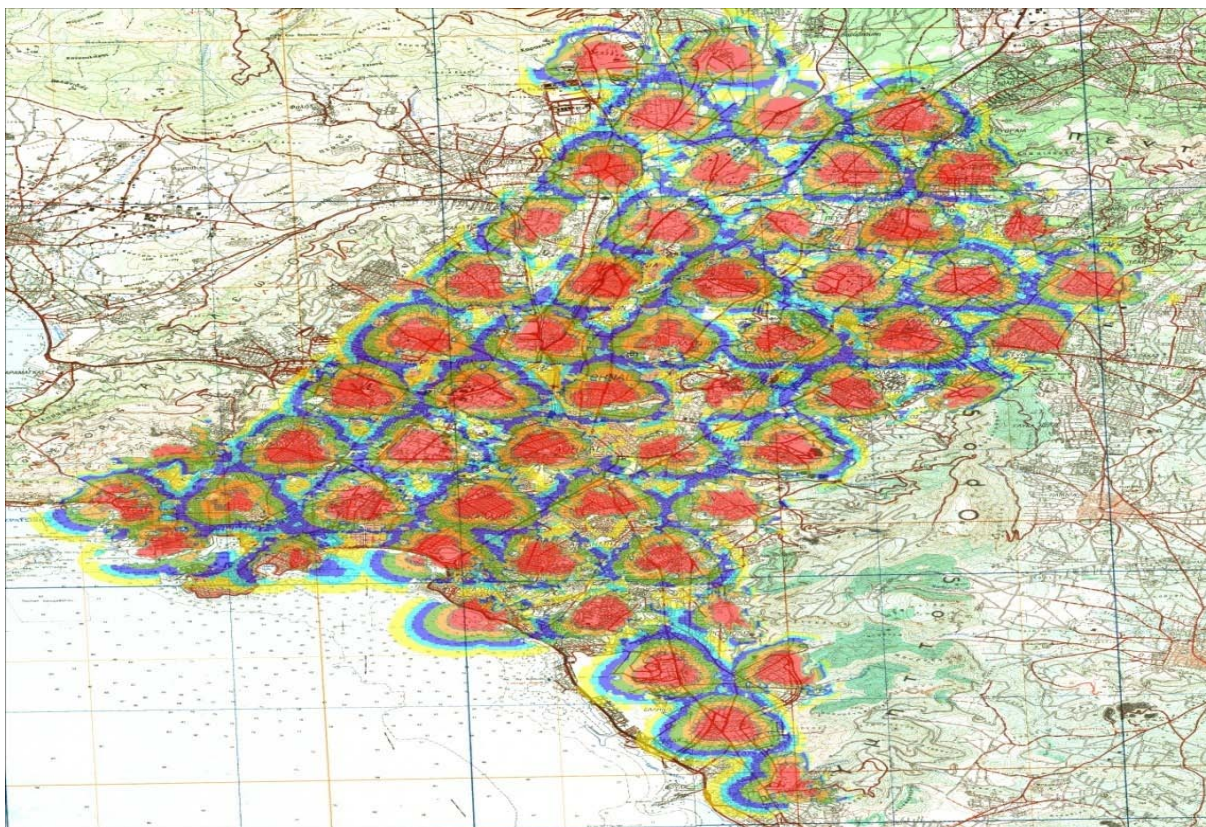
Τα παραπάνω φαίνονται γραφικά στα επόμενα σχήματα. Η επίδραση στο ποσοστό κάλυψης (συνολικό αλλά και με 64 QAM $\frac{3}{4}$), φαίνεται γραφικά στο σχήμα 4.57. Η επίδραση στον SINR, φαίνεται γραφικά στα σχήματα 4.57 και 4.58. Τέλος η βελτίωση της κάλυψης, φαίνεται και εικονικά στα διαδοχικά σχήματα 4.59 και 4.60.



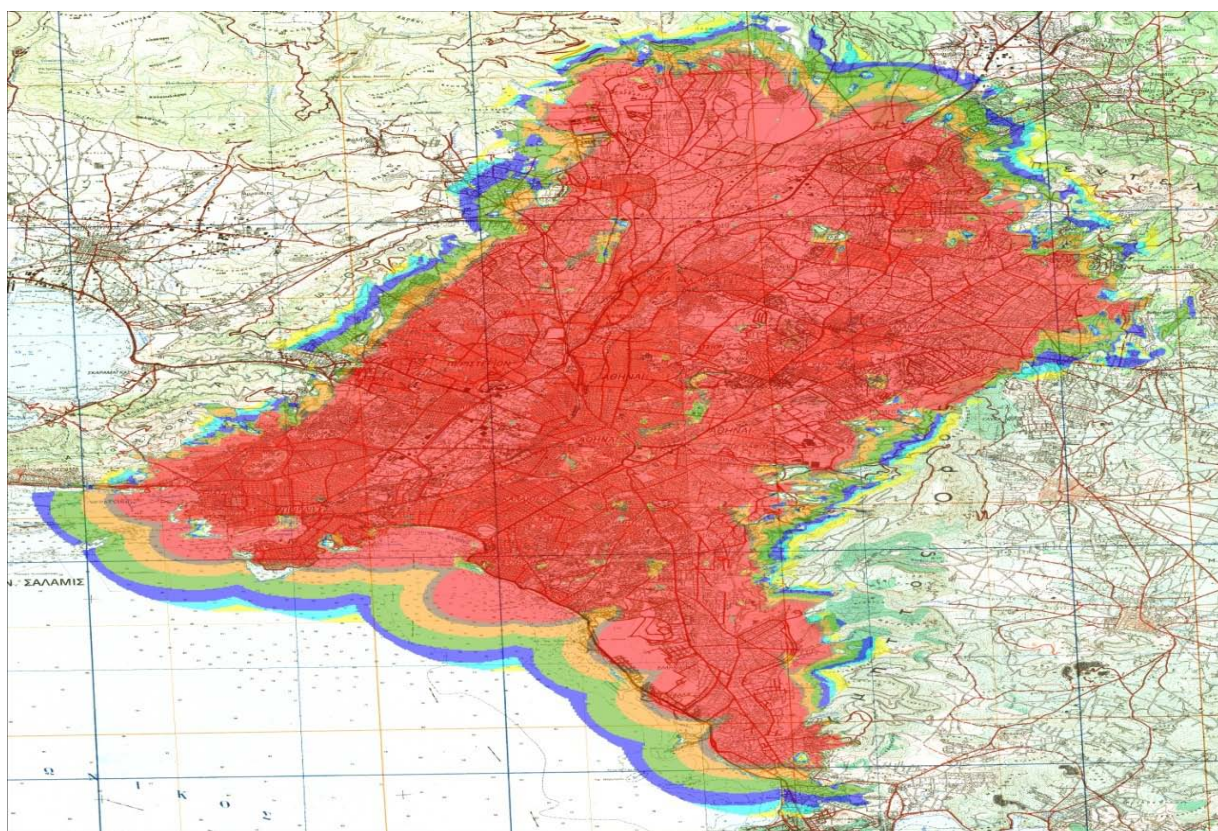
Σχήμα 4.57 Επίδραση στο ποσοστό κάλυψης και στο SINR, μεταβάλλοντας ύψος κεραίας δέκτη



Σχήμα 4.58 Επίδραση στο SINR μεταβάλλοντας ύψος κεραίας δέκτη



Σχήμα 4.59 Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για ύψος δέκτη 1 m



Σχήμα 4.60 Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για ύψος δέκτη 8 m

Μετά τα παραπάνω, γίνεται φανερή η επίδραση του ύψους του δέκτη τόσο στη ραδιοκάλυψη, όσο και στην ποιότητα της επικοινωνίας. Χαρακτηριστικά, πέρα από τη βελτίωση και του SINR, το εντυπωσιακότερο στοιχείο είναι αυτό της αύξησης του ποσοστού κάλυψης του χώρου με 64 QAM $\frac{3}{4}$, το οποίο μετά τα 4 m ξεπερνάει το μισό της συνολικής κάλυψης, ενώ στα 8 m πλησιάζει το συνολικό ποσοστό κάλυψης.

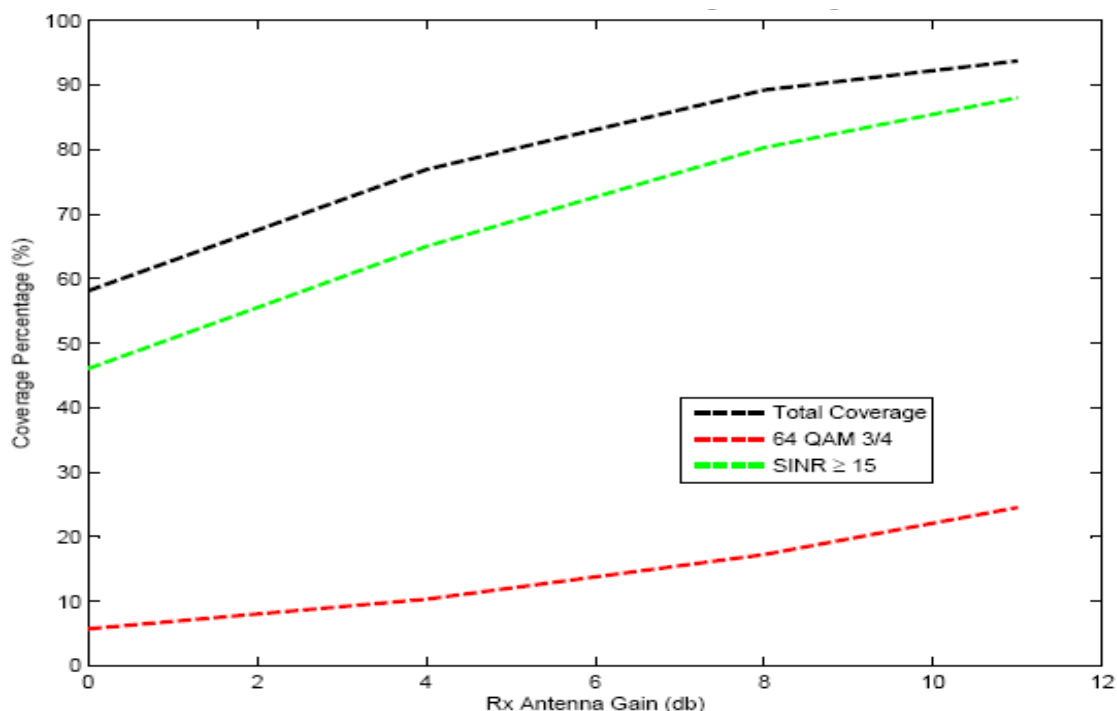
4.5.2 Μεταβολή του Κέρδους της Κεραίας του Δέκτη

Στη συνέχεια μελετήθηκε η επίδραση της μεταβολής του κέρδους της κεραίας του δέκτη, στη ραδιοκάλυψη. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 4.22.

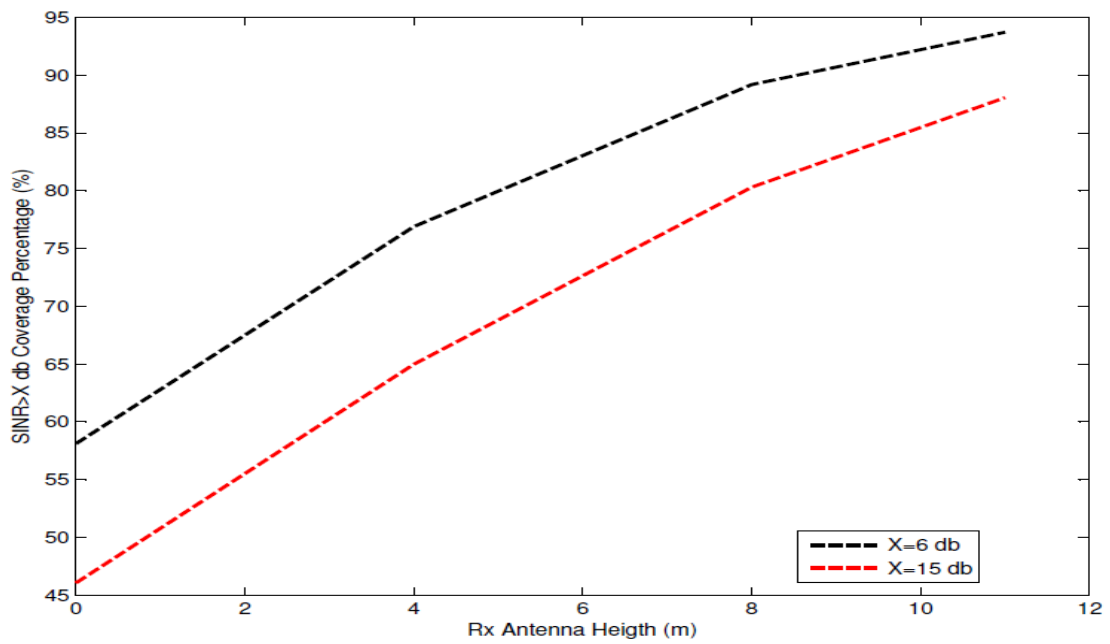
Πίνακας 4.22 Συνολικά στατιστικά στοιχεία μεταβάλλοντας κέρδος κεραίας δέκτη

Κέρδος Κεραίας Δέκτη	Κέρδος (dBm)	Συνολική Κάλυψη %	Κάλυψη 64 QAM $\frac{3}{4}$ %	SINR>6 dB	SINR>15 dB
	0	58.12	58.12	5.74	58.12
4	76.91	76.91	10.32	76.89	64.98
8	89.23	89.23	17.23	89.18	80.31
11	93.76	93.76	24.55	93.71	88.06

Τα παραπάνω φαίνονται γραφικά στις επόμενες εικόνες. Η επίδραση στο ποσοστό κάλυψης (συνολικό αλλά και με 64 QAM $\frac{3}{4}$), φαίνεται γραφικά στο σχήμα 4.61. Η επίδραση στον SINR, φαίνεται γραφικά στα σχήματα 4.61 και 4.62. Τέλος η βελτίωση της κάλυψης, φαίνεται και εικονικά στα διαδοχικά σχήματα 4.63 - 4.65.

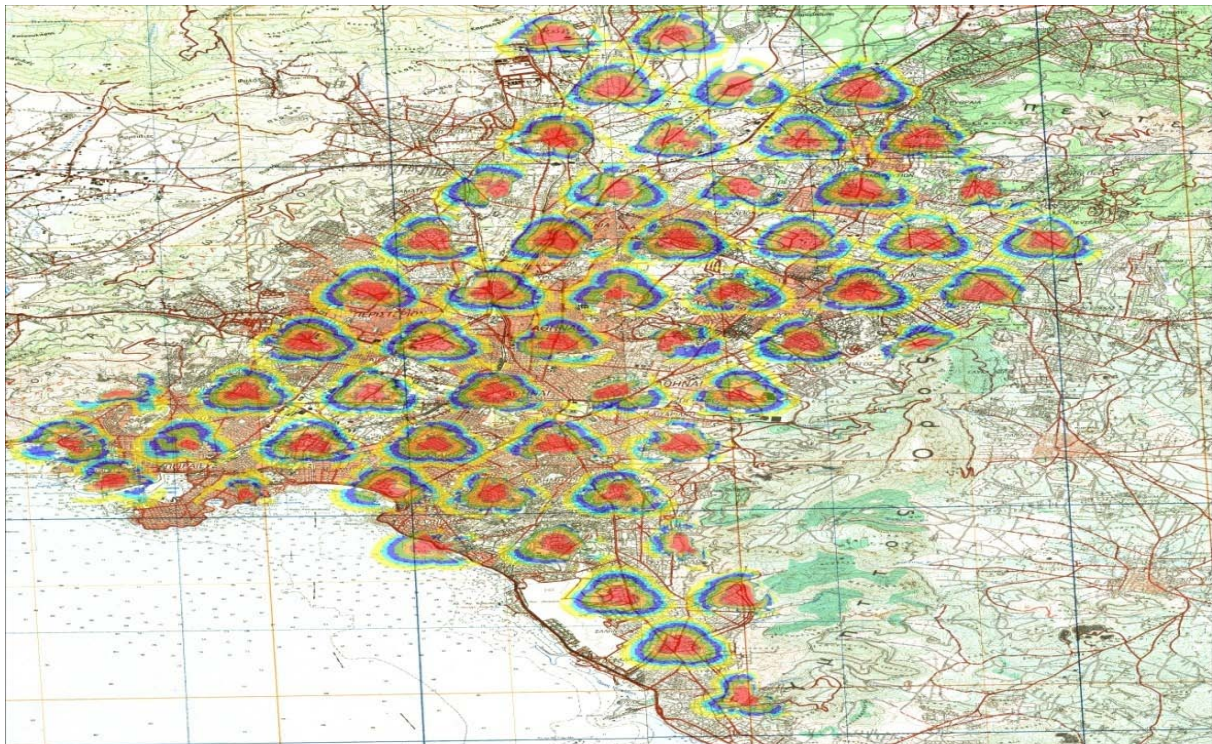


Σχήμα 4.61 Επίδραση στο SINR μεταβάλλοντας κέρδος κεραίας δέκτη

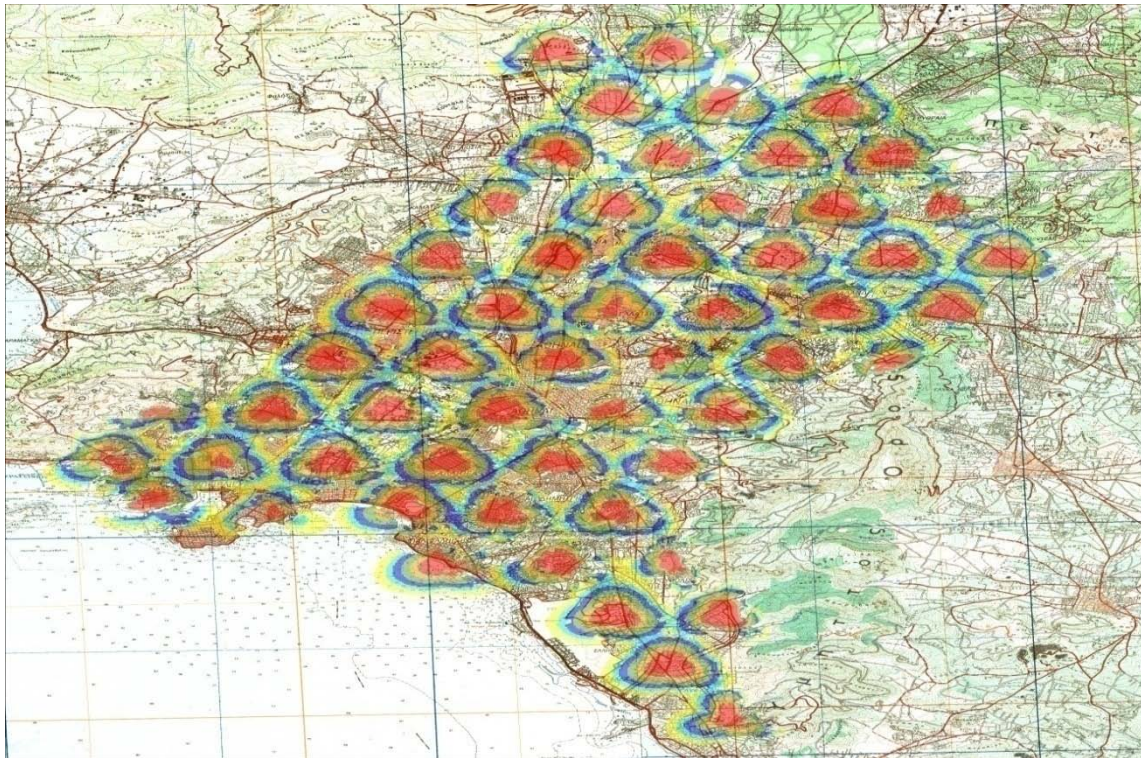


Σχήμα 4.62 Επίδραση στο ποσοστό κάλυψης και στο SINR μεταβάλλοντας κέρδος κεραίας δέκτη

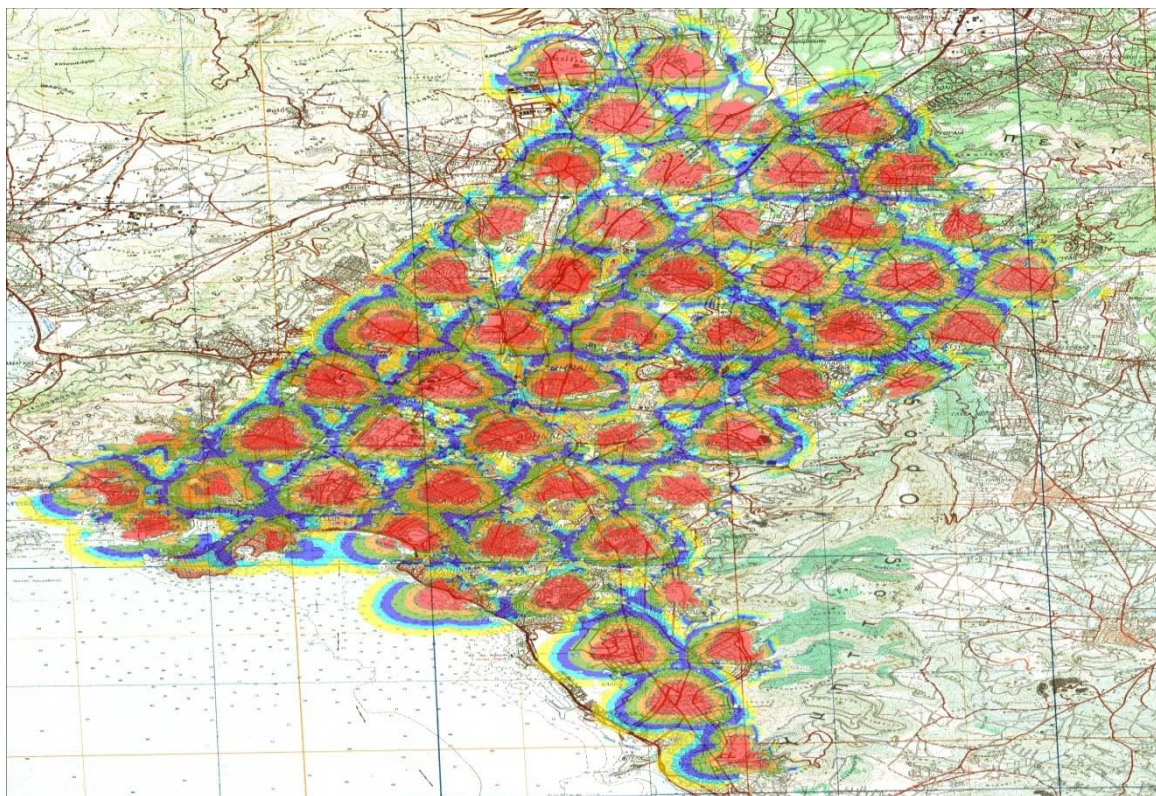
Μετά τα παραπάνω, γίνεται φανερή η επίδραση του κέρδους του δέκτη, καθώς αυξάνεται από τα 0 στα 11 dB, στη ραδιοκάλυψη. Παρατηρείται ότι υπάρχει βελτίωση στην κάλυψη, άξηση της περιοχής κάλυψης με γρήγορη διαμόρφωση και βελτιστοποίηση της επικοινωνίας.



Σχήμα 4.63 Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για κέρδος δέκτη 0 dB



Σχήμα 4.64 Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη για κέρδος δέκτη 4 dB



Σχήμα 4.65 Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη για κέρδος δέκτη 8 dB

4.5.3 Μεταβολή του Ύψους της Κεραίας του Πομπού

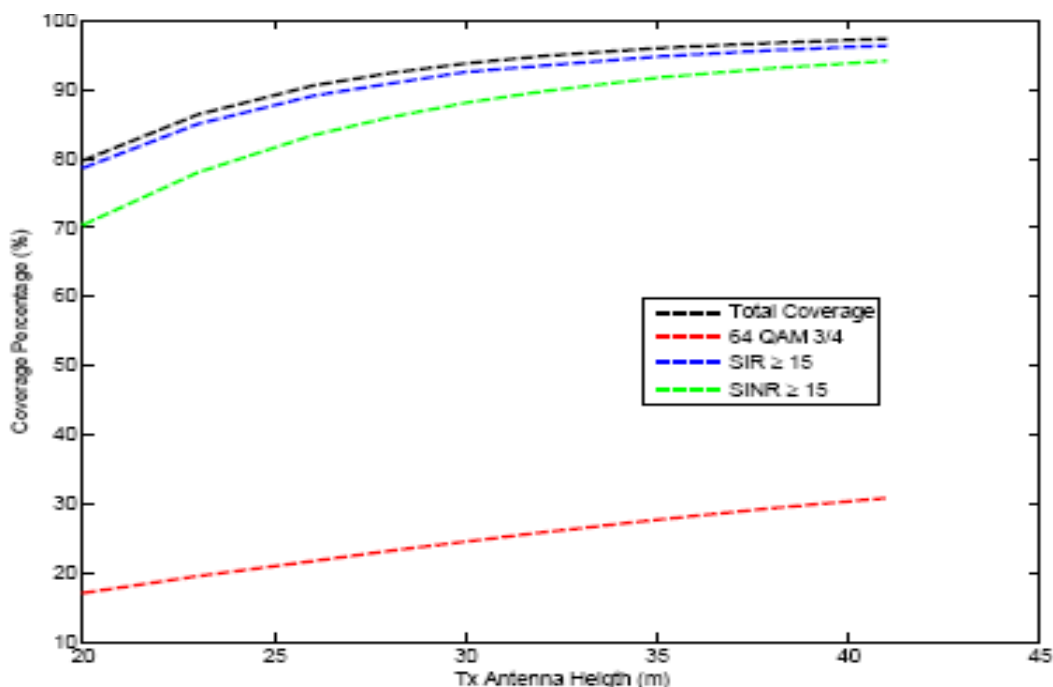
Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα από τη μελέτη της επίδρασης του ύψους του πομπού, φαίνονται στο πίνακα 4.23. Σε αυτόν, φαίνονται η συνολική κάλυψη, η κάλυψη της περιοχής με τη

«γρηγορότερη» διαμόρφωση, καθώς και τα ποσοστά της περιοχής που καλύπτεται με SINR μεγαλύτερο των 6 και 15 dB, για τη μελέτη της επίδρασης στο συνδυαστικό αποτέλεσμα παρεμβολής και θορύβου. Το ύψος του πομπού κυμάνθηκε από τα 20 m έως τα 41 m, πάνω από το επίπεδο του εδάφους.

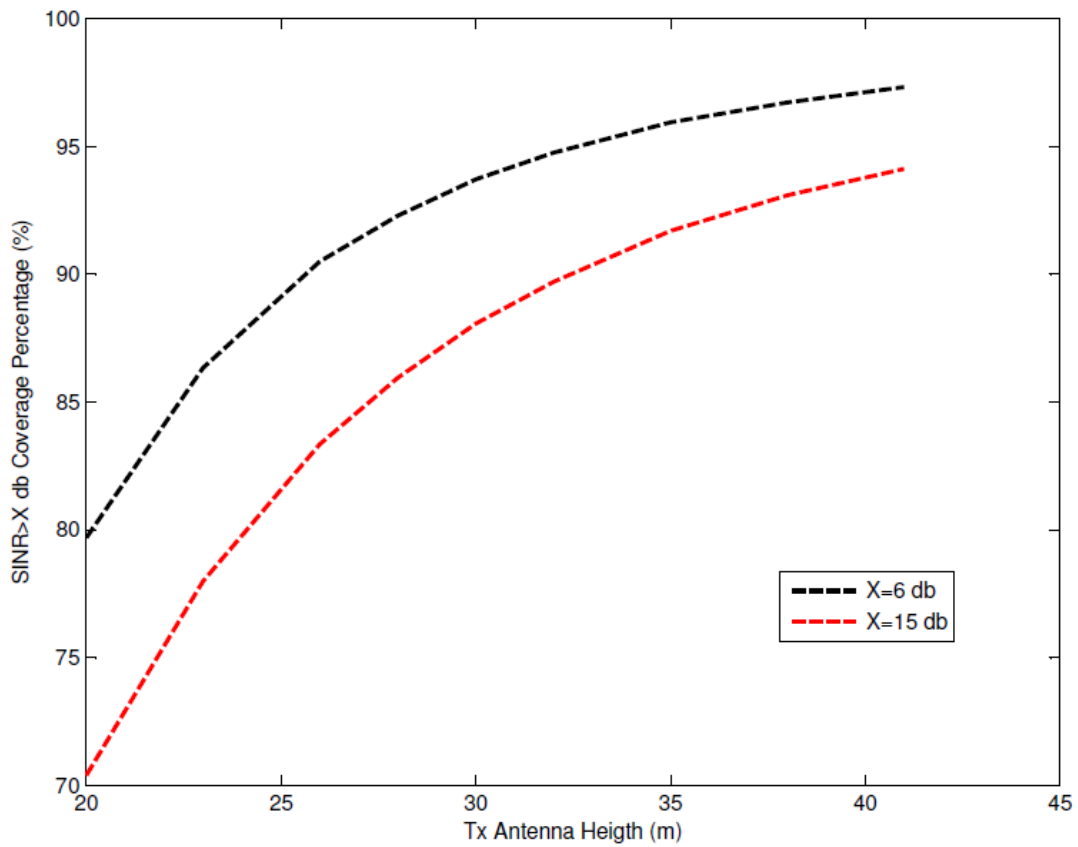
Πίνακας 4.23 Συνολικά στατιστικά στοιχεία μεταβάλλοντας ύψος κεραίας πομπού

Ύψος Κεραίας Πομπού	Ύψος Κεραίας Πομπού (m)	Συνολική Κάλυψη %	Κάλυψη 64 QAM $\frac{3}{4}$ %	SIR > 6 dB	SIR > 15 dB	SINR > 6 dB	SINR > 15 dB
	20	79.70	17.1	79.7	78.63	79.69	70.39
23	86.35	19.54	86.35	84.99	86.33	77.99	
26	90.55	21.71	90.54	89.05	90.5	83.35	
28	92.35	23.19	92.33	90.83	92.29	85.95	
30	93.76	24.55	93.74	92.52	93.71	88.06	
32	94.82	25.86	94.79	93.43	94.75	89.7	
35	95.98	27.71	95.95	94.74	95.94	91.69	
38	96.73	29.38	96.72	95.67	96.71	93.08	
41	97.34	30.85	97.33	96.36	97.32	94.12	

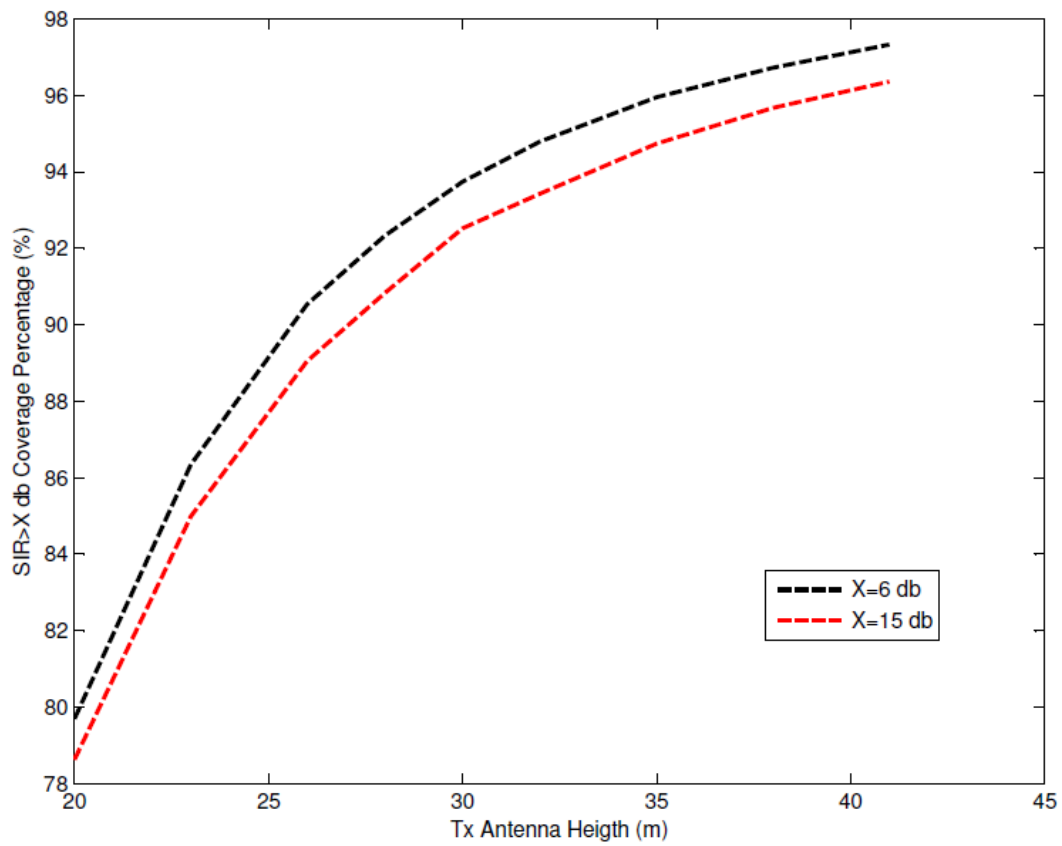
Τα παραπάνω φαίνονται γραφικά και στα επόμενα σχήματα. Η επίδραση στο ποσοστό κάλυψης (συνολικό αλλά και με 64 QAM $\frac{3}{4}$), φαίνεται στο σχήμα 4.66. Η επίδραση στον SINR, φαίνεται γραφικά στα διαγράμματα των σχημάτων 4.66 και 4.67. Τέλος η βελτίωση της κάλυψης, φαίνεται και εικονικά στα σχήματα 4.69 και 4.70.



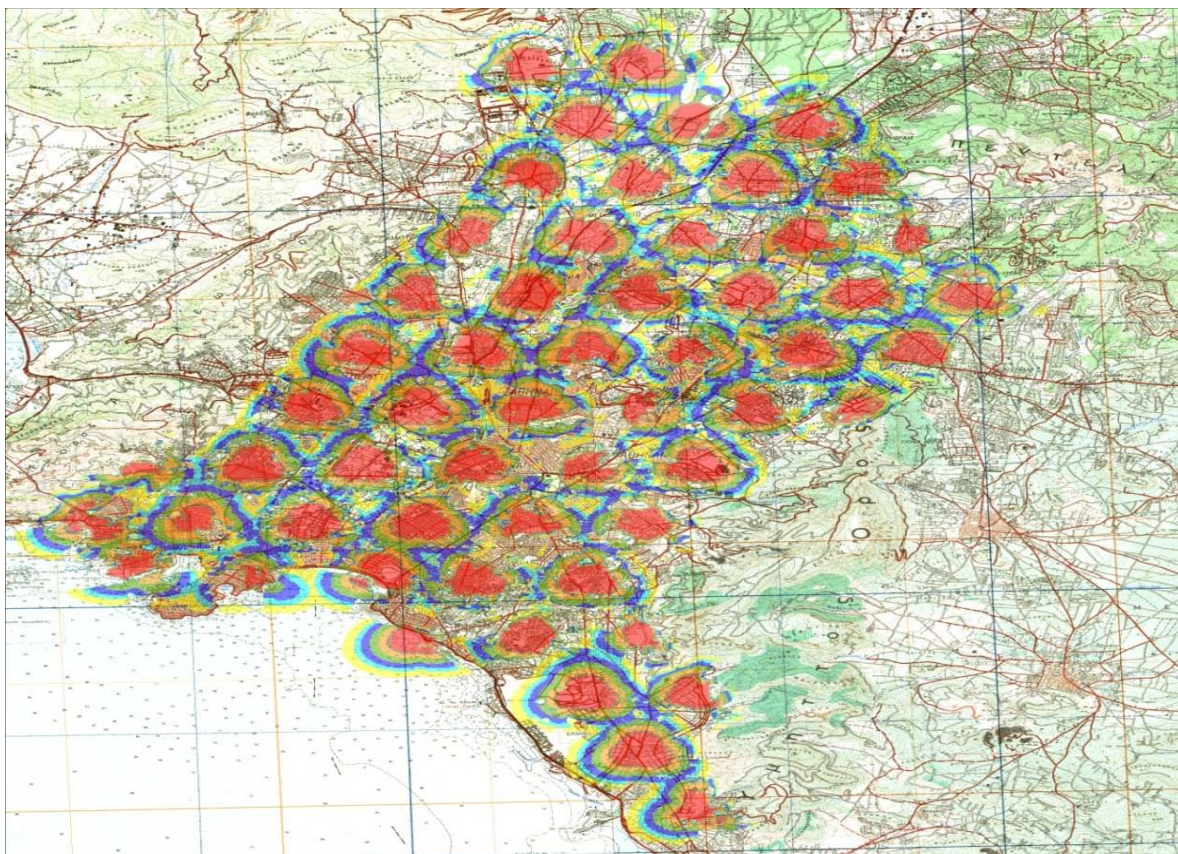
Σχήμα 4.66 Επίδραση στο ποσοστό κάλυψης και στα SIR και SINR μεταβάλλοντας ύψος κεραίας πομπού



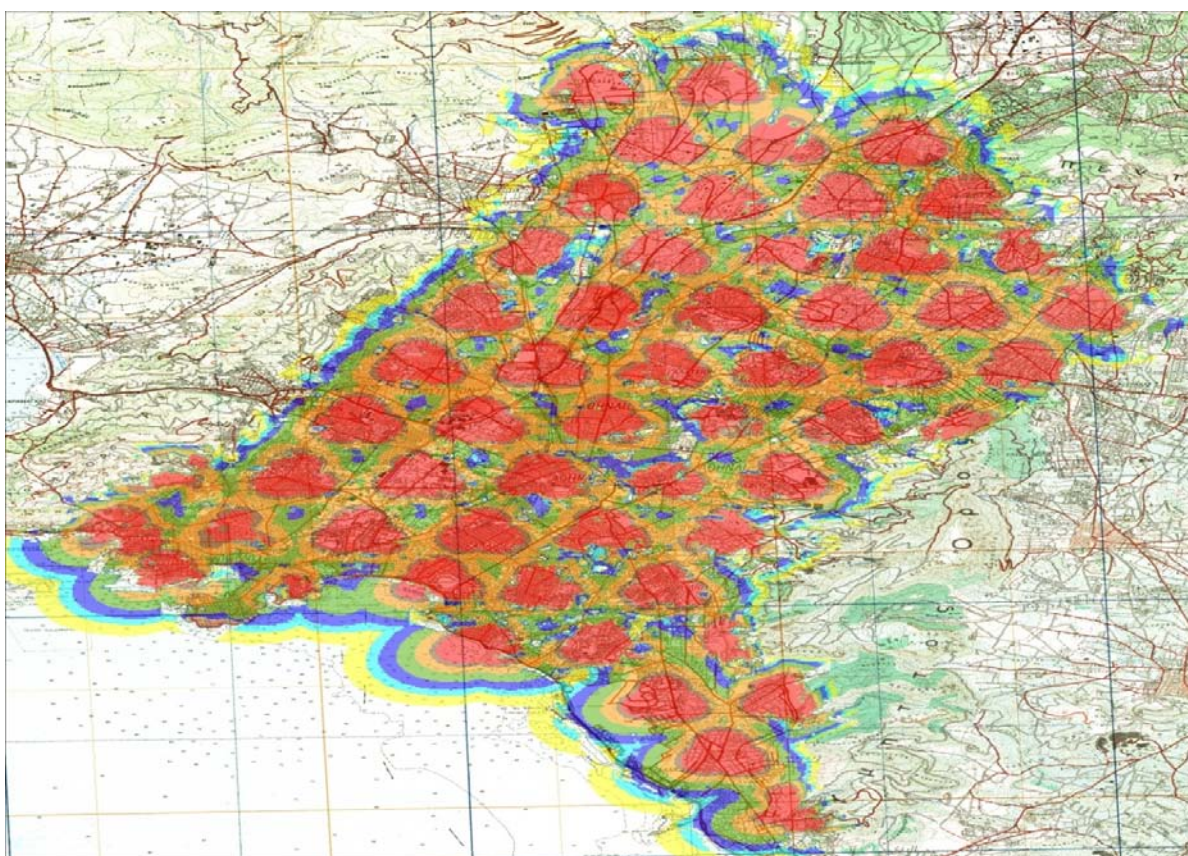
Σχήμα 4.67 Επίδραση στο SINR μεταβάλλοντας ύψος κεραίας πομπού



Σχήμα 4.68 Επίδραση στο SIR μεταβάλλοντας ύψος κεραίας πομπού



Σχήμα 4.69 Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για ύψος πομπού 20 m



Σχήμα 4.70 Επιτευχθείσα Ραδιοκάλυψη για ύψος δέκτη 41 m

Μετά τα παραπάνω, γίνεται φανερή η επίδραση του ύψους του πομπού τόσο στη ραδιοκάλυψη, όσο και στην ποιότητα της επικοινωνίας. Συμπερασματικά, αυξάνοντας το ύψος, αυξάνεται η περιοχή κάλυψης και η ποιότητα της επικοινωνίας.

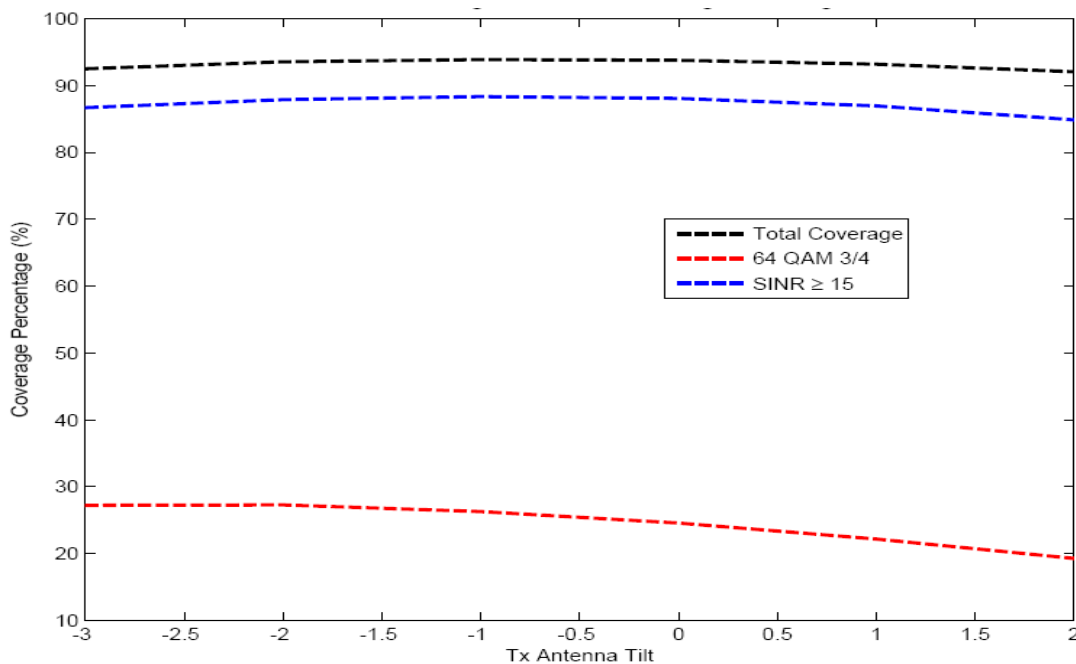
4.5.4 Μεταβολή της Γωνίας Ανύψωσης του Πομπού

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της επίδρασης της μεταβολής της γωνίας ανύψωσης στη ραδιοκάλυψη, φαίνονται στο πίνακα 4.24. Σε αυτόν, φαίνονται η συνολική κάλυψη, η κάλυψη της περιοχής με τη «γρηγορότερη» διαμόρφωση, και τα ποσοστά της περιοχής που καλύπτεται με SIR και SINR μεγαλύτερο των 6 και 15 dB, για τη μελέτη της επίδρασης στο συνδυαστικό αποτέλεσμα παρεμβολής και θορύβου.

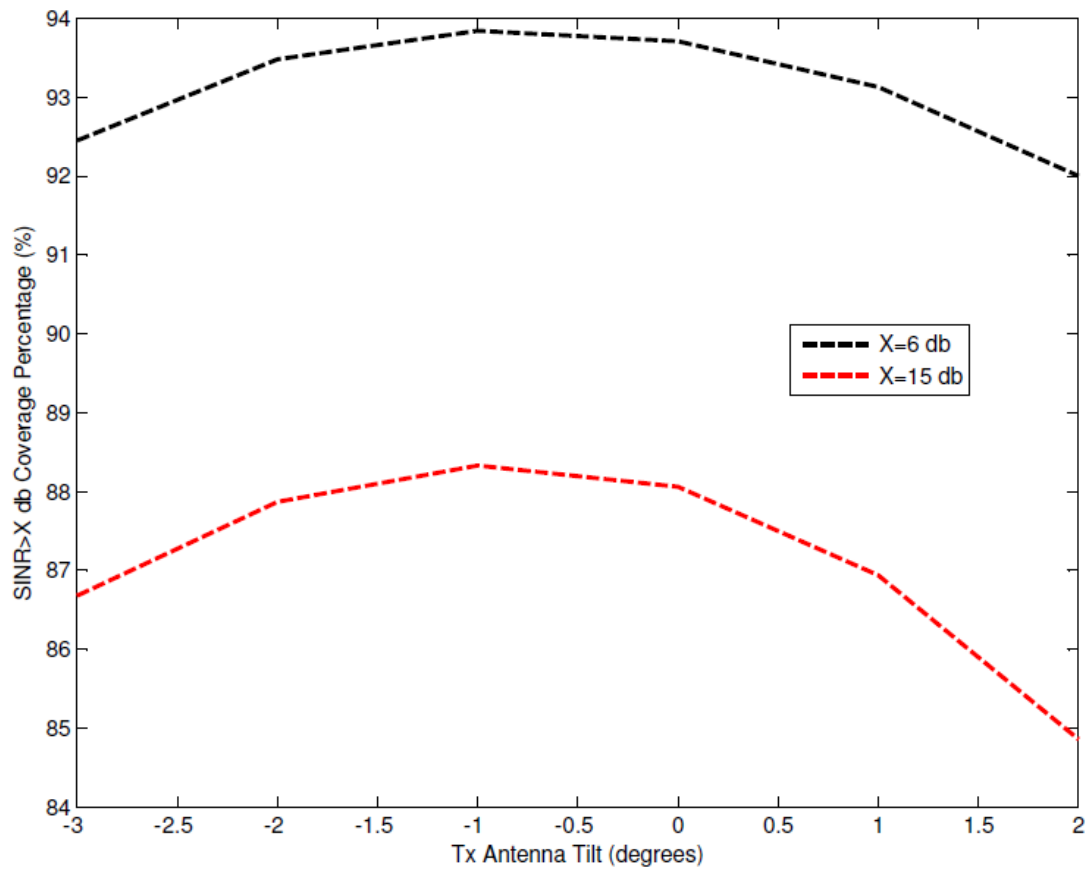
Πίνακας 4.24 Συνολικά στατιστικά στοιχεία μεταβάλλοντας γωνία ανύψωσης

Γωνία Ανύψωσης	Γωνία Ανύψωσης Μοίρες	Συνολική Κάλυψη %	Κάλυψη 64 QAM $\frac{3}{4}$ %	SIR>6 dB	SIR>15 dB	SINR>6 dB	SINR>15 dB
Γωνία Ανύψωσης	-3	92.50	27.20	92.49	91.25	92.45	86.68
	-2	93.53	27.26	-	-	93.48	87.87
	-1	93.88	26.27	-	-	93.84	88.33
	0	93.76	24.55	93.74	92.52	93.71	88.06
	1	93.18	22.16	-	-	93.13	86.94
	2	92.04	19.26	92.02	90.37	92	84.86

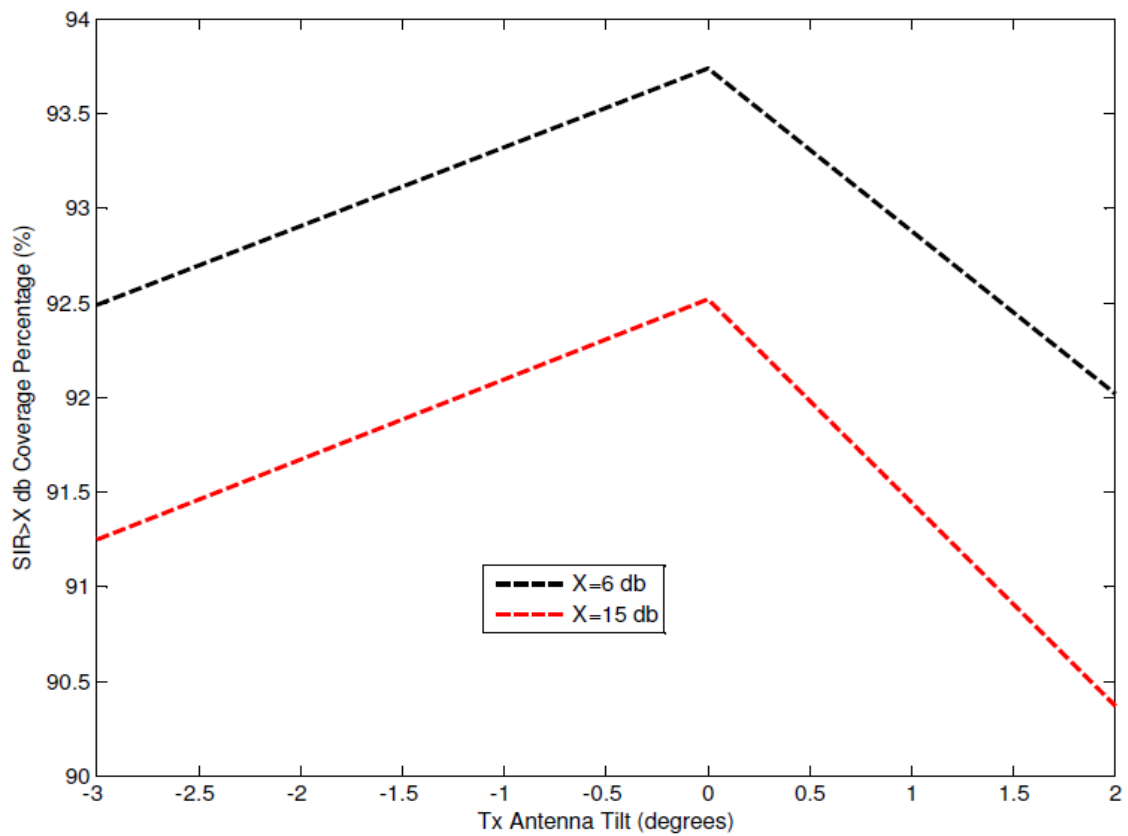
Τα παραπάνω φαίνονται γραφικά στις επόμενες εικόνες. Η επίδραση στο ποσοστό κάλυψης (συνολικό αλλά και με 64 QAM $\frac{3}{4}$), φαίνεται στο σχήμα 4.71. Η επίδραση στον SINR, φαίνεται στα διαγράμματα των σχημάτων 4.71 και 4.72. Η επίδραση στον SIR, φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 4.73.



Σχήμα 4.71 Επίδραση στο ποσοστό κάλυψης και στο SINR, μεταβάλλοντας γωνία ανύψωσης

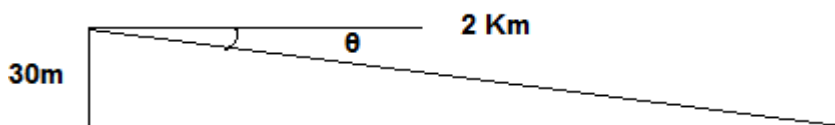


Σχήμα 4.72 Επίδραση στο SINR μεταβάλλοντας γωνία ανύψωσης



Σχήμα 4.73 Επίδραση στο SIR μεταβάλλοντας γωνία ανύψωσης

Οι διαφοροποιήσεις στην περίπτωση μεταβολής της γωνίας ανύψωσης είναι μικρές, με αποτέλεσμα να μη μπορεί να εξαχθεί ένα οριστικό συμπέρασμα. Παρόλα αυτά, μπορούμε να παρατηρήσουμε ένα μικρό τοπικό μέγιστο περίπου στις -0,5 μοίρες, τόσο στην κάλυψη όσο και στους λόγους SINR και SIR. Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί αν ληφθεί υπόψη ότι η εμβέλεια των σταθμών είναι στα 2 km και το ύψος του πομπού στα 30 m, οπότε και η γωνία ανύψωσης ώστε η άκρη της εμβέλειας να φτάνει στο έδαφος, πρέπει να είναι περίπου - 0,8 μοίρες.



Βέβαια η γωνία ανύψωσης θα πρέπει να αντιμετωπιστεί βέλτιστα σε κάθε Σταθμό Βάσης τοπικά και όχι συγκεντρωτικά.

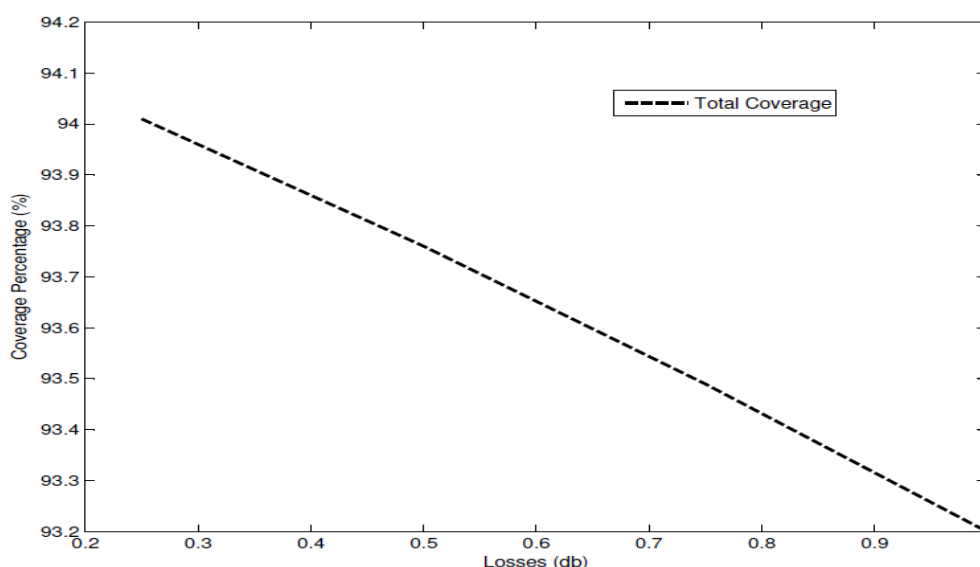
4.5.5 Μεταβολή των Απωλειών της Κεραίας του Πομπού

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της επίδρασης της μεταβολής των απωλειών της κεραίας του Πομπού, φαίνονται στο πίνακα 4.25. Σε αυτόν, φαίνονται η συνολική κάλυψη και η κάλυψη της περιοχής με τη «γρηγορότερη» διαμόρφωση.

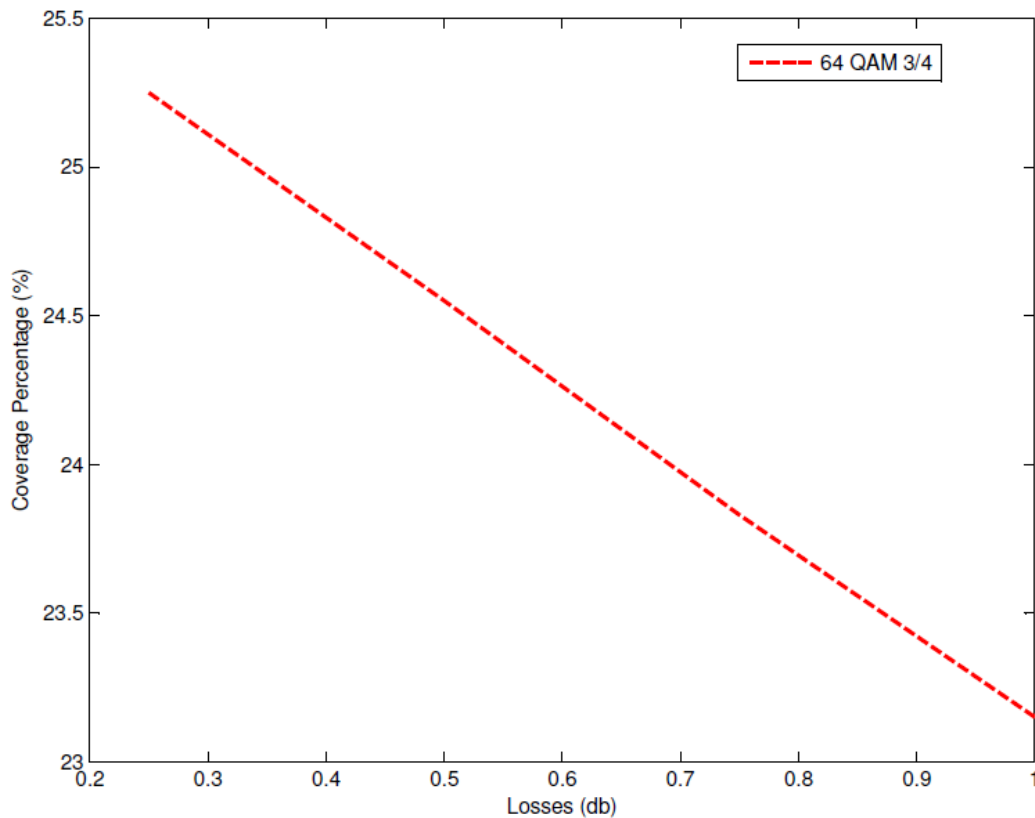
Πίνακας 4.25 Συνολικά στατιστικά στοιχεία μεταβάλλοντας απώλειες κεραίας πομπού

Απώλειες Κεραίας	Απώλειες dB	Συνολική Κάλυψη (%)	Κάλυψη 64 QAM ³ / ₄ (%)
	0.25dB	94.01	94.01
0.5dB	93.76	93.76	
0.75dB	93.49	93.49	
1dB	93.20	93.20	

Η επίδραση στο ποσοστό κάλυψης (συνολικό αλλά και με 64 QAM ³/₄), φαίνεται στα σχήματα 4.74 και 4.75.



Σχήμα 4.74 Επίδραση στο συνολικό ποσοστό κάλυψης, μεταβάλλοντας απώλειες κεραίας πομπού



Σχήμα 4.75 Επίδραση στο ποσοστό κάλυψης με 64 QAM μεταβάλλοντας γωνία ανύψωσης

Μετά τα παραπάνω, γίνεται φανερό η μείωση της συνολικής περιοχής κάλυψης και της περιοχής κάλυψης με 64 QAM 3/4, με την αύξηση των απωλειών της κεραίας του Πομπού.

4.5.6 Διαφοροποίηση του Χρησιμοποιούμενου Σχήματος Κατανομής Υποφερουσών

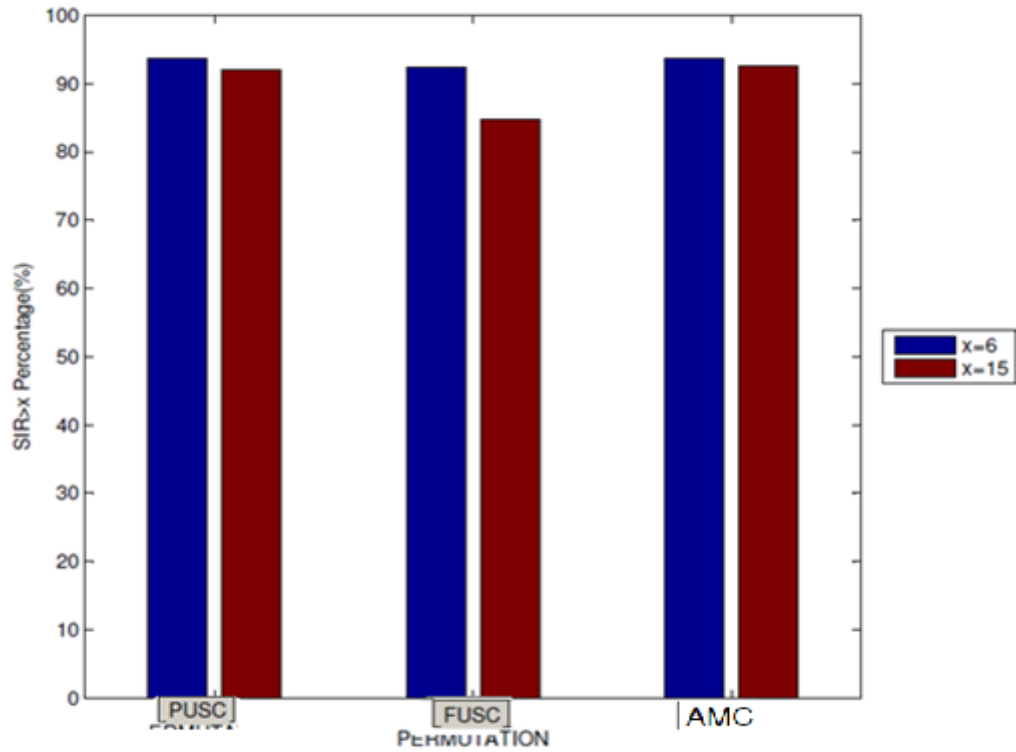
Ένα θέμα που απασχόλησε τη μελέτη αυτή, πέραν των υπολοίπων τεχνικών χαρακτηριστικών που αναφέρθηκαν, είναι και το είδος του χρησιμοποιούμενου σχήματος κατανομής υποφερουσών και η επίδραση του στο ποσοστό κάλυψης. Βέβαια το σχήμα κατανομής υποφερουσών αφορά τη σχεδίαση σε επίπεδο δικτύου, όμως επηρεάζεται από αυτό η δημιουργούμενη παρεμβολή. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 4.26. Σε αυτόν, φαίνονται η συνολική κάλυψη, η κάλυψη της περιοχής με τη «γρηγορότερη» διαμόρφωση και τα ποσοστά της περιοχής που καλύπτεται με SINR και με SIR μεγαλύτερο των 6 και 15 dB, για τη μελέτη της επίδρασης στην παρεμβολή και το θόρυβο.

Πίνακας 4.26 Συνολικά στατιστικά στοιχεία σχήματος κατανομής υποφερουσών

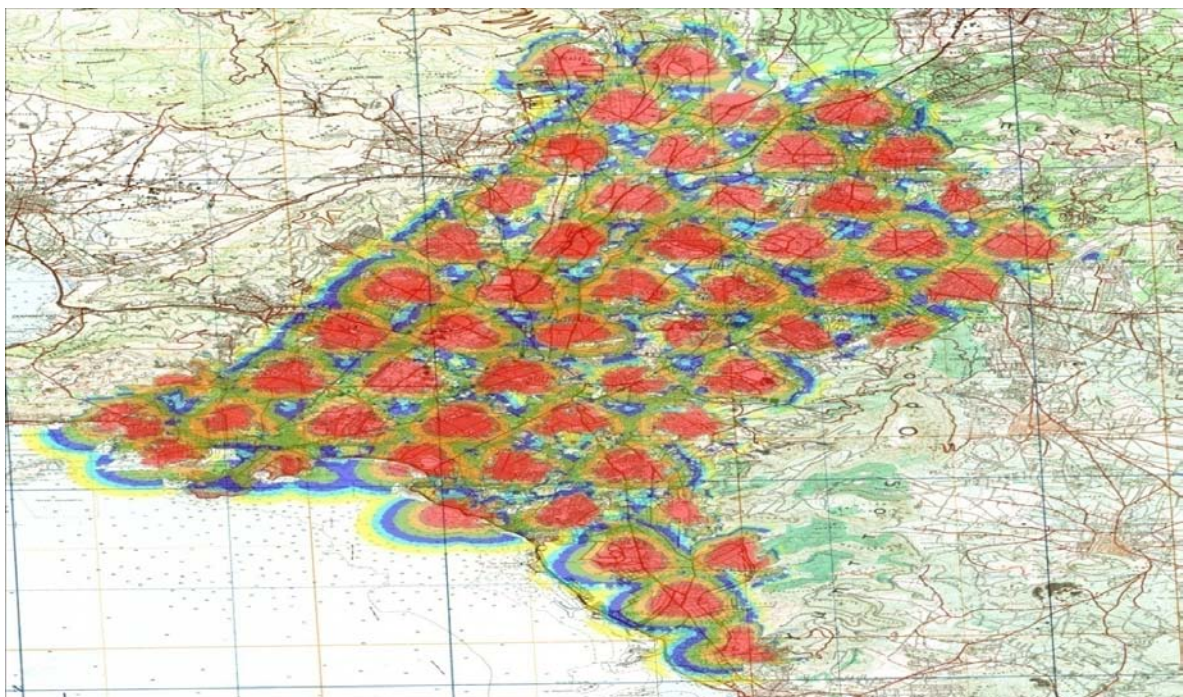
Σχήμα Κατανομής Υποφερουσών	Συνολική Κάλυψη %	Κάλυψη 64 QAM 3/4 %	SIR>6 dB	SIR>15 dB	SINR>6 dB	SINR>15 dB
PUSC (3-50-33)	93.76	24.55	93.68	92.01	93.63	87.42
FUSC	93.76	24.55	92.39	84.82	92.28	78.05
AMC	93.76	24.55	93.74	92.52	93.71	88.06

Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει διαφοροποίηση στα ποσοστά κάλυψης της περιοχής, όμως διαφορές

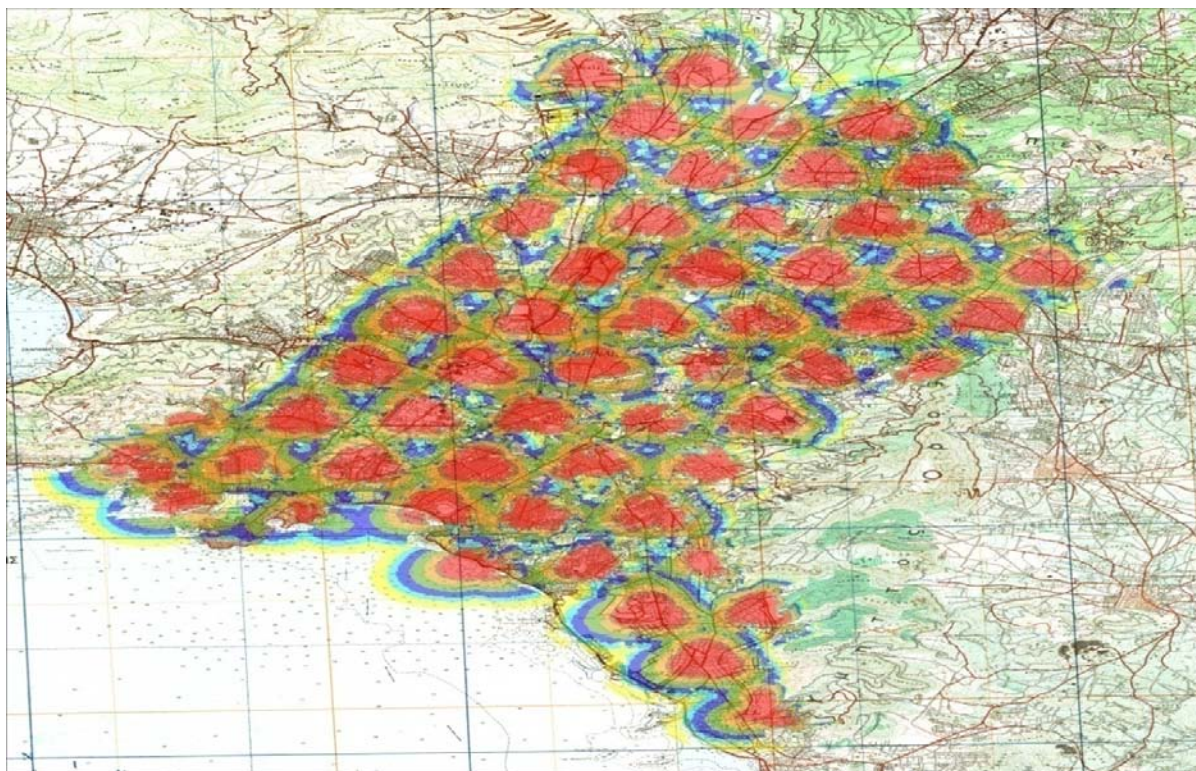
προκύπτουν στα ποσοστά των SIR και SINR. Βέβαια, κατά τον υπολογισμό της ευαισθησίας θεωρήσαμε ότι ο αριθμός των υποφερουσών παραμένει ο ίδιος για όλα τα σχήματα κατανομής υποφερουσών, τόσο για το DL, όσο και για το UL, για λόγους απλοποίησης των προσομοιώσεων. Αυτά φαίνονται γραφικά στις επόμενες εικόνες. Η επίδραση στον SIR, φαίνεται γραφικά στο σχήμα 4.76. Η ραδιοκάλυψη της περιοχής με χρήση PUSC και FUSC, φαίνεται γραφικά στα σχήματα 4.77 και 4.78 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.76 Επίδραση στο SIR σχήματος κατανομής υποφερουσών



Σχήμα 4.77 Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για χρησιμοποίηση σχήματος FUSC



Σχήμα 4.78 Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη για χρησιμοποίηση σχήματος PUSC

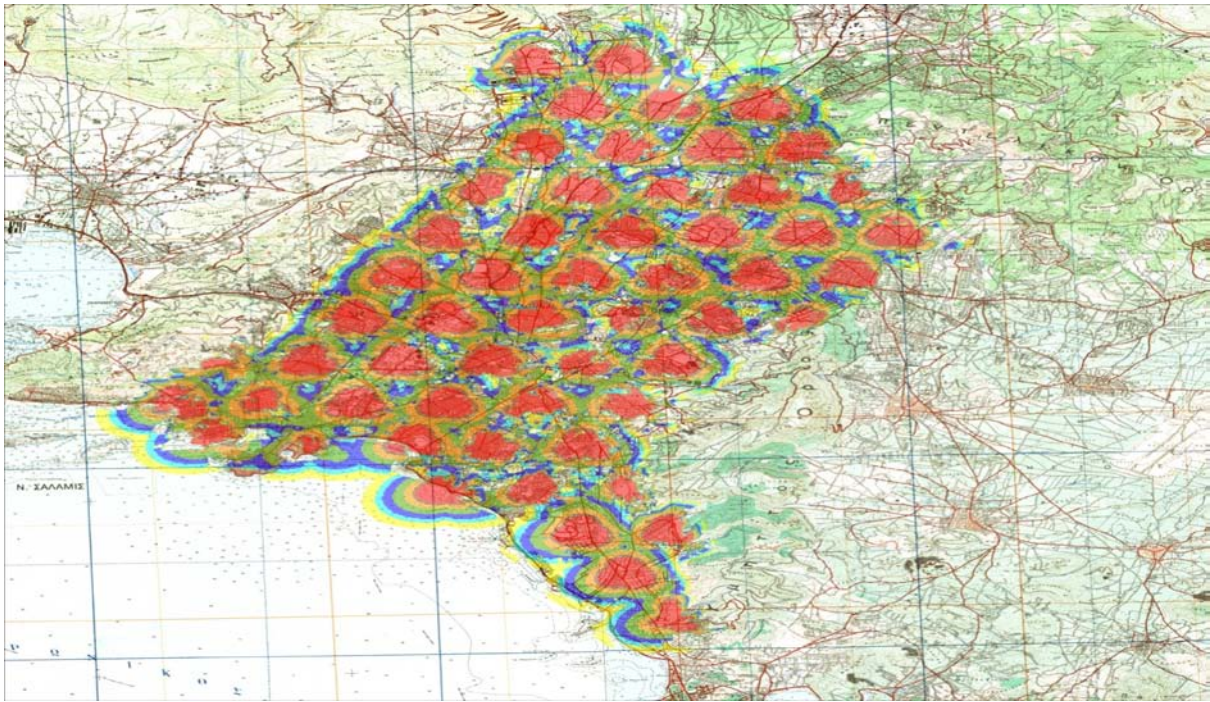
Όπως αναμενόταν, δεν υπάρχει επίδραση του σχήματος κατανομής υποφερουσών στο ποσοστό κάλυψης. Όμως υπάρχει διαφοροποίηση στην παρεμβολή και στο θόρυβο, με δυσμενέστερο σχήμα αυτό της FUSC και ευνοϊκότερο αυτό της AMC. Στα παραπάνω βέβαια δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα κύρια πλεονεκτήματα και της επιδράσεις που παρέχει κάθε ένα από αυτά τα σχήματα, κυρίως στο επίπεδο δικτύου, όπως είναι για παράδειγμα στον BER.

4.5.7 Διαφοροποίηση της Πόλωσης των Κεραιών

Τέλος εξετάστηκε η πιθανότητα επίδρασης της πόλωσης των κεραίων. Τα συγκριτικά αποτελέσματα φαίνονται στο πίνακα 4.27, ενώ η εικόνα της κάλυψης με οριζόντια πόλωση κεραίας φαίνεται στο σχήμα 4.79.

Πίνακας 4.27 Συνολικά στατιστικά στοιχεία πόλωσης

Πόλωση Κεραίας	Συνολική Κάλυψη %	Κάλυψη 64 QAM $\frac{3}{4}$ %	SIR>6 dB	SIR>15 dB	SINR>6 dB	SINR>15 dB
Οριζόντια	93.76	24.55	93.74	92.52	93.71	88.06
Κάθετη	93.76	24.55	93.74	92.52	93.71	88.06



Σχήμα 4.79 Επιτευχθείσα ραδιοκάλυψη με οριζόντια πόλωση κεραίας

Είναι φανερό ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση της πόλωσης της κεραίας στην κάλυψη της περιοχής, αλλά ούτε και στην παρεμβολή ή στο θόρυβο.

4.6 Ακτίνα Κάλυψης

Επιπλέον των παραπάνω, επί του κεντρικού σεναρίου που ακολουθήθηκε στην περιοχή της Ατικής, έγινε μελέτη της ακτίνας κάλυψης για κάθε διαμόρφωση ξεχωριστά. Φυσικά η ακτίνα κάλυψης με BFSK $\frac{1}{2}$, είναι και η συνολική εμβέλεια.

Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκαν 5 σταθμοί, από διάσπαρτα σημεία της περιοχής των Αθηνών (BS9, BS11, BS15, BS21, BS53) και για κάθε ένα από αυτούς λήφθηκε η μέγιστη και η ελάχιστη εμβέλεια για κάθε διαμόρφωση. Στη συνέχεια από τις δύο αυτές τιμές, υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι. Τα παραπάνω φαίνονται στον πίνακα 4.28.

Πίνακας 4.28 Ακτίνα κάλυψης για κάθε διαμόρφωση (σε επιλεγμένους σταθμούς)

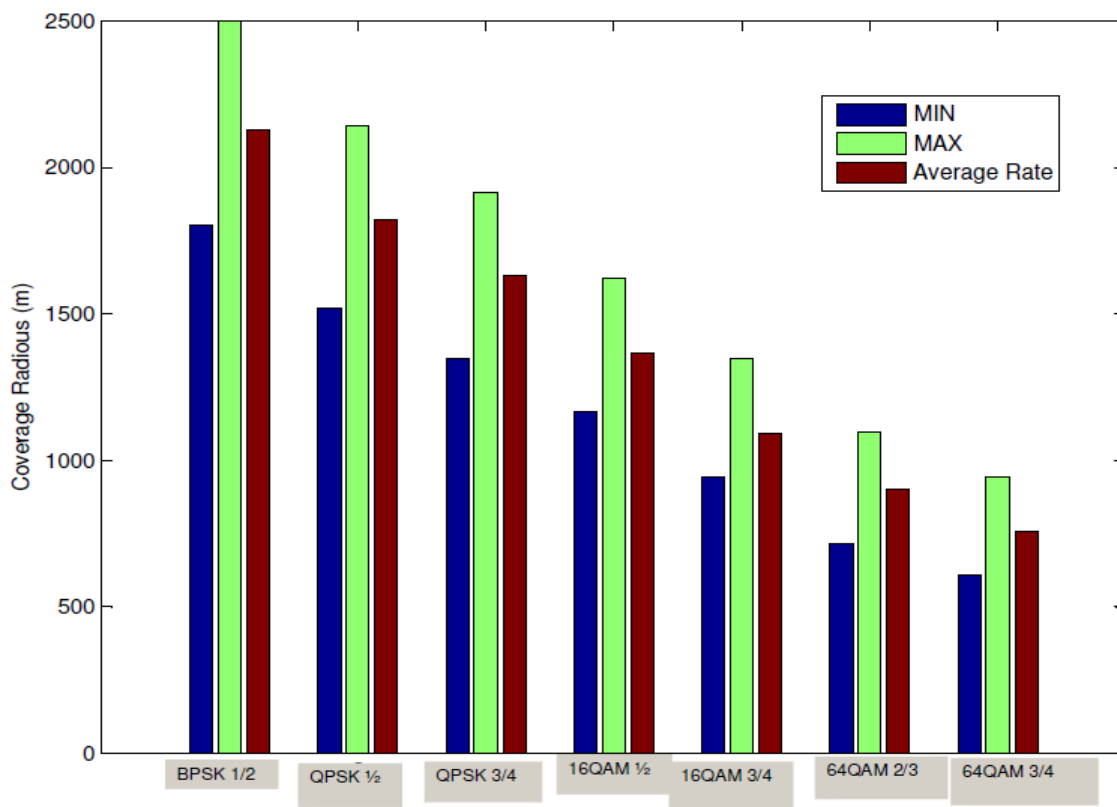
	BS9			BS11			BS15			BS21			BS53		
	Min	Max	Av	Min	Max	Av	Min	Max	Av	Min	Max	Av	Min	Max	Av
BFSK $\frac{1}{2}$	1803	2412	2107.5	1856	2500	2178	1812	2219	2015.5	1929	2581	2255	1904	2250	2077
QPSK $\frac{1}{2}$	1622	2132	1877	1521	2140	1830.5	1616	1950	1783	1544	2163	1853.5	1588	1942	1765
QPSK $\frac{3}{4}$	1415	1914	1664.5	1346	1890	1618	1409	1767	1588	1453	1901	1677	1433	1792	1612.5
16QAM $\frac{1}{2}$	1209	1622	1415.5	1166	1531	1348.5	1172	1456	1314	1188	1544	1366	1209	1569	1389
16QAM $\frac{3}{4}$	943	1221	1082	1012	1262	1137	943	1031	987	962	1235	1098.5	962	1346	1154
64QAM $\frac{2}{3}$	791	1055	923	783	1040	911.5	783	919	851	716	1012	864	806	1098	952
64QAM $\frac{3}{4}$	610	901	755.5	650	901	775.5	680	695	687.5	695	860	777.5	626	943	784.5

Από τα παραπάνω στοιχεία υπολογίστηκε ο συνολικός μέσος όρος όπως φαίνεται στον πίνακα 4.29.

Πίνακας 4.29 Συνολικά στατιστικά στοιχεία ακτίνας κάλυψης

	Συνολικά		
	Min	Max	Av
BFSK ½	1803	2500	2126,6
QPSK ½	1521	2140	1821,8
QPSK ¾	1346	1914	1632
16QAM ½	1166	1622	1366,6
16QAM ¾	943	1346	1091,7
64QAM 2/3	716	1098	900,3
64QAM ¾	610	943	756,1

Τα παραπάνω αποτελέσματα γραφικά φαίνονται στο σχήμα 4.80



Σχήμα 4.80 Ακτίνα κάλυψης ανά διαμόρφωση

Είναι λογικό ότι υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης, θα απολαμβάνουν όσοι βρίσκονται πλησιέστερα στο σταθμό βάσης.

4.7 Βιβλιογραφικές αναφορές

- [1] Jeffrey G. Andrews, Arunabha Ghosh, Rias Muhamed, *Fundamentals of WiMAX Understanding BroadBand Wireless Networking*, Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series, 2007.
- [2] John Proakis, Masoud Salehi, *Συστήματα Τηλεπικοινωνιών*, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2002.
- [3] Βασδάρης Θωμάς, Τσελίκης Παναγιώτης, *Ασύρματα Ευρυζωνικά Δίκτυα WiMAX*, Διπλωματική Εργασία ΕΜΠ, Αθήνα, Σεπτ. 2006
- [4] www.WiMAXforum.org
- [5] Κανάτας Αθανάσιος, Κωνσταντίνου Φίλιππος, Γεώργιος Πάντος, *Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2008
- [6] Παναγιώτης Γ. Κωττής, Χρήστος Ν. Καψάλης, *Δορυφορικές Επικοινωνίες*, Εκδόσεις Τζιόλα, 2006.
- [7] Θεολόγου Μ. Ε, *Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών*, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2007.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Μελέτη Ραδιοκάλυψης Περιοχής Αμαρουσίου

5.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό αφορά στην εκτέλεση προσομοιώσεων στην περιοχή του Αμαρουσίου, στην συχνότητα των 3.5 GHz. Για την υλοποίηση διατέθηκαν Ψηφιακά Χαρτογραφικά Δεδομένα Υψηλής Ανάλυσης (.GEO) που αναπαριστούν την πολεοδομική συγκρότηση της περιοχής (κτήρια, δρόμοι κτλ.) πάνω στο ανάγλυφο του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή ένα αναλυτικό μοντέλο έχει προβάδισμα έναντι των εμπειρικών μοντέλων, όπως εξηγείται παρακάτω. Επιπλέον, η χρησιμοποίηση κυψελωτής μεθόδου στην εγκατάσταση των Σταθμών Βάσης, αν και επιχειρήθηκε αρχικά, δεν κατέστη δυνατή, λόγω της ιδιομορφίας της περιοχής. Επιπρόσθετα, κρίθηκε αναγκαία η χρήση περισσότερων της μιας κεραιών σε ένα Σταθμό Βάσης και ο κατ' επέκταση διαχωρισμός τους σε τομείς (sectoring) με παράλληλη επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων, για τον περιορισμό των παρεμβολών, την αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος και της συνολικής κάλυψης.

5.2 Προσομοιώσεις με τα μοντέλα διάδοσης ITU-R 525/526, SUI – C και COST 231 - HATA

Σε Ψηφιακά Χαρτογραφικά Δεδομένα Υψηλής Ανάλυσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ενδείκνυται η χρήση ενός αναλυτικού μοντέλου. Το αναλυτικό μοντέλο, δεν βασίζεται πια σε εμπειρικές εξισώσεις, οι οποίες έχουν εξαχθεί από συνεχείς μετρήσεις, αλλά στον αναλυτικό υπολογισμό του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σε κάθε σημείο του χώρου, βασιζόμενο σε εξισώσεις της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας και με βάση την ύπαρξη εμποδίων - αντικειμένων σε αυτόν. Αντιθέτως, ένα εμπειρικό μοντέλο θα προέβλεπε μόνο μία σταθερή εξασθένιση της ισχύος του σήματος στον χώρο σε συνάρτηση με την απόσταση και με βάση τις διάφορες παραμέτρους που επηρεάζουν τις εξισώσεις του.

Γίνεται φανερό λοιπόν, ότι με ένα εμπειρικό μοντέλο δεν είναι δυνατή η συνεκτίμηση της ιδιαιτερότητας κάθε περιοχής (γεωγραφικής, πολεοδομικής, πυκνότητας κτηρίων κλπ) στην αντίστοιχη διαμόρφωση των συντελεστών των παραμέτρων της εξίσωσης που τα χαρακτηρίζει, στον υπολογισμό της κάλυψης. Ένα αναλυτικό μοντέλο παρακάμπτει αυτή την αδυναμία. Από την άλλη, η χρήση του απαιτεί τεράστια υπολογιστική ισχύ, μεγάλα οικονομικά μεγέθη και μεγάλες χρονικές καθυστερήσεις. Επιπλέον, τα αναλυτικά μοντέλα προσομοίωσης, από μόνα τους εμπεριέχουν κάποιες εκπτώσεις και συμβιβασμούς, που αποκλίνουν από την αυστηρή ηλεκτρομαγνητική θεωρία, οι οποίες είναι απαραίτητες για την πραγματική υλοποίησή τους. Τέλος τα μοντέλα αυτά αδυνατούν να ανταποκριθούν στην πραγματικότητα, όταν δεν υπάρχει η ανάλογη υψηλή πληροφόρηση των αντικειμένων του χώρου.

Για την επισήμανση της διαφοράς των μοντέλων πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις με τα μοντέλα ITU-R 525/526 (αναλυτικό), SUI - C και COST 231 – HATA (εμπειρικά), με μοντέλα ανάκλασης, το ITU-R 526 για το αναλυτικό και το standard για τα εμπειρικά, και ως μοντέλα περίθλασης, το ITU-R 526 Deygout για το αναλυτικό και το Deygout 94 method για τα εμπειρικά. Επιλέγοντας τη μέθοδο Deygout για τα εμπειρικά, όπως και στην κάλυψη της περιοχής των Αθηνών, επιλέγουμε το χειρότερο σενάριο, καθώς η μέθοδος αυτή είναι η πιο πεσιμιστική. Η επιλογή της μεθόδου ITU-R 526 Deygout είναι η προεπιλεγμένη του εργαλείου προσομοίωσης. Η περιοχή του Αμαρουσίου έχει έκταση 14 km^2 και συγκροτείται από υποπεριοχές διαφόρων τύπων, όπως αστικές, με πλήθος καταστημάτων και εμπορικών κέντρων, καθώς και ημιαστικές, με μέση

βλάστηση και υπαίθριους χώρους (Ολυμπιακό Στάδιο). Αρχικά οι προσομοιώσεις έγιναν με την χρήση μόνο ενός Σταθμού Βάσης, αφού η διαπίστωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο μοντέλο δεν απαιτεί περισσότερους Σταθμούς Βάσης.

Η κεραία του πομπού τοποθετήθηκε σε ύψος 3 m, στην κορυφή του κτηρίου του ΟΤΕ, το οποίο δεσπόζει σε όλη την περιοχή (άλλωστε κατά την διαδικασία εγκατάστασης των Σταθμών Βάσης που περιγράφεται παρακάτω διαπιστώνουμε ότι αυτή καλύπτει τη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής).

5.2.1 Καθορισμός παραμέτρων προσομοίωσης

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Σταθμού Βάσης για την αρχική προσομοίωση, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά Σταθμού Βάσης

Ισχύς Πομπού (Pt)	2 W
Ισχύς Δέκτη (Pr)	0.2 W
Ακτινοβολούμενη ισχύς (EIRP)	449.811 W
Συχνότητα (f)	3.5 GHz
Εύρος ζώνης καναλιού (Bw)	7 MHz
Κέρδος Tx (Gtx)	24.02 dBi
Κέρδος Rx (Grx)	21.01 dBi
Ύψος κεραίας πομπού (hbs)	3 m
Απώλειες Tx (Ltx)	0.5 dB
Απώλειες Rx (Lrx)	0.5 dB
Τεχνική κεραίας	4 x 2 MIMO
Γωνία ανύψωσης κεραίας	-2°
Πολυπλεξία	TDD
Επίπεδο θορύβου	-102 dBm
KTBF	-102 dBm
Κατώφλι λαμβανόμενης ισχύος	55 dBμV/m
Κατώφλι SINR	6 dB
Διαμορφώσεις	BFSK 1/2, QPSK 1/2, QPSK 3/4, 16QAM 1/2 16QAM 3/4, 64QAM 1/2 και 64QAM 3/4

5.2.2 Καθορισμός κατωφλίου κάλυψης

Σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 802.16e-2005 [4], η ευαισθησία ενός κινητού δέκτη R_{ss} υπολογίζεται με βάση την εξίσωση 1, όπως αναλυτικά περιγράφεται στην παράγραφο 8.4.13.1 του προτύπου (εξίσωση 149b):

$$R_{ss} = -114 + SNR_{RX} - 10 \log R + 10 \log \left(\frac{F_S * N_{used}}{N_{FFT}} \right) + ImpLos + NF \quad (\text{Εξίσ. 1})$$

όπου

➤ SNR_{RX} : Σηματοθορυβικός λόγος, οι τιμές του οποίου δίδονται από τον πίνακα 338 του παραπάνω προτύπου, ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη διαμόρφωση, και φαίνονται στον πίνακα 5.2.

➤ R : Παράγοντας επανάληψης, ο οποίος εξαρτάται από τον τύπο της διαμόρφωσης και λαμβάνει τιμές 1, 2, 4, 6 για διαμόρφωση QPSK και 1 για όλες τις άλλες. Στην προκειμένη

περίπτωση θεωρούμε τιμή 1 για όλες τις διαμορφώσεις.

- F_S : Συχνότητα δειγματοληψίας, η οποία δίδεται από την εξίσωση 2

$$F_S = (\text{παράγοντας δειγματοληψίας}) * (BW) \quad (\text{Εξίσ. 2})$$

Ο παράγοντας δειγματοληψίας για εύρος ζώνης καναλιού 7 MHz (πολλαπλάσιο του 1.75 MHz) σύμφωνα με [3] είναι ίσος με 8/7, οπότε από την εξίσωση 2 έχουμε $F_S = 8$.

- N_{used} : Το άθροισμα των υποφερόντων δεδομένων N_{data} και των πιλοτικών υποφερόντων N_{pilot} . Στην προκειμένη περίπτωση θεωρούμε ότι $N_{data} = 720$ και $N_{pilot} = 120$ δηλαδή $N_{used} = 840$.

- N_{FFT} : Το άθροισμα των υποφερόντων. Στην προκειμένη περίπτωση $N_{FFT} = 1024$.

- $ImpLos$: Οι απώλειες εφαρμογών που περιλαμβάνουν μη ιδανικές επιδράσεις στην πλευρά του δέκτη, όπως λάθη εκτίμησης καναλιού, λάθη κβαντισμού, θόρυβο φάσης και λάθη εντοπισμού σφαλμάτων. Συνήθως, η τιμή του ορίζεται στα 5 dB.

- NF : Η μορφή του θορύβου αναφερόμενη στην είσοδο της κεραίας. Συνήθως η τιμή του ορίζεται στα 8 dB.

Η εφαρμογή των παραπάνω τιμών στην εξίσωση 1, δίνει τιμές ευαισθησίας του δέκτη όπως στον παρακάτω πίνακα, ανάλογα βέβαια με τον τύπο της διαμόρφωσης. Ο ρυθμός μετάδοσης υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση 3 της [3]

$$R = \frac{M * N_{data}}{N_{FFT}(1 + G)} * \text{code rate} \quad (\text{Εξίσ. 3})$$

όπου

- M : Αριθμός bit ανα σύμβολο, που εξαρτάται από τον τύπο της διαμόρφωσης και λαμβάνει τιμές 1 για διαμόρφωση BFSK, 2 για διαμόρφωση QPSK, 4 για διαμόρφωση 16 QAM και 6 για διαμόρφωση 64 QAM.

- G : Διάστημα φύλαξης, Είναι το ποσοστό (%) του L για CP. Στην προκειμένη περίπτωση λαμβάνει την τιμή $G = 0.125$.

Πίνακας 5.2 Τιμές σηματοθορυβικού λόγου, ευαισθησίας κινητού δέκτη και μέγιστου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (θεωρητικού) ανά τύπο διαμόρφωσης

	SNR _{rx}	R _{ss}		Mbps
		dBμV/m	dB	
BFSK ½	2	55	-90.8	2.5
QPSK ½	5	58	-87.8	5
QPSK ¾	8	61	-84.8	7.5
16QAM ½	10.5	63	-82.3	10
16QAM ¾	14	67	-78.8	15
64QAM ½	18	71	-74.8	20
64QAM ¾	20	74	-72.8	22.5

Σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 802.16-2004 [5], η ευαισθησία ενός σταθερού δέκτη υπολογίζεται με βάση την σχέση που περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο 8.3.11.1 του προτύπου (εξίσωση 98):

$$R_{ss} = -102 + SNR_{RX} + 10 \log\left(\frac{F_S * N_{used}}{N_{FFT}} \left| * \frac{N_{subchannels}}{16} \right. \right) \quad (Εξίσ.4)$$

όπου

➤ SNR_{RX} : Σηματοθορυβικός λόγος, οι τιμές του οποίου δίδονται από τον πίνακα 266 του παραπάνω προτύπου, ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη διαμόρφωση, και φαίνονται στον πίνακα 5.3.

➤ F_S, N_{used}, N_{FFT} όπως έχουν επεξηγηθεί παραπάνω.

➤ $N_{subchannels}$: Ο αριθμός των υποκαναλιών. Προεπιλεγμένη τιμή 16, αν δεν χρησιμοποιείται υποκαναλικοποίηση, όπως και στην προκείμενη περίπτωση.

Η εφαρμογή των παραπάνω τιμών στην εξίσωση 4, δίνει τιμές ευαισθησίας του δέκτη όπως στον παρακάτω πίνακα, ανάλογα βέβαια με τον τύπο της διαμόρφωσης. Ο ρυθμός μετάδοσης υπολογίστηκε με βάση την εξίσωση 3.

Πίνακας 5.3 Τιμές σηματοθορυβικού λόγου, ευαισθησίας σταθερού δέκτη και μέγιστου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (θεωρητικού) ανά τύπο διαμόρφωσης

	SNR _{rx}	R _{ss}	
		dBμV/m	dB
BFSK ½	6.4	50	-87.82
QPSK ½	9.4	51	-86.58
QPSK ¾	11.2	54.6	-83
16QAM ½	16.4	58	-79.57
16QAM ¾	18.2	62	-76
64QAM ½	22.7	66	-72
64QAM ¾	24.4	68	-69.81

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να αναφερθεί, ότι οι ορισθείσες τιμές της ευαισθησίας του δέκτη με βάση τις οποίες έγιναν οι προσομοιώσεις, είναι προσεγγιστικές, κι αυτό γιατί:

➤ Οι συσκευές βελτιώνονται με το χρόνο, με αποτέλεσμα να λειτουργούν σε χαμηλότερες απαιτήσεις σηματοθορυβικού λόγου.

➤ Ο αριθμός των N_{used} διαφέρει ανάλογα με το είδος του σχήματος κατανομής υποφερουσών (permutation). Εδώ θεωρήσαμε μια βασική τιμή, η οποία όμως δεν εφαρμόζεται σε όλες τις τεχνικές.

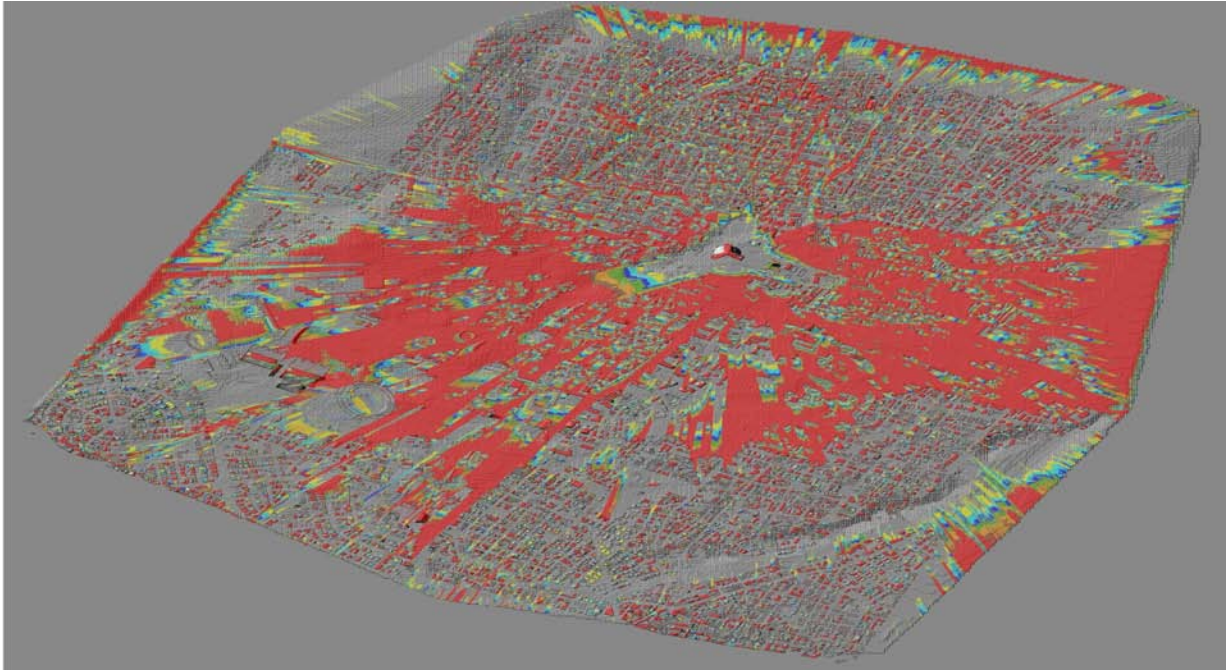
➤ Τα πρότυπα [4] και [5] είτε δεν αναφέρονται σε διαμόρφωση BFSK, είτε αναφέρονται σε BPSK στον καθορισμό των ορίων σηματοθορυβικού λόγου. Εδώ θεωρήσαμε την αντιστοιχία αυτή, λόγω επιλογών του προγράμματος εξομοίωσης.

➤ Τα εξαχθέντα όρια dBμV/m αναφέρονται σε συγκεκριμένες τιμές κέρδους κεραίας (εδώ 0), όπως αυτή δίδεται από το πρόγραμμα εξομοίωσης.

Εν τέλει, επειδή η μελέτη της ραδιοκάλυψης του Αμαρουσίου περιλαμβάνει εξομοιώσεις με κινητό δέκτη, χρησιμοποιήσαμε τα όρια που υπολογίστηκαν με βάση το πρότυπο IEEE 802.16e-2005 [4], σύμφωνα δηλαδή με τις τιμές του πίνακα 5.2. Οι συμβάσεις που υιοθετήθηκαν (χρώματα παλετών, ποσοστό κάλυψης κτλ) αναφέρονται σε κάθε περίπτωση.

5.2.3 Αποτελέσματα προσομοιώσεων με το μοντέλο ITU-R 525/526

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με το μοντέλο ITU-R 525/526 φαίνονται στις παρακάτω εικόνες, ενώ το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 49,1%.

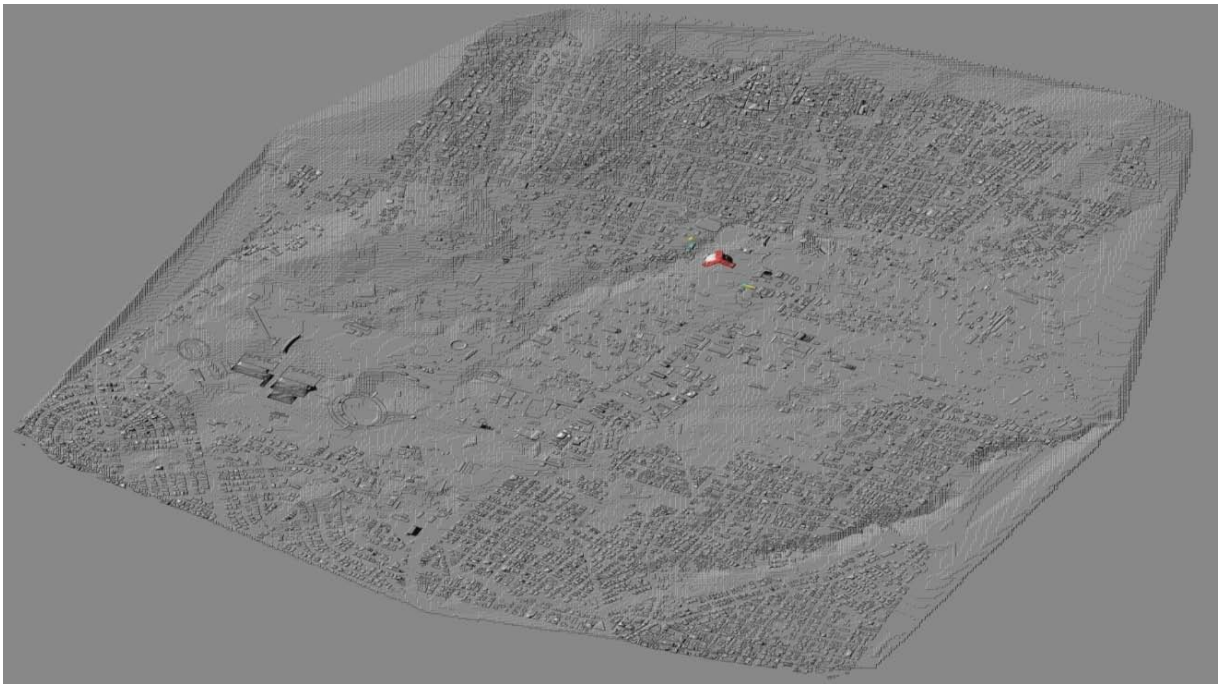


Σχήμα 5.1 Ραδιοκάλυψη με ITU-R 525/526

Για την διαπίστωση των απωλειών διάδοσης έγιναν τομές στο ίδιο σημείο και για τις τρεις προσομοιώσεις. Από αυτήν παρατηρούμε ότι οι συνολικές απώλειες απ' άκρο σ' άκρο ανέρχονται στα 186,8 dB, ενώ οι απώλειες λόγω περίθλασης, σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, ανέρχονται σε 33,3 dB.

5.2.4 Αποτελέσματα προσομοιώσεων με το μοντέλο SUI - C

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με το μοντέλο SUI - C φαίνονται στα παρακάτω σχήματα, ενώ το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 0,05%.

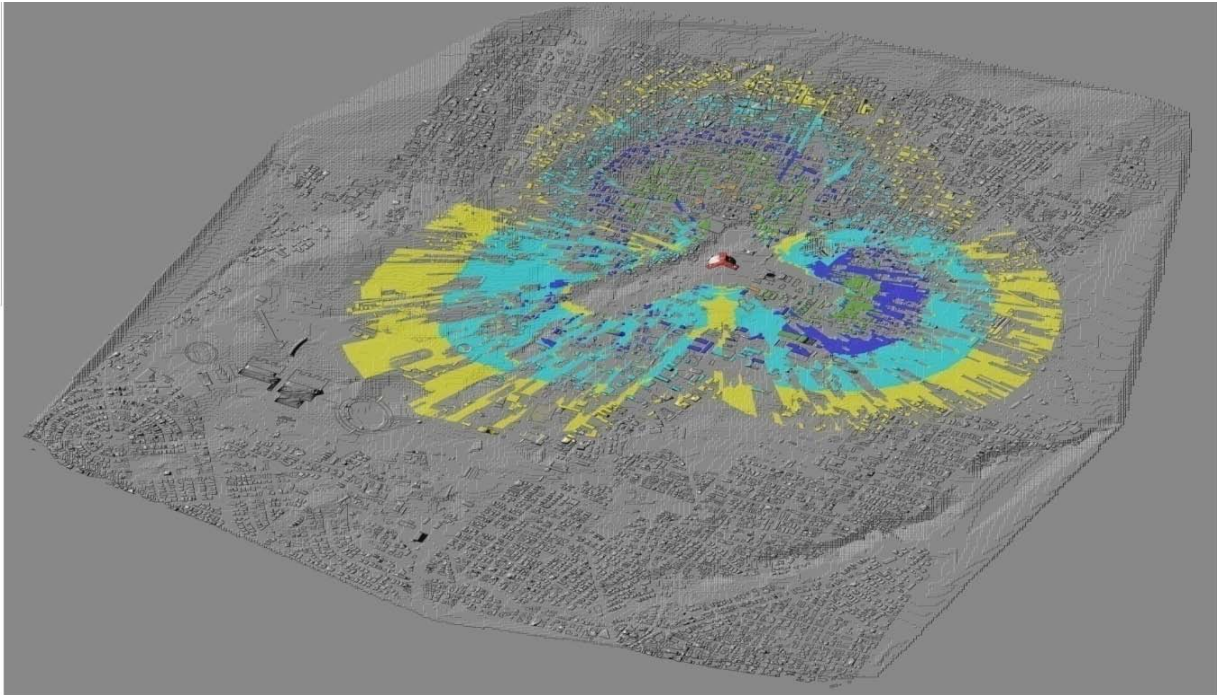


Σχήμα 5.2 Ραδιοκάλυψη με SUI - C

Από την τομή απωλειών διάδοσης παρατηρούμε ότι οι συνολικές απώλειες απ' άκρο σ' άκρο ανέρχονται στα 236,2 dB, ενώ οι απώλειες λόγω περίθλασης σύμφωνα με αυτό το μοντέλο είναι μηδενικές. Αξιοσημείωτες είναι οι συνολικές απώλειες του μοντέλου, δηλαδή αφαιρουμένων των απωλειών ελευθέρου χώρου που είναι κοινές και για τα τρία μοντέλα, οι οποίες ανέρχονται σε 125,9 dB.

5.2.5 Αποτελέσματα προσομοιώσεων με το μοντέλο COST 231 - HATA

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με το μοντέλο COST 231 - HATA φαίνονται στα παρακάτω σχήματα, ενώ το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 13,8%.



Σχήμα 5.3 Ραδιοκάλυψη με COST 231 – HATA

Από την τομή απωλειών διάδοσης παρατηρούμε ότι οι συνολικές απώλειες απ' άκρο σ' άκρο ανέρχονται στα 159,1 dB, ενώ οι απώλειες λόγω περίθλασης σύμφωνα με αυτό το μοντέλο είναι 6 dB (σύμφωνα με τη μέθοδο Deygout). Οι συνολικές απώλειες του μοντέλου, ανέρχονται σε 42,9 dB.

5.2.6 Συμπεράσματα προσομοιώσεων μοντέλων

Από τις παραπάνω εικόνες είναι ευδιάκριτη η ακαταλληλότητα της χρησιμοποίησης των μοντέλων SUI - C και COST 231 - HATA, καθ' όσον δεν μπορούν να υπολογίσουν σωστά τις απώλειες, κι αυτό επειδή δεν μπορούν να αναλύσουν τα Ψηφιακά Χαρτογραφικά Δεδομένα που αναφέρονται στην λεπτομερή πολεοδομική συγκρότηση της περιοχής (κτίρια, δρόμους, πλατείες κ.τ.λ). Μια πιο λεπτομερή παρατήρηση υποδεικνύει τα εξής:

➤ Το ύψος της κεραίας του πομπού h_{bs} έχει τεθεί στα 3 m. Όμως επειδή το SUI - C και το COST 231 - HATA παρουσιάζουν την προαναφερθήσα αδυναμία, τοποθετούν την κεραία, όχι πάνω από το ύψος το κτηρίου (δηλαδή στην εξίσωσή τους δεν συμπεριλαμβάνεται και το ύψος του κτηρίου στο συνολικό ύψος τοποθέτησης της κεραίας) που έχει εγκατασταθεί, αλλά πάνω από το ανάγλυφο. Γι' αυτό και στις προσομοιώσεις στην περιοχή του Λεκανοπεδίου Αττικής, το ύψος της κεραίας του πομπού θεωρήθηκε 30 m (δηλαδή 27 m το κτήριο και 3 m το ύψος της κεραίας).

➤ Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, στην περίπτωση του μοντέλου SUI – C, την υπερεκτίμηση των απωλειών, όπως παρατηρούμε και απο την τομή απωλειών διάδοσης. Ενώ και τα 3 μοντέλα έχουν απώλειες ελευθέρου χώρου 110 dB, γεγονός αναμενόμενο, το SUI – C εμφανίζει επιπλέον απώλειες μοντέλου 125.9 dB, το ITU – R 525/526 43.2 dB και το COST 231 – HATA 42,9 dB. Αν ανακαλέσουμε στη μνήμη μας τις εξισώσεις 27 έως 33 του 3^{ου} κεφαλαίου, διαπιστώνουμε ότι η μεγάλη τιμή των απωλειών προέρχεται απο αυτή καθ' εαυτή την τιμή h_{bs} . Διότι για $h_{bs} = 3 \text{ m}$, προκύπτει ότι

$$\gamma = \alpha - bh_{bs} + \frac{c}{h_{bs}} = 3,6 - 3 * 0,005 + \frac{20}{3} = 10,25$$

τιμή πραγματικά πάρα πολύ μεγάλη. Στην πραγματικότητα όμως, η κεραία μας έχει τοποθετηθεί σε ύψος 273 m, οπότε στην περίπτωση αυτή θα έπρεπε να έχουμε

$$\gamma = \alpha - bh_{bs} + \frac{c}{h_{bs}} = 3,6 - 273 * 0,005 + \frac{20}{273} = 2,16$$

Θεωρώντας ότι όλες οι υπόλοιπες παράμετροι των εξισώσεων 27 έως 33 του 3^{ου} κεφαλαίου, με βάση τις οποίες υπολογίζονται οι συνολικές απώλειες διάδοσης του μοντέλου, παραμένουν σταθερές, η διαφορά των δύο τιμών του γ , δηλαδή της πραγματικής (273 m) και της λανθασμένης (3 m), εισάγει επιπλέον απώλειες, οι οποίες είναι:

$$\Delta L = 10 \log \frac{d}{d_0} (\gamma_1 - \gamma_2) = 10 \log \frac{2240}{100} (10,25 - 2,16) = 109 \text{ dB}$$

Εν τέλει η αδυναμία του SUI – C να προσμετρήσει σωστά τα Ψηφιακά Χαρτογραφικά Δεδομένα είναι ουσιώδεις και καθιστά τη χρήση του απαγορευτική.

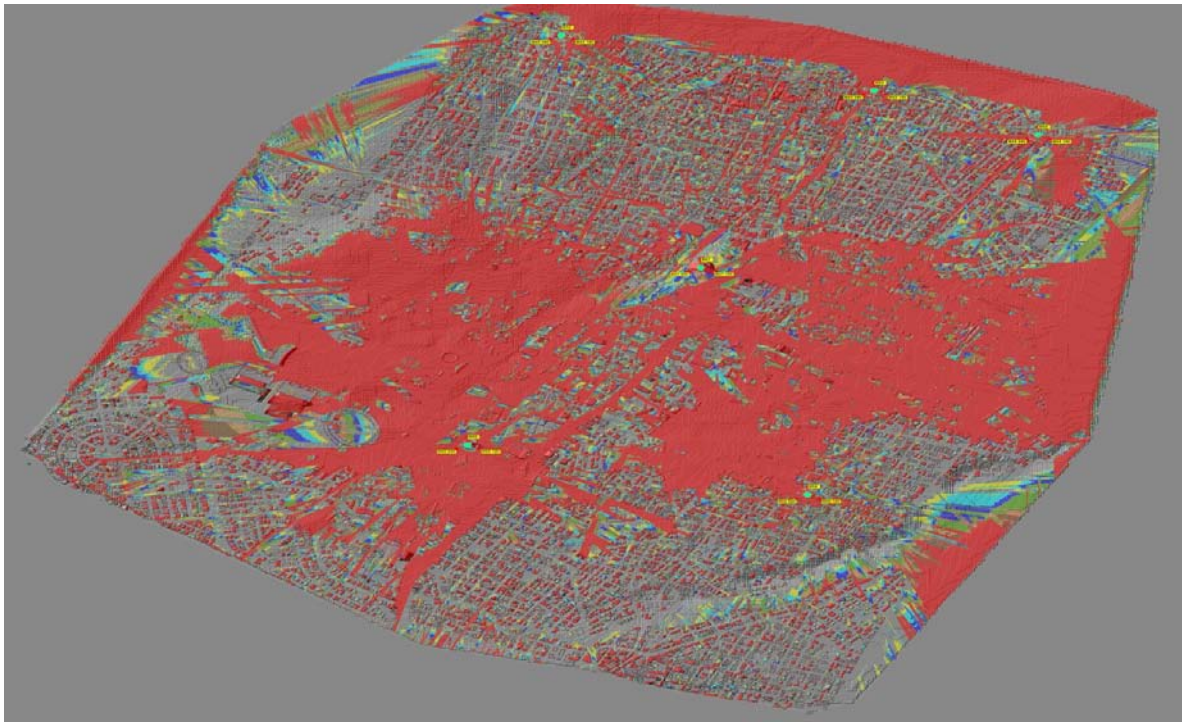
➤ Αναφορικά με το μοντέλο COST 231 – HATA, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί λόγω των περιορισμών στην συχνότητα, στο ύψος του πομπού και του δέκτη, όπως αυτοί αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3, πέραν της αδυναμίας του να συμπεριλάβει σωστά τα Ψηφιακά Χαρτογραφικά Δεδομένα.

5.3 Διαδικασία εγκατάστασης Σταθμών Βάσης

Με σειρά αύξουσας σπουδαιότητας, σύμφωνα με τις προηγούμενες προσομοιώσεις, οι παράγοντες που εκτιμήθηκαν και καθόρισαν την λήψη απόφασης για τα σημεία εγκατάστασης των Σταθμών Βάσης ήταν:

- Το ύψος της περιοχής τοποθέτησης του πομπού (για επίτευξη κατα το δυνατόν μεγαλύτερης LOS διάδοσης)
- Η πολεοδομική συγκρότηση της περιοχής κάλυψης (μεγάλοι δρόμοι, χώροι έντονης ανθρώπινης δραστηριότητας)
- Συσχέτιση με την θέση άλλων Σταθμών Βάσης προς αποφυγή παρεμβολών

Μετά την εγκατάσταση των Σταθμών Βάσης εκτελέστηκε η προσομοίωση, το αποτέλεσμα της οποίας, φαίνεται στην παρακάτω σχήμα, ενώ το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 67,2%.



Σχήμα 5.4 Ραδιοκάλυψη με αρχική τοποθέτηση Σταθμών Βάσης

Ωστόσο κρίθηκε σκόπιμη μια προσπάθεια εξακρίβωσης της αυτόνομης συμμετοχής του καθενός Σταθμού Βάσης στην συνολική επικάλυψη. Το πρόγραμμα μας δίδει την δυνατότητα μέσω της επιλογής του site overlapping. Έτσι, ενεργοποιώντας έναν από τους BS2 έως BS6 (διατηρώντας πάντα ενεργό τον κεντρικό BS1 – ΟΤΕ) διαπιστώσαμε:

- Ενεργός μόνο ο BS1
Η κάλυψη είναι 48%.
- Ενεργοί οι BS1 και BS2
Η κάλυψη είναι 53%, δηλαδή ο BS2 προσθέτει 5%
- Ενεργοί οι BS1 και BS3.
Η κάλυψη είναι 51%, δηλαδή ο BS3 προσθέτει 3%
- Ενεργοί οι BS1 και BS4.
Η κάλυψη είναι 51%, δηλαδή ο BS4 προσθέτει 3%
- Ενεργοί οι BS1 και BS5.
Η κάλυψη είναι 56%, δηλαδή ο BS5 προσθέτει 8%
- Ενεργοί οι BS1 και BS6.
Η κάλυψη είναι 52%, δηλαδή ο BS6 προσθέτει 4%

Η προσφορά των BS2 έως BS6 μετριάζεται από το γεγονός της ύπαρξης περιοχών επικάλυψης και μεταξύ αυτών των Σταθμών Βάσης, η οποία δεν έχει εκτιμηθεί. Από τα παραπάνω, συνεπικουρούμενοι από την θεμελιώδη αρχή της τοποθέτησης οπωσδήποτε ενός Σταθμού Βάσης επί του ΟΤΕ, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι οι Σταθμοί Βάσης πρέπει να τοποθετηθούν σε άλλα σημεία, αναπροσαρμόζοντας το αρχικό κριτήριο τοποθέτησής τους (ύψος περιοχής). Οι Σταθμοί Βάσης πλέον τοποθετήθηκαν σε σημεία πυκνής συγκέντρωσης ανθρώπινης δραστηριότητας, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη σε μεγάλο βαθμό η δημιουργία παρεμβολών, των οποίων ο περιορισμός θα επιτευχθεί με την επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων και την χρήση κατευθυντικών κεραιών. Οι παράμετροι των Σταθμών Βάσης, ουσιαστικά είναι οι ίδιοι με αυτές που αναφέρθηκαν στην αρχική προσομοίωση με ένα Σταθμό Βάσης (Πίνακας 5.1). Όσοι τροποποιηθούν θα αναφερθούν κατά την διαδικασία της προσομοίωσης.

5.4 Δημιουργία βάσης δεδομένων χρηστών

Ο πληθυσμός του Δήμου Αμαρουσίου, όπως αυτός αναγράφεται στην επίσημη ιστοσελίδα του [1], φθάνει τις 70.000. Βέβαια, η χρησιμοποίηση ενός συστήματος WiMAX δεν αφορά το σύνολο του πληθυσμού αυτού. Το γεγονός όμως αυτό αντισταθμίζεται από την επαύξηση του πληθυσμού τις ώρες αιχμής, λόγω των εργαζόμενων στην υπόψη περιοχή. Έτσι θεωρούμε ότι 70.000 είναι ο αριθμός των εν δυνάμει χρηστών (subscribers). Ο ορισμός ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος για την δημιουργία μιας βάσης με χρήστες έγινε με βάση τη μελέτη [2]. Σε αυτήν παρατηρούμε ότι το 34% των χρηστών δηλαδή **23.800** ($0.34 * 70.000 = 23.800$) χρήστες, χρησιμοποιεί το διαδίκτυο τουλάχιστον μια φορά την εβδομάδα. Θεωρώντας ότι ο κάθε χρήστης εισέρχεται **4 φορές/εβδομάδα** στο διαδίκτυο, προκύπτει ότι έχουμε $4 * 23.800 = 95.200$ συνδέσεις ανά εβδομάδα ή αλλιώς $\frac{95.200}{7} = 13.600$ συνδέσεις καθημερινά. Στην συνέχεια, θεωρώντας ότι οι μισές από αυτές γίνονται μέσω δικτύου ασύρματης πρόσβασης (WiMAX) καταλήγουμε στις 6.800 συνδέσεις καθημερινά. Αν τώρα υποθέσουμε ότι από τις 24 ώρες ημερησίως, οι ενεργές ώρες – δηλαδή αυτές που αναμένεται ο κύριος όγκος των 6.800 συνδέσεων καθημερινά - είναι 16, τότε προκύπτει ότι θα έχουμε $\frac{6.800}{16} = 425$ συνδέσεις/ώρα και θεωρώντας συνδέσεις με μέση διάρκεια δύο ώρες, τελικά προκύπτουν $425 * 2 = 850$ συνδέσεις.

Επιπρόσθετα, θεωρώντας την κατανομή των συνδέσεων ως κατανομή Gauss με απόκλιση $\sigma = 1.7$, το σύνολο των συνδέσεων που θα πρέπει ένα σύστημα WiMAX να εξυπηρετήσει είναι $850 * 1.7 = 1445$ δηλαδή περίπου **1500 συνδέσεις/ώρα**. Το προφίλ των χρηστών έγινε με την βοήθεια του προγράμματος, καθώς και της προαναφερθείσας μελέτης [2] και φαίνεται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακα 5.4 Προφίλ χρηστών περιοχής Αμαρουσίου

Είδος υπηρεσίας	Αριθμός χρηστών	Παράγοντας % DL δραστηριότητας	Παράγοντας % UL δραστηριότητας	Απαιτούμενος ρυθμός μετάδοσης στο DL (Kbps)	Απαιτούμενος ρυθμός μετάδοσης στο UL (Kbps)	UG S (%)	rtPS (%)	nrtPS (%)	BE (%)
Φωνή	750	10	10	64	64	100	0	0	0
Φωνή + Δεδομένα (χαμηλά)	400	15	15	384	128	60	0	0	40
Φωνή + Δεδομένα (υψηλά)	175	15	15	940	333	40	20	20 (contention)	20
Φωνή + Δεδομένα (υψηλά)	175	15	15	940	333	40	20	20 (contention free)	20

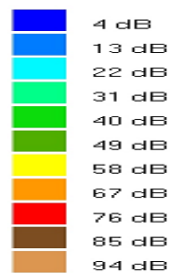
5.5 Προσομοιώσεις με το μοντέλο διάδοσης ITU-R 525/526 και μεταβλητό ύψος κεραίας δέκτη (h_{ms})

Μετά την επιλογή του μοντέλου διάδοσης, την επιλογή των σημείων για την εγκατάσταση των Σταθμών Βάσης και έχοντας καθορίσει τις βασικές τους παραμέτρους, εκτελέστηκαν προσομοιώσεις, μεταβάλλοντας το ύψος της κεραίας του δέκτη. Οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο στάδια:

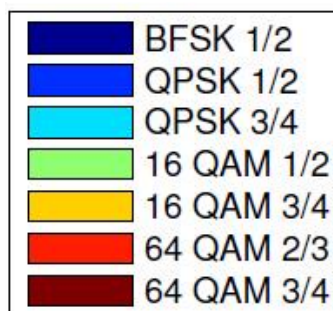
➤ Εκτέλεση βασικής προσομοίωσης, με τον καθορισμό του επιθυμητού κάθε φορά ύψους, για εξαγωγή αποτελεσμάτων γενικής κάλυψης (χωρίς δηλαδή χρήστες). Η προσομοίωση γινόταν με βήμα 0.5 m.

➤ Εκτέλεση προσομοίωσης με καθορισμό των χαρακτηριστικών των χρηστών. Βέβαια, τα μοναδικά χαρακτηριστικά που αλλάζουν κάθε φορά στην σειρά αυτών των προσομοιώσεων είναι σε πρώτη φάση το ύψος του δέκτη και στην συνέχεια η κινητικότητά του (nomadic ή mobile).

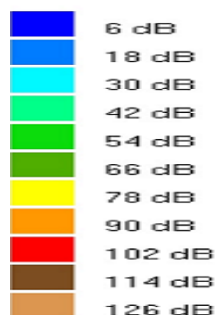
Η ραδιοκάλυψη κάθε προσομοίωσης παρατίθεται σε κάθε μια από τις υποπαραγράφους του παρόντος υποκεφαλαίου. Αναφέρεται επίσης και το συνολικό ποσοστό ραδιοκάλυψης που επιτυγχάνεται για BFSK $\frac{1}{2}$, δηλαδή το ποσοστό της περιοχής στο οποίο έχουμε κάλυψη τουλάχιστον με BFSK $\frac{1}{2}$. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για λόγους οικονομίας χώρου αλλά και για ευκολία συγκρίσεων, παρατίθενται στην τελευταία υποπαραγραφο του υποκεφαλαίου. Οι συμβάσεις χρωμάτων των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων παρατίθενται παρακάτω συγκεντρωτικά.



Σχήμα 5.5 Αντιστοιχία χρωμάτων με τιμές ορίων SINR



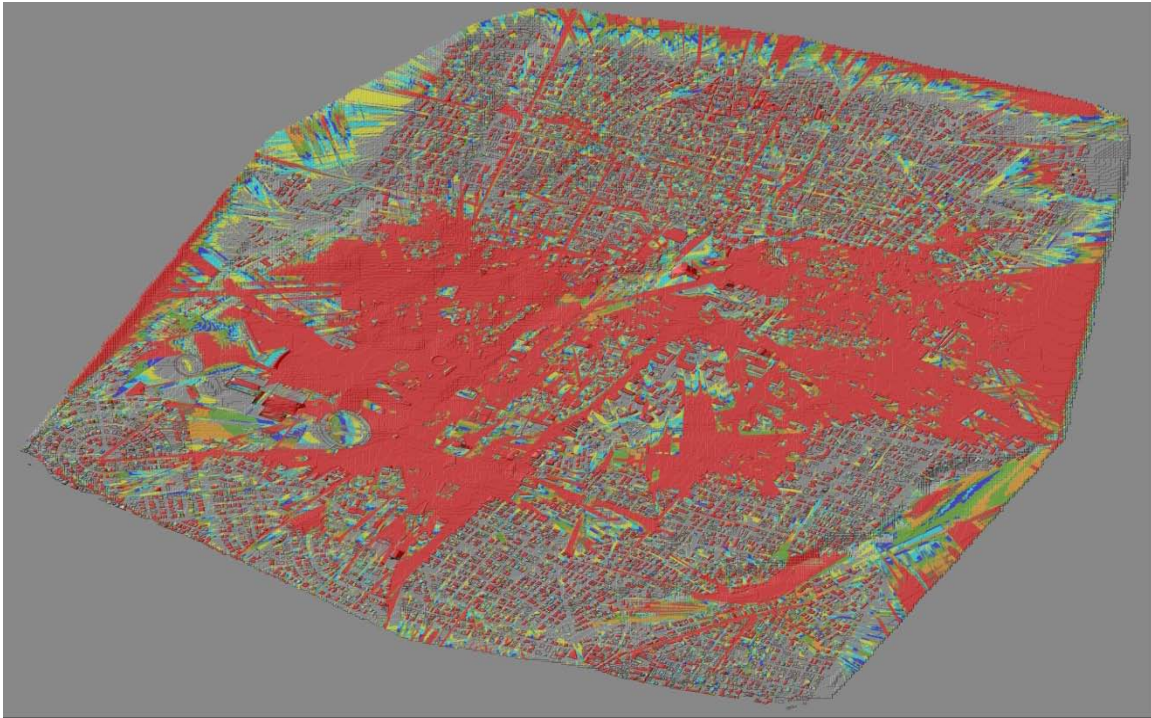
Σχήμα 5.6 Αντιστοιχία χρωμάτων με διαμορφώσεις



Σχήμα 5.7 Παλέτα αντιστοιχίας χρωμάτων με τιμές ορίων SIR

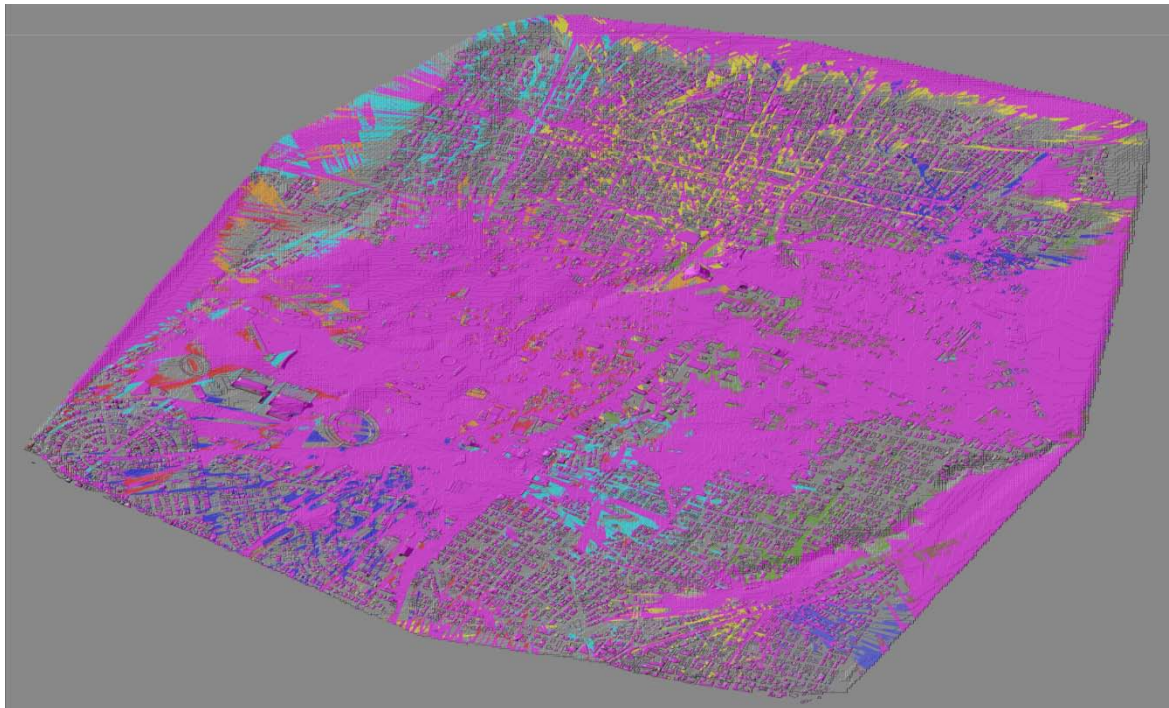
5.5.1 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{ms} = 1.5\text{ m}$

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με το μοντέλο ITU-R 525/526 φαίνονται στα παρακάτω σχήματα, ενώ το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 67,4%.



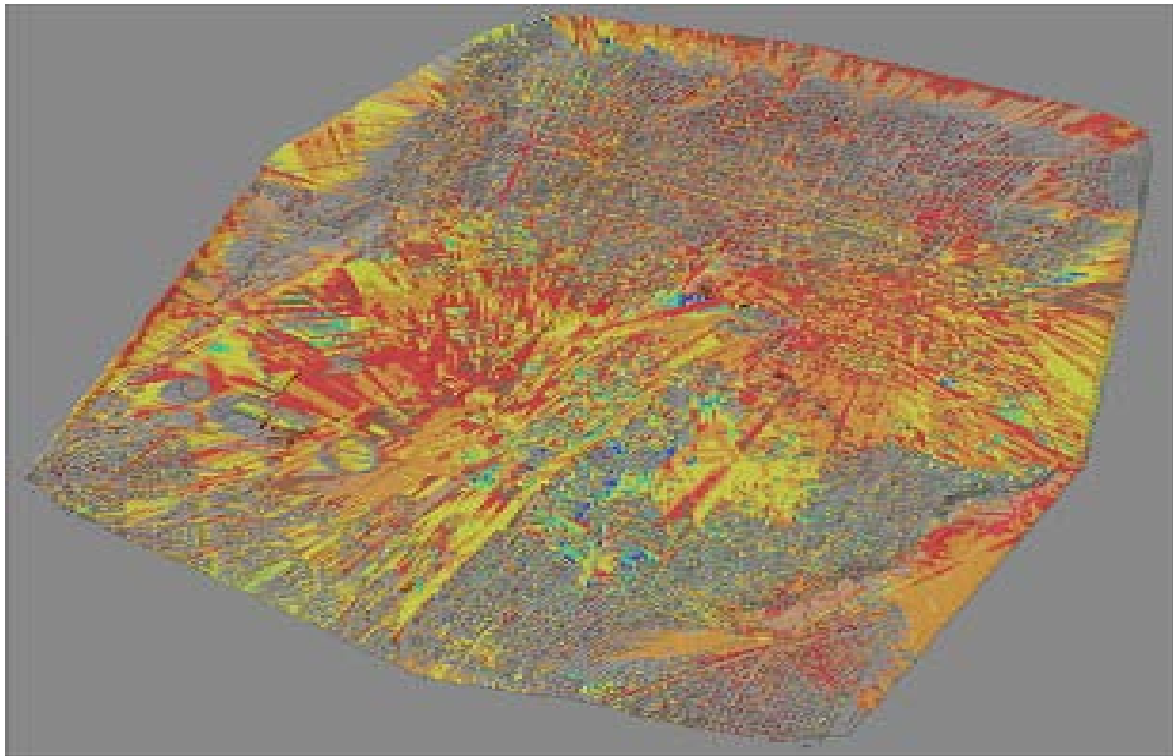
Σχήμα 5.8 Ραδιοκάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 1.5\text{ m}$

Η επικάλυψη των σταθμών φαίνεται στην παρακάτω Σχήμα και φθάνει το 56%.

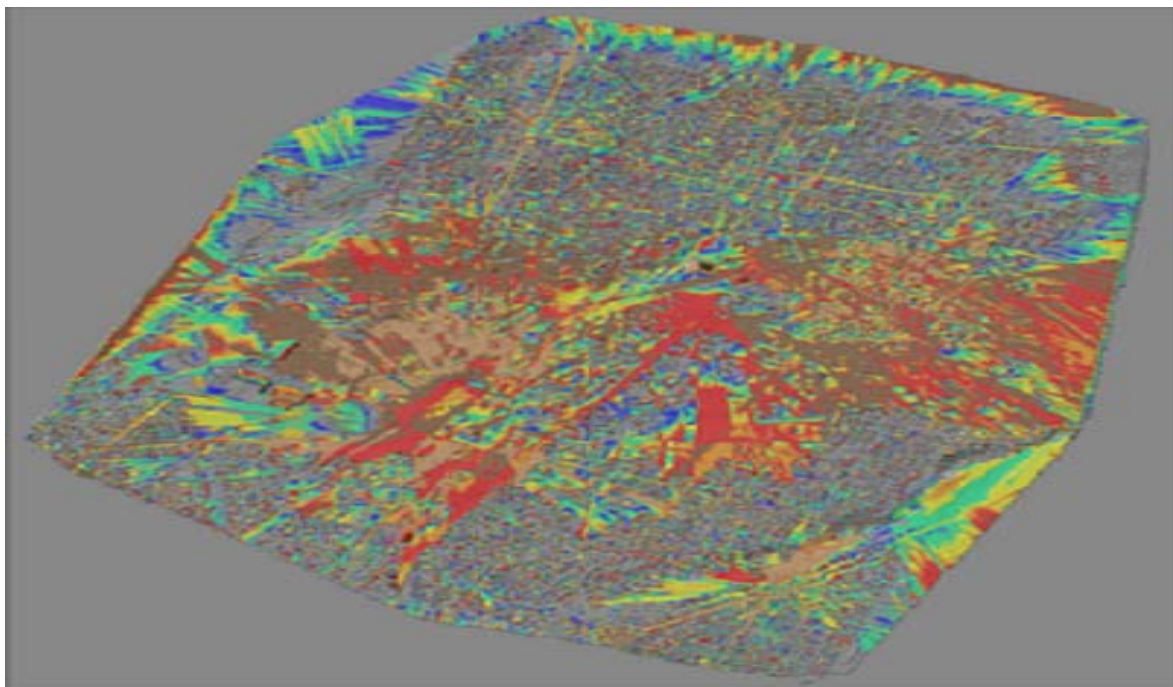


Σχήμα 5.9 Επικάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 1.5\text{ m}$

Τα ποσοστά $SIR > 6$ dB και $SINR > 6$ dB ανέρχονται στο 67,4%, όπως φαίνονται στα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 5.10 SIR με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 1.5$ m



Σχήμα 5.11 SINR με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 1.5$ m

Παρατηρούμε ότι τα ποσοστά των SINR και SIR είναι τα ίδια με αυτά της κάλυψης. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το πρόγραμμα υπολογίζει τα παραπάνω ποσοστά μόνο στις περιοχές κάλυψης, δηλαδή στις περιοχές που έχουμε ισχύ λήψης τουλάχιστον 55 dBμV/m, οπότε σε καμία περίπτωση δεν είναι δυνατή η υπέρβαση αυτού του ποσοστού.

5.5.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{ms} = 2 \text{ m}$

Για $h_{ms} = 2 \text{ m}$, το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 68,9%, αυξημένο κατά 1,5%. Η επικάλυψη των σταθμών ανέρχεται στο 57,62% και βελτιώνεται με την αύξηση του h_{ms} , αφού περισσότεροι δέκτες εξυπηρετούνται με LOS διάδοση. Η βελτίωση αφορά και τα ποσοστά SIR και SINR, όπου το ποσοστό των περιοχών με τουλάχιστον 6 dB λόγο, ανέρχεται στο 68,9%, όσο και το ποσοστό κάλυψης.

5.5.3 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{ms} = 2.5 \text{ m}$

Για $h_{ms} = 2.5 \text{ m}$, το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 70,3%, αυξημένο κατά 2,9%, σε σχέση με την αρχική κάλυψη. Η επικάλυψη των σταθμών ανέρχεται στο 59,2%. Όπως και στα προηγούμενα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι το ποσοστό επικάλυψης και τα ποσοστά SIR και SINR, βελτιώνονται.

5.5.4 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{ms} = 3 \text{ m}$

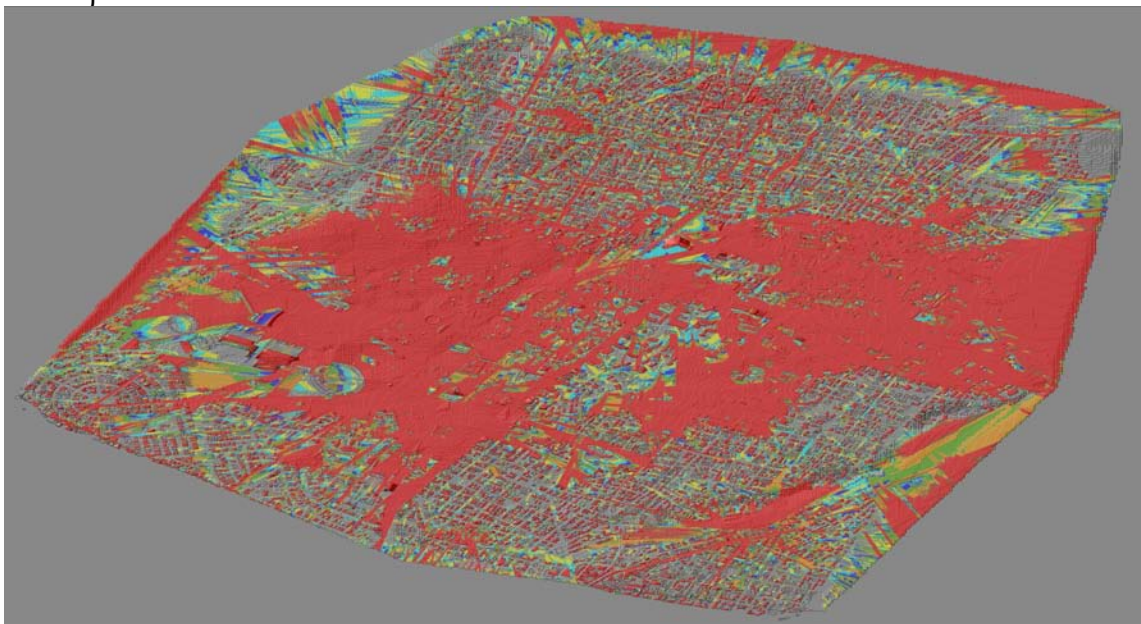
Για $h_{ms} = 3 \text{ m}$, το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 71,7%, αυξημένο κατά 4,3%, σε σχέση με την αρχική κάλυψη. Η επικάλυψη των σταθμών ανέρχεται στο 60,7%. Τα ποσοστά SIR, SINR >6 dB, ανέρχονται στο 71,7%, όσο και το ποσοστό κάλυψης.

5.5.5 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{ms} = 3.5 \text{ m}$

Για $h_{ms} = 3.5 \text{ m}$, το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 73,1%, αυξημένο κατά 5,7%, αναφορικά με την αρχική κάλυψη. Η επικάλυψη των σταθμών ανέρχεται στο 62,2%. Τα ποσοστά SIR, SINR >6 dB, ανέρχονται στο 73,1%, όσο και το ποσοστό κάλυψης.

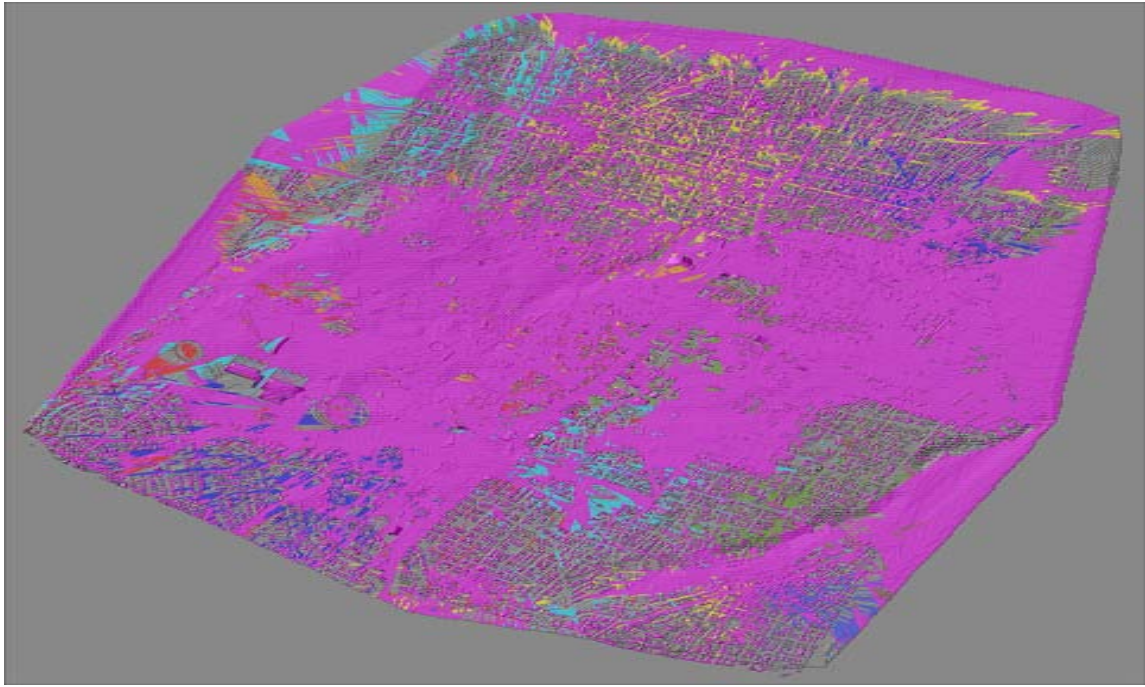
5.5.6 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{ms} = 4 \text{ m}$

Για $h_{ms} = 4 \text{ m}$, το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 74,5%, αυξημένο κατά 7,1%, αναφορικά με το αρχικό σενάριο.



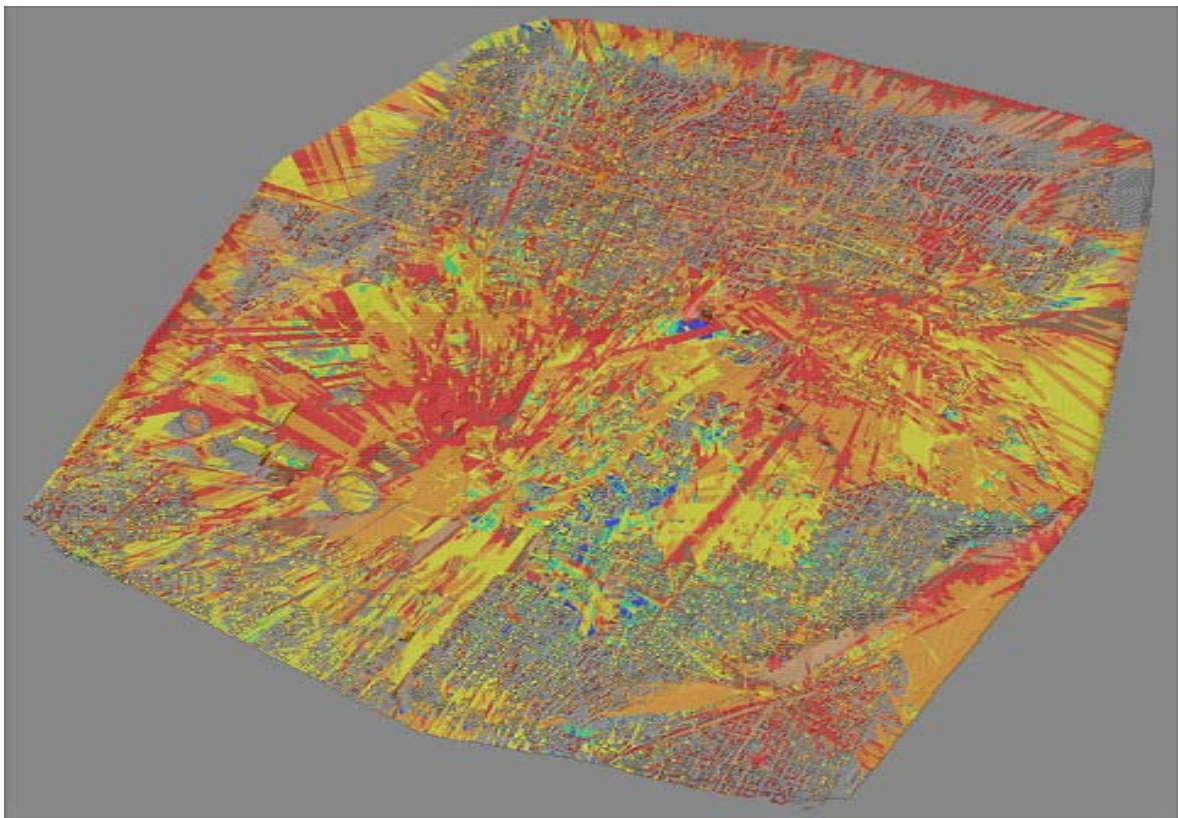
Σχήμα 5.12 Ραδιοκάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 4 \text{ m}$

Η επικάλυψη των σταθμών φαίνεται στο παρακάτω σχήμα και ανέρχεται στο 63,7%.

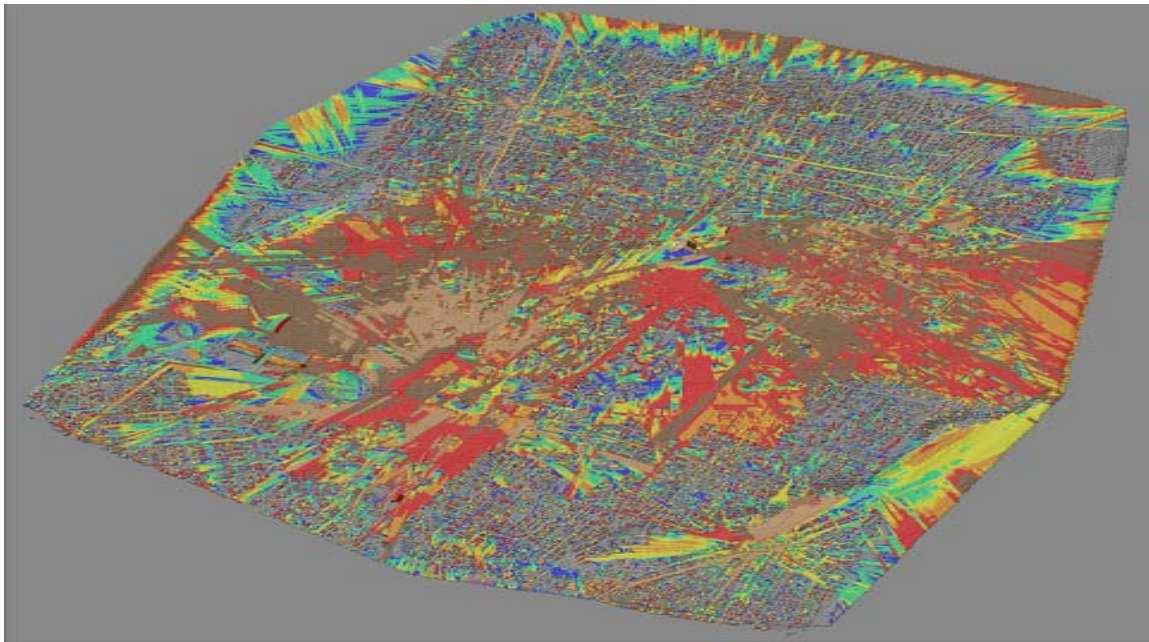


Σχήμα 5.13 Επικάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 4 \text{ m}$

Τα ποσοστά SIR, SINR >6 dB, ανέρχονται στο 74,5%, όσο και το ποσοστό κάλυψης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 5.14 SIR με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 4 \text{ m}$



Σχήμα 5.15 SINR με ITU-R 525/526 για $h_{ms} = 4\text{ m}$

5.5.7 Συμπεράσματα προσομοιώσεων

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα από όλες τις προσομοιώσεις για διάφορα ύψη της κεραίας του δέκτη h_{ms} . Απο τους πίνακες αυτούς προήλθαν και τα σχήματα που ακολουθούν και φανερώνουν την μεταβολή των βασικών παραμέτρων της ραδιοκάλυψης σε συνάρτηση με την αύξηση του h_{ms} .

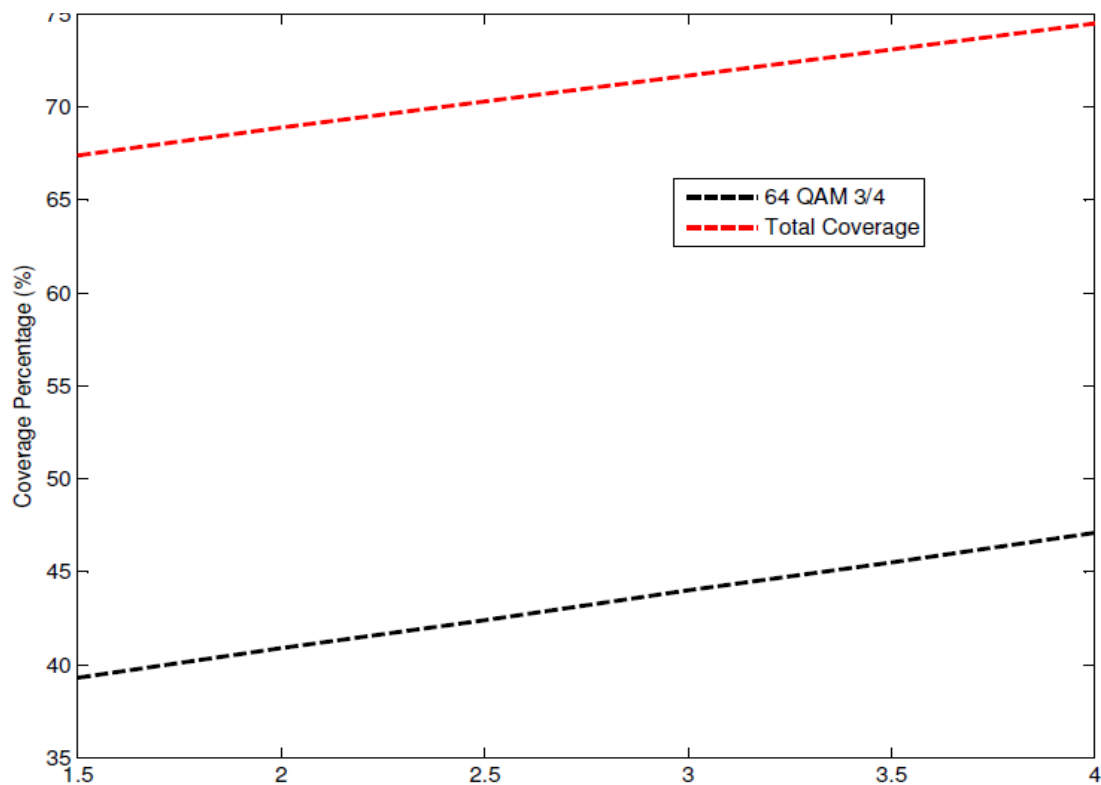
Πίνακα 5.5 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων για μεταβολή h_{ms}

%	1.5m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
Γενική κάλυψη περιοχής (>55dBμV/m)	67.4	68.9	70.3	71.7	73.1	74.5
Κάλυψη περιοχής (>58 dBμV/m)	61	62.6	64.1	65.7	67.2	68.7
Κάλυψη περιοχής (>61 dBμV/m)	55.4	57.1	58.6	60.2	61.8	63.4
Κάλυψη περιοχής (>63 dBμV/m)	52.1	53.8	55.5	57.1	58.6	60.2
Κάλυψη περιοχής (>67 dBμV/m)	46.2	47.8	49.5	51.1	52.8	54.4
Κάλυψη περιοχής (>71 dBμV/m)	41.8	43.4	45	46.5	48.1	49.6
Κάλυψη περιοχής (>74 dBμV/m)	39.3	40.9	42.4	44	45.5	47.1
SINR (>6 dB)	67.4	68.9	70.3	71.7	73.1	74.5
SIR (>6 dB)	67.4	68.9	70.3	71.7	73.1	74.5
SINR (>13 dB)	58.7	60.3	61.9	63.4	64.8	66.4
SIR (>13 dB)	67.2	68.7	70.1	71.5	72.9	74.3
SINR (>22 dB)	44.4	46.1	47.7	49.3	50.9	52.6
SIR (>22 dB)	66.4	67.9	69.3	70.7	72	73.5
SINR (>31 dB)	36.2	37.8	39.2	40.7	42.2	43.7
SIR (>31 dB)	64.1	65.5	67	68.3	69.7	71.1
SINR (>40 dB)	26.7	27.7	28.8	29.8	30.8	31.8
SIR (>40 dB)	54.3	55.5	56.6	57.7	58.7	59.7
Επικάλυψη	56	57.6	59.2	60.7	62.2	63.7

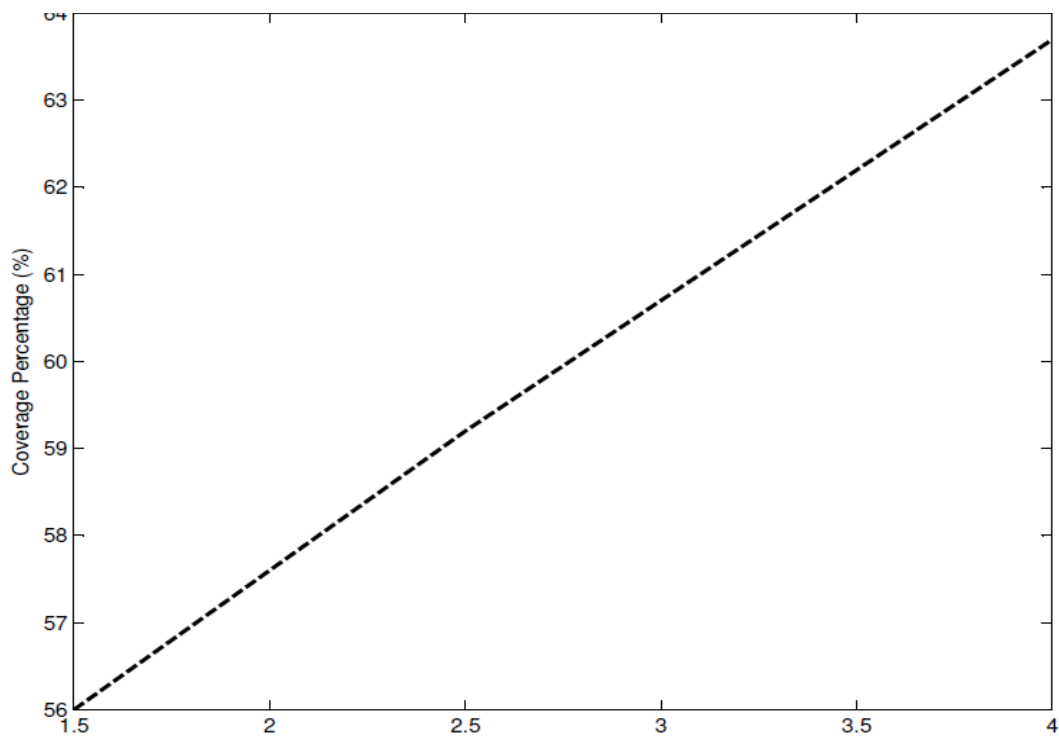
Στο παρακάτω πίνακα φαίνεται η κάλυψη ανα διαμόρφωση:

Πίνακα 5.6 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων ανα διαμόρφωση για μεταβολή h_{ms}

h_{ms} (m)	BFSK $\frac{1}{2}$	QPSK $\frac{1}{2}$	QPSK $\frac{3}{4}$	16 QAM $\frac{1}{2}$	16 QAM $\frac{3}{4}$	64 QAM $\frac{1}{2}$	64 QAM $\frac{3}{4}$	Συνολική Κάλυψη	Επικά λυση
1.5	6.4	5.6	3.3	5.9	4.4	2.5	39.3	67.4	56
2	6.3	5.5	3.3	6	4.4	2.5	40.9	68.9	57.6
2.5	6.2	5.5	3.1	6	4.5	2.6	42.4	70.3	59.2
3	6	5.5	3.1	6	4.6	2.5	44	71.7	60.7
3.5	5.9	5.4	3.2	5.8	4.7	2.6	45.5	73.1	62.2
4	5.8	5.3	3.2	5.8	4.8	2.5	47.1	74.5	63.7



Σχήμα 5.16 Μεταβολή της συνολικής ραδιοκάλυψης και της κάλυψης με 64 QAM $\frac{3}{4}$ για διάφορα h_{ms}



Σχήμα 5.17 Μεταβολή της επικάλυψης για διάφορα h_{ms}

Πίνακα 5.7 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων SINR για μεταβολή h_{ms}

h_{ms} (m)	SINR >6 dB	SINR >13 dB	SINR >22 dB	SINR >31 dB	SINR >40 dB
1.5	67.4	58.7	44.4	36.2	26.7
2	68.9	60.3	46.1	37.8	27.7
2.5	70.3	61.9	47.7	39.2	28.8
3	71.7	63.4	49.3	40.7	29.8
3.5	73.1	64.8	50.9	42.2	30.8
4	74.5	66.4	52.6	43.7	31.8

Πίνακα 5.8 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων SIR για μεταβολή h_{ms}

h_{ms} (m)	SIR >6 dB	SIR >13 dB	SIR >22 dB	SIR >31 dB	SIR >40 dB
1.5	67.4	67.2	66.4	64.1	54.3
2	68.9	68.7	67.9	65.5	55.5
2.5	70.3	70.1	69.3	67	56.6
3	71.7	71.5	70.7	68.3	57.7
3.5	73.1	72.9	72	69.7	58.7
4	74.5	74.3	73.5	71.1	59.7

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης της κίνησης του δικτύου. Όπως αναφέρθηκε οι συνολικοί χρήστες της περιοχής θεωρήθηκε ότι φθάνουν τους 1500. Με control bit rate (connected to best server) παρατηρούμε πόσοι απο τους παραπάνω χρήστες έχουν συνδεθεί με τον καλύτερο Σταθμό Βάσης, εφόσον το σήμα που λαμβάνουν είναι μεγαλύτερο απο το ορισθέν κατώφλι για κάθε τύπο διαμόρφωσης ξεχωριστά και εαν ο συγκεκριμένος Σταθμός Βάσης έχει διαθέσιμο bit rate. Το control bit rate (adaptive) αφορά προσαρμοστική διαμόρφωση. Με service flow παρατηρούμε το πλήθος των χρηστών που συνδέονται με τον καλύτερο Σταθμό Βάσης σε σχέση με την υπηρεσία που ζητούν (nrtPS, rtPS, BE, UGS). Ακόμη θεωρήσαμε ότι ο κάθε Σταθμός Βάσης έχει διαθέσιμα 1,88 Mbps (DL) και 0,97 Mbps (UL).

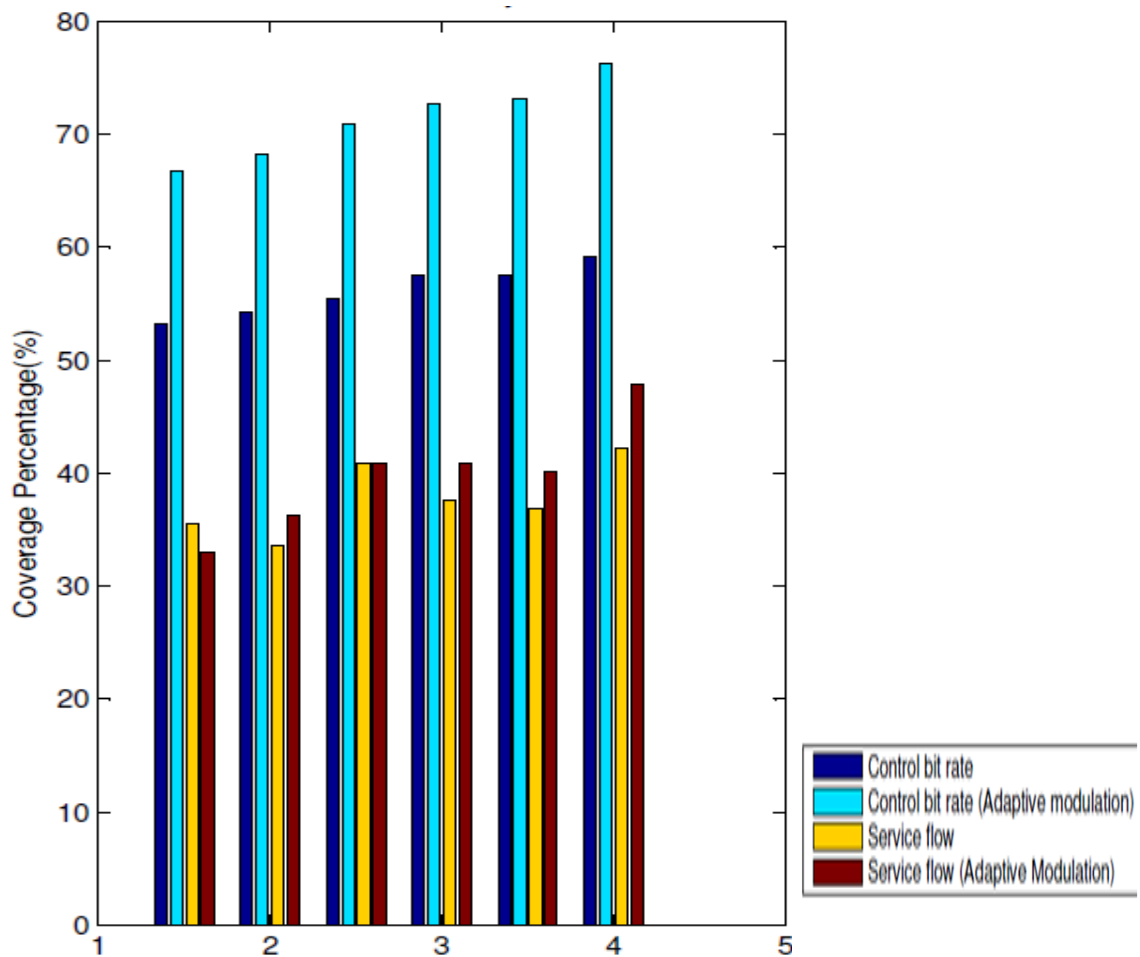
Αναφορικά με τα αποτελέσματα του πίνακα 5.10, ο οποίος αφορά κινητούς χρήστες, δεν είναι δυνατή η απόλυτη σύγκριση μεταξύ των διαφόρων προσομοιώσεων, καθ' όσον ο αριθμός των χρηστών μετά από κάθε προσομοίωση που είναι εντός της ζώνης εξυπηρέτησης μεταβάλλεται δυναμικά (το πρόγραμμα θεωρεί ότι οι χρήστες κινούνται και εξέρχονται της περιοχής του Αμαρουσίου). Το πρόγραμμα μέσα απο διάφορες επιλογές δίνει τη δυνατότητα παρακολούθησης της συμπεριφοράς κάθε χρήστη σε κάθε σημείο της υπο μελέτη περιοχής. Όμως, όπως αναφέρθηκε, τουλάχιστον για την μελέτη της κινητής πρόσβασης, κάθε προσομοίωση δίνει διαφορετικά αποτελέσματα για την κίνηση του κάθε χρήστη, λόγω του υπολογισμού της επόμενης θέσης του με τυχαίο τρόπο.

Πίνακα 5.9 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξυπηρέτησης χρηστών (νομαδική πρόσβαση) για μεταβολή h_{ms}

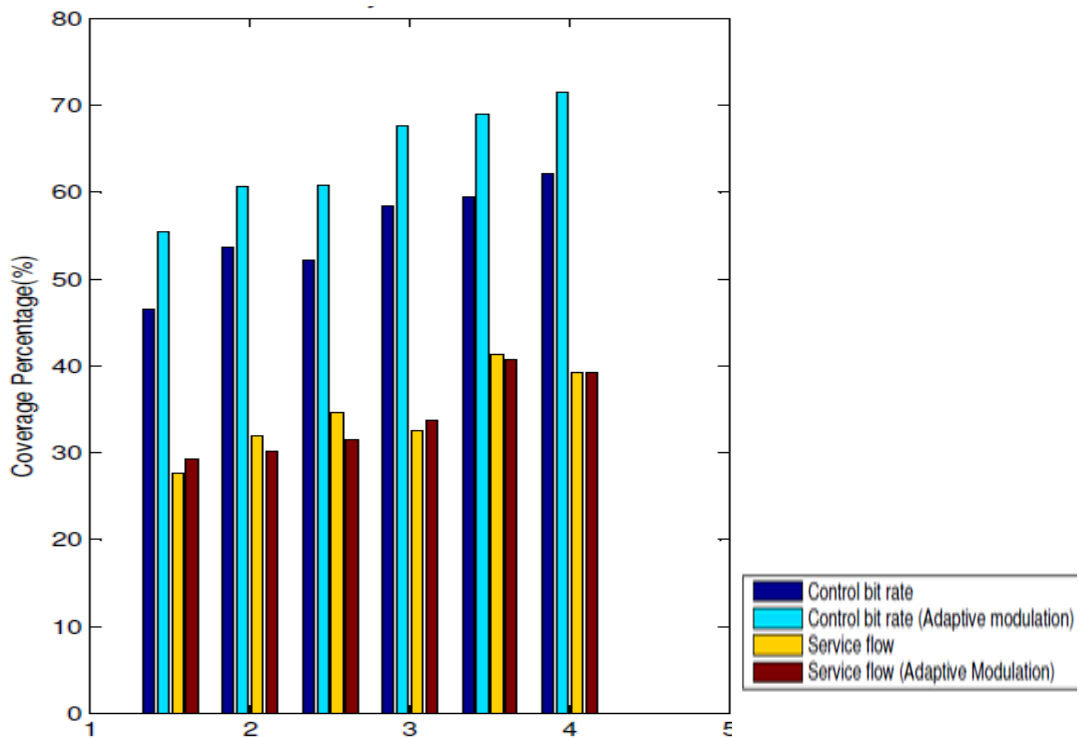
		1.5m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
Control bit rate	χρήστες	799	814	831	864	863	887
	%	53.27	54.27	55.4	57.6	57.53	59.13
Control bit rate (adaptive)	χρήστες	1002	1023	1063	1091	1098	1145
	%	66.8	68.2	70.87	72.73	73.2	76.33
Service flow	χρήστες	532	503	613	564	554	633
	%	35.47	33.53	40.87	37.6	36.93	42.2
Service flow (adaptive)	χρήστες	495	545	614	613	603	717
	%	33	36.33	40.93	40.87	40.2	47.8

Πίνακα 5.10 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξυπηρέτησης χρηστών (κινητή πρόσβαση) για μεταβολή h_{ms}

		1.5m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
Control bit rate	χρήστες	685	777	750	825	854	845
	%	46.57	53.62	52.23	58.39	59.39	62.22
Control bit rate (adaptive)	χρήστες	811	871	865	942	982	953
	%	55.51	60.74	60.79	67.72	69.06	71.44
Service flow	χρήστες	381	454	486	450	588	522
	%	27.61	31.95	34.71	32.56	41.35	39.22
Service flow (adaptive)	χρήστες	399	428	442	457	578	520
	%	29.27	30.14	31.57	33.68	40.76	39.3



Σχήμα 5.18 Ανάλυση εξυπηρέτησης δικτύου για νομαδική πρόσβαση και διάφορα h_{ms}



Σχήμα 5.19 Ανάλυση εξυπηρέτησης δικτύου για κινητή πρόσβαση και διάφορα h_{ms}

Απο τη μελέτη των σχημάτων και των πινάκων με τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα παρατηρούμε ότι:

➤ Το ποσοστό κάλυψης της περιοχής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό απο την τιμή της ισχύος του σήματος λήψης. Γι αυτό οι SINR και SIR δεν υπερβαίνουν την τιμή αυτή.

➤ Η προοδευτική αύξηση του h_{ms} επιφέρει βελτίωση όλων των ποσοστών, είτε της κάλυψης, είτε της επικάλυψης, είτε των SIR και SINR. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι περισσότεροι δέκτες έχουν LOS επαφή, με αποτέλεσμα καλύτερη λήψη.

➤ Για ίδιο h_{ms} , καθώς μεταβαίνουμε απο μικρότερους προς μεγαλύτερους απαιτούμενους λόγους SINR και SIR παρατηρούμε μια δυσανάλογη μείωση της περιοχής κάλυψης. Δηλαδή ενώ το ποσοστό της περιοχής κάλυψης που έχει $SIR > 22$ dB ανέρχεται στο 66,4%, το αντίστοιχο ποσοστό του SINR ανέρχεται στο 44,4%. Αυτό προφανώς οφείλεται στην επίδραση του θορύβου, η οποία δεν επηρεάζει γραμμικά το λόγο SINR.

➤ Καθώς αυξάνεται το h_{ms} παρατηρούμε παράλληλη αύξηση των ποσοστών SINR και SIR, η οποία μάλιστα μέχρι την τιμή των 31 dB, είναι η ίδια (περίπου 7,1). Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι μέχρι αυτό το σημείο, η αύξηση της ισχύος του σήματος ήταν τόσο μεγάλη σε σύγκριση με την αύξηση της παρεμβολής, ώστε η τελευταία έπαιζε μικρότερο ρόλο στην διαμόρφωση των αποτελεσμάτων του λόγου SINR ή του SIR. Απο τα 31 dB όμως και μετά, η παρεμβολή είναι αρκετά μεγάλη σε σύγκριση με το σήμα και ικανή να συνδιαμορφώσει τα αποτελέσματα των παρακάτω λόγων.

➤ Η ανάλυση της κίνησης του δικτύου βελτιώνεται με την αύξηση του h_{ms} . Βέβαια, αναφορικά με τον πίνακα 5.10, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι, μας ενδιαφέρει κατα κύριο λόγο το ποσοστό των χρηστών και όχι ο απόλυτος αριθμός τους, γιατί όπως αρχικά αναφέρθηκε οι κινητοί χρήστες εξέρχονται απο την υπο μελέτη περιοχή κατά την προσομοίωση, οπότε ο αριθμός τους δεν παραμένει σταθερός. Παρ' όλ' αυτά παρατηρούμε ότι το ποσοστό τους αυξάνεται αν και η θεώρηση κινητού δέκτη στα 4 m είναι μια ακραία περίπτωση και έγινε για την κάλυψη των περιπτώσεων κίνησης π.χ σε πολυκατάστημα.

➤ Οι αναφορές των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης με βάση τις οποίες συντάχθηκαν τα παραπάνω διαγράμματα και πίνακες, αλλά και επιπλέον πληροφορίες παρατίθενται στα παραρτήματα απο Β έως Κ. Έτσι, στο παράρτημα ΣΤ μπορούμε να παρατηρήσουμε την παρεμβολή που δέχεται κάθε χρήστης που είναι συνδεδεμένος με έναν Σταθμό Βάσης. Για παράδειγμα, ο χρήστης ad15, ο οποίος συνδέεται με τον BS3 240, παρουσιάζει παρεμ βολή:

$$\frac{I}{N} = -9,51 \Rightarrow I = 102 - 9,51 \Rightarrow I = 92,49 \text{ Db}$$

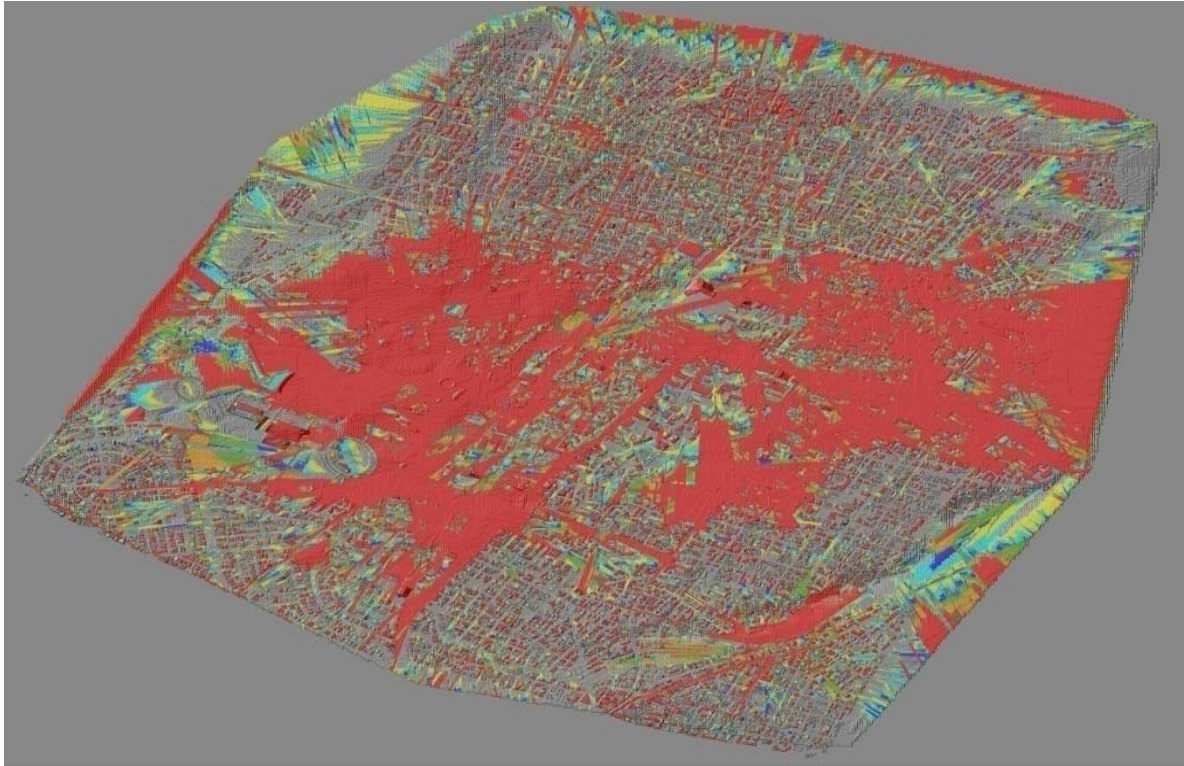
Ακόμη στο παράρτημα Δ μπορεί κάποιος να παρατηρήσει τη απαίτηση σε Mbps ανα 5° γωνίας κάλυψης του Σταθμού Βάσης.

5.6 Προσομοιώσεις με το μοντέλο διάδοσης ITU-R 525/526 και μεταβλητό ύψος κεραίας πομπών (h_{bs})

Οι προσομοιώσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο στάδια, με τον ίδιο τρόπο που αναφέρθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, μόνο που εδώ αλλάζει το ύψος το πομπού ενώ το ύψος του δέκτη παραμένει σταθερό στα 1,5 m.

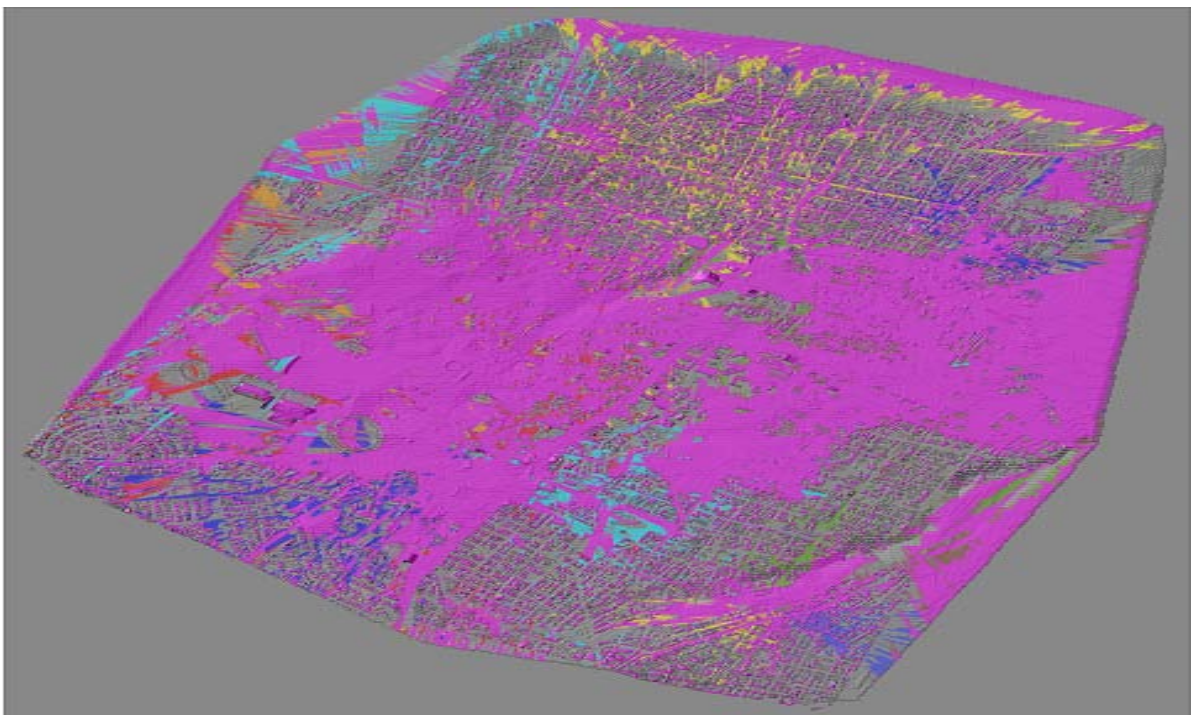
5.6.1 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{bs} = 1.5 \text{ m}$

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με το μοντέλο ITU-R 525/526 φαίνονται στα παρακάτω σχήματα, ενώ το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 65,4%.



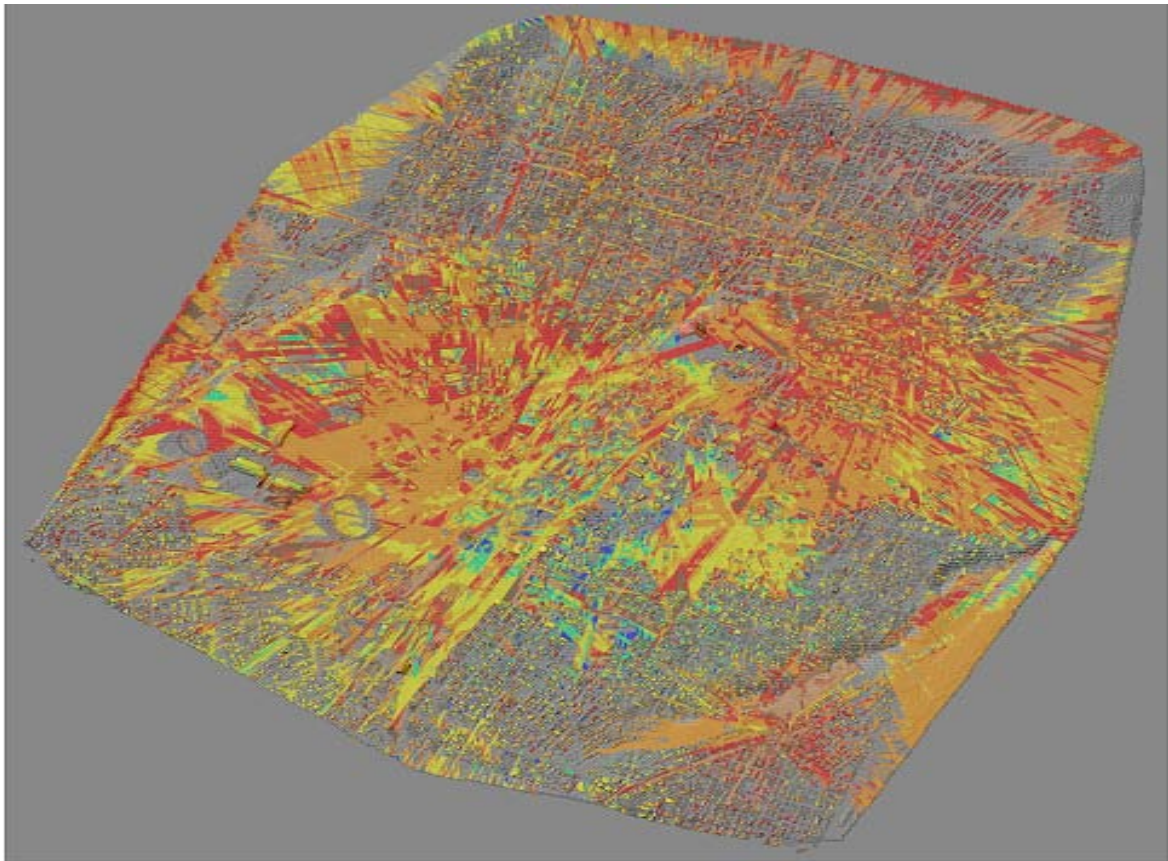
Σχήμα 5.20 Ραδιοκάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{b,s} = 1,5 \text{ m}$

Η επικάλυψη των σταθμών φαίνεται στο παρακάτω σχήμα και φθάνει το 53,8%.

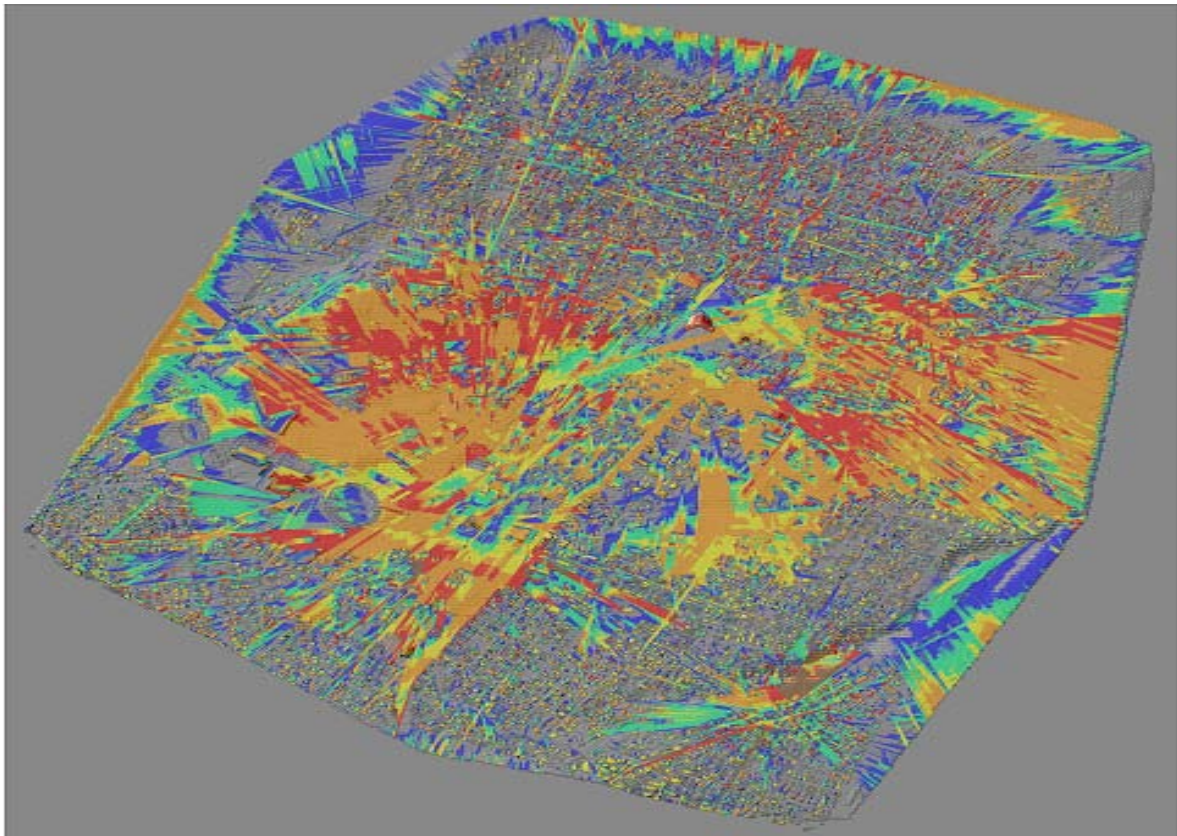


Σχήμα 5.21 Επικάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{b,s} = 1,5 \text{ m}$

Τα ποσοστά SIR, SINR >6 dB, ανέρχονται στο 65,4%, όσο και το ποσοστό κάλυψης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 5.22 SIR με ITU-R 525/526 για $h_{bz} = 1,5 \text{ m}$



Σχήμα 5.23 SINR με ITU-R 525/526 για $h_{bz} = 1,5 \text{ m}$

5.6.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{bs} = 2 \text{ m}$

Για $h_{bs} = 2 \text{ m}$, το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 66,2%. Η επικάλυψη των σταθμών ανέρχεται στο 54,8%. Τα ποσοστά SIR, SINR >6 dB, ανέρχονται στο 66,2%, όσο και το ποσοστό κάλυψης.

5.6.3 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{bs} = 2.5 \text{ m}$

Για $h_{bs} = 2.5 \text{ m}$, ενώ το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 66,8%. Η επικάλυψη των σταθμών ανέρχεται στο 55,4%. Τα ποσοστά SIR, SINR >6 dB, ανέρχονται στο 66,8%, όσο και το ποσοστό κάλυψης.

5.6.4 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{bs} = 3 \text{ m}$

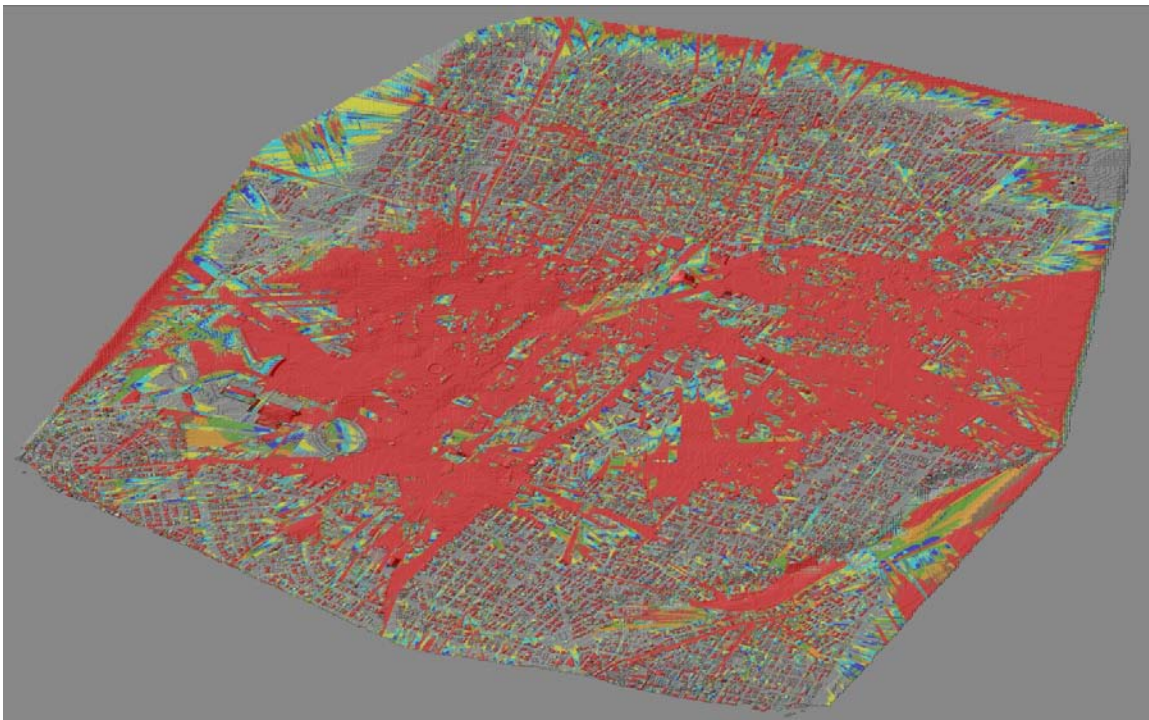
Για $h_{bs} = 3 \text{ m}$, έχουν αναφερθεί στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων που αφορούσε στις προσομοιώσεις για μεταβολή του ύψους της κεραίας του δέκτη (παράγραφος 6.5.4)

5.6.5 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{bs} = 3.5 \text{ m}$

Για $h_{bs} = 3.5 \text{ m}$, το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 67,9%. Η επικάλυψη των σταθμών ανέρχεται στο 56,6%. Τα ποσοστά SIR, SINR >6 dB, ανέρχονται στο 67,9%, όσο και το ποσοστό κάλυψης.

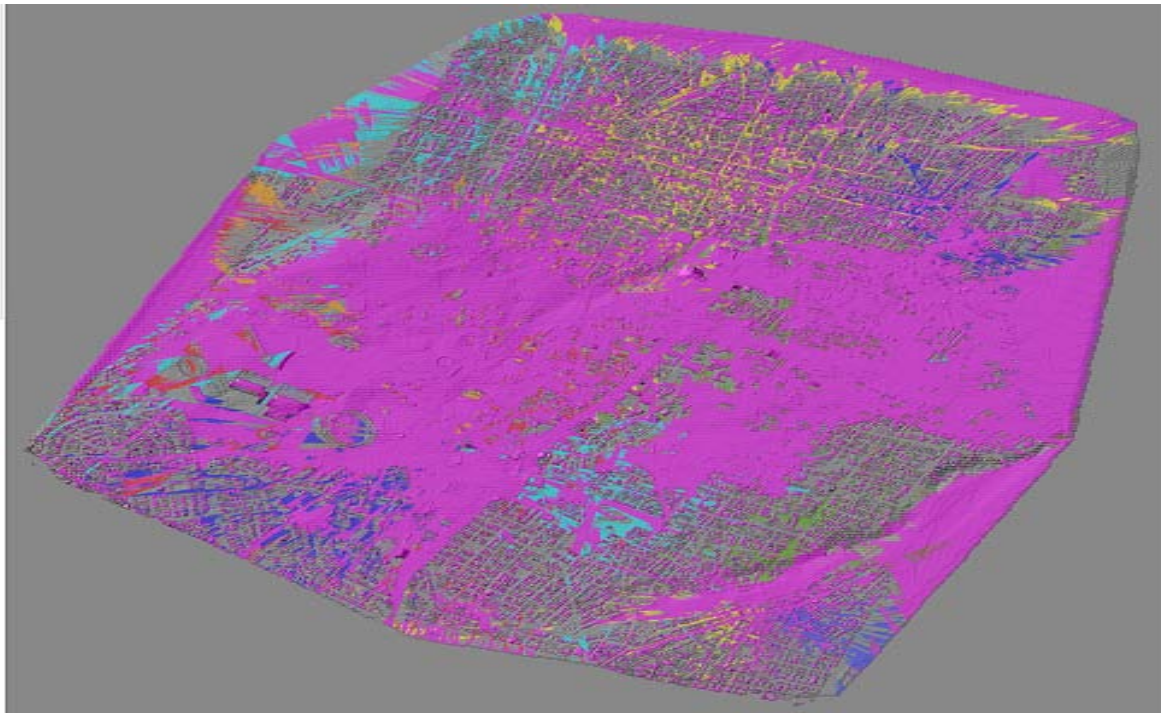
5.6.6 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για $h_{bs} = 4 \text{ m}$

Το αποτέλεσμα της προσομοίωσης για $h_{bs} = 4 \text{ m}$ το ποσοστό κάλυψης ανέρχεται στο 68,4%.



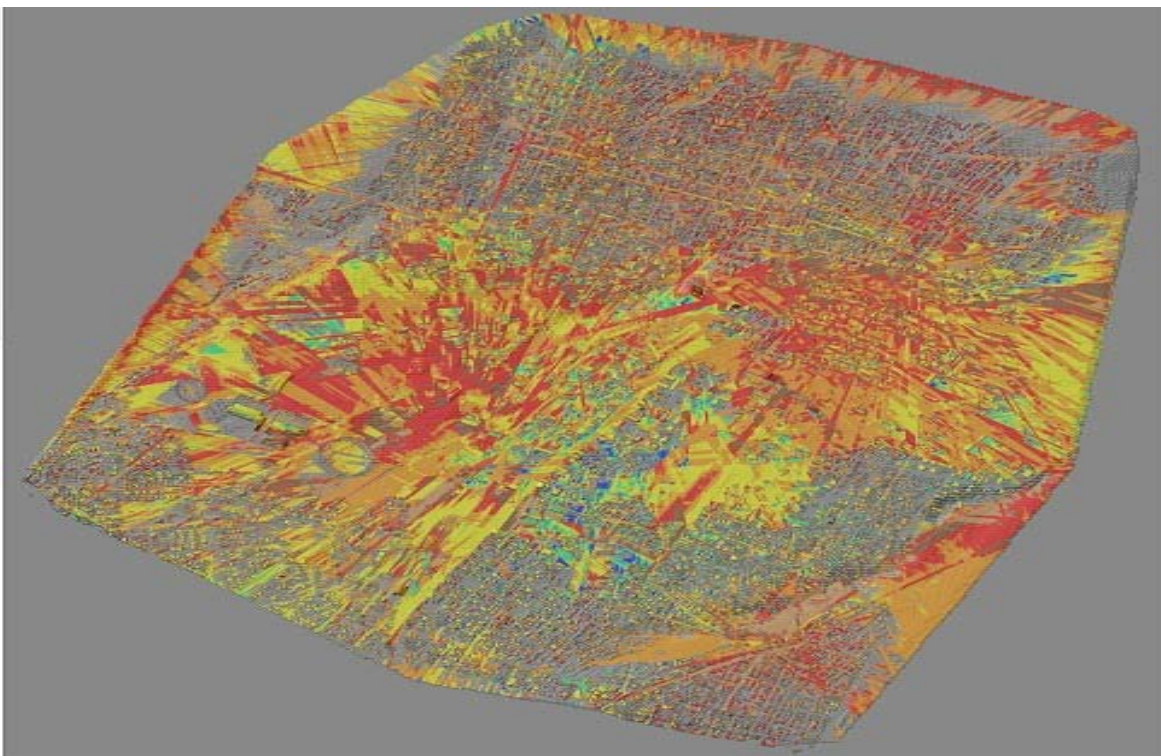
Σχήμα 5.24 Ραδιοκάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{bs} = 4 \text{ m}$

Η επικάλυψη των σταθμών φαίνεται στο σχήμα 5.25 και φθάνει το 57,1%.

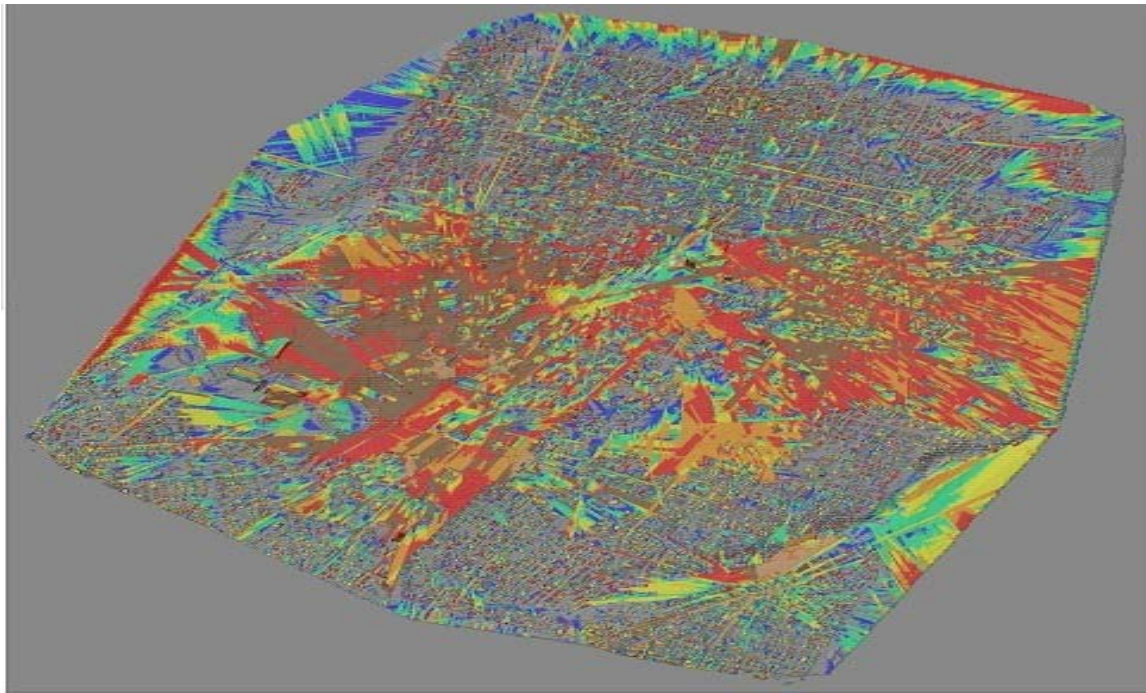


Σχήμα 5.25 Επικάλυψη με ITU-R 525/526 για $h_{bs} = 4\text{ m}$

Τα ποσοστά SIR, SINR >6 dB, ανέρχονται στο 68,4%, όσο και το ποσοστό κάλυψης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 5.26 SIR με ITU-R 525/526 για $h_{bs} = 4\text{ m}$



Σχήμα 5.27 SINR με ITU-R 525/526 για $h_{bs} = 4 \text{ m}$

5.6.7 Συμπεράσματα προσομοιώσεων

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα από όλες τις προσομοιώσεις για διάφορα ύψη της κεραίας του δέκτη h_{bs} .

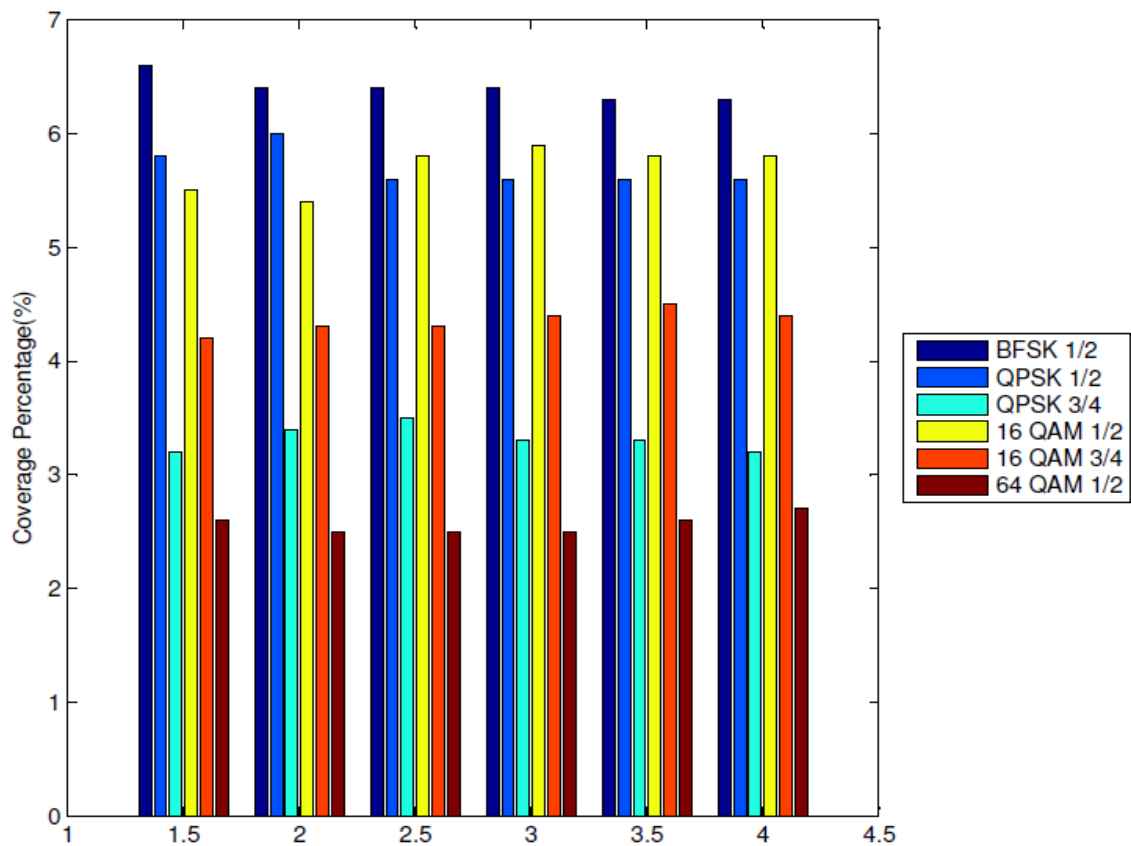
Πίνακα 5.11 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων για μεταβολή h_{bs}

%	1.5m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
Γενική κάλυψη περιοχής (>55dBμV/m)	65.4	66.2	66.8	67.4	67.9	68.4
Κάλυψη περιοχής (>58 dBμV/m)	58.8	59.8	60.4	61	61.6	62.1
Κάλυψη περιοχής (>61 dBμV/m)	53	53.8	54.8	55.4	56	56.5
Κάλυψη περιοχής (>63 dBμV/m)	49.8	50.4	51.3	52.1	52.7	53.3
Κάλυψη περιοχής (>67 dBμV/m)	44.3	45	45.5	46.2	46.9	47.5
Κάλυψη περιοχής (>71 dBμV/m)	40.1	40.7	41.2	41.8	42.4	43.1
Κάλυψη περιοχής (>74 dBμV/m)	37.5	38,2	38.7	39.3	39.8	40.4
SINR (>6 dB)	65.3	66.2	66.8	67.4	67.9	68.4
SIR (>6 dB)	65.4	66.2	66.8	67.4	67.9	68.4
SINR (>13 dB)	56.4	57.4	58.1	58.7	59.2	59.8
SIR (>13 dB)	65.2	66	66.6	67.2	67.7	68.2
SINR (>22 dB)	42.5	43.2	43.8	44.4	45.2	45.8
SIR (>22 dB)	64.5	65.3	65.9	66.4	66.9	67.3
SINR (>31 dB)	34.3	35.1	35.7	36.2	36.7	37.2
SIR (>31 dB)	62.1	63	63.6	64.1	64.5	64.9
SINR (>40 dB)	24.9	25.9	26.4	26.7	26.9	27
SIR (>40 dB)	53	53.7	54.1	54.3	54.5	54.6
Επικάλυψη	53.8	54.8	55.4	56	56.6	57.1

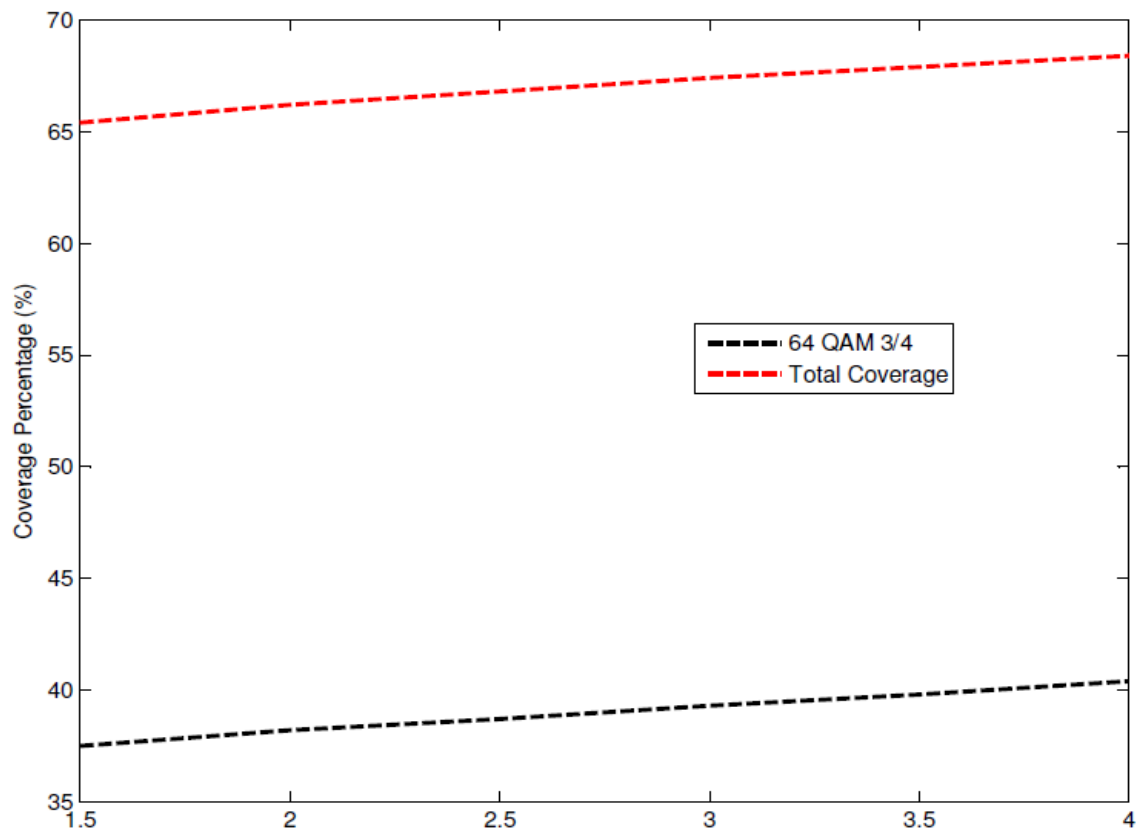
Στο παρακάτω πίνακα φαίνεται η κάλυψη ανα διαμόρφωση:

Πίνακα 5.12 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων ανα διαμόρφωση για μεταβολή h_{bs}

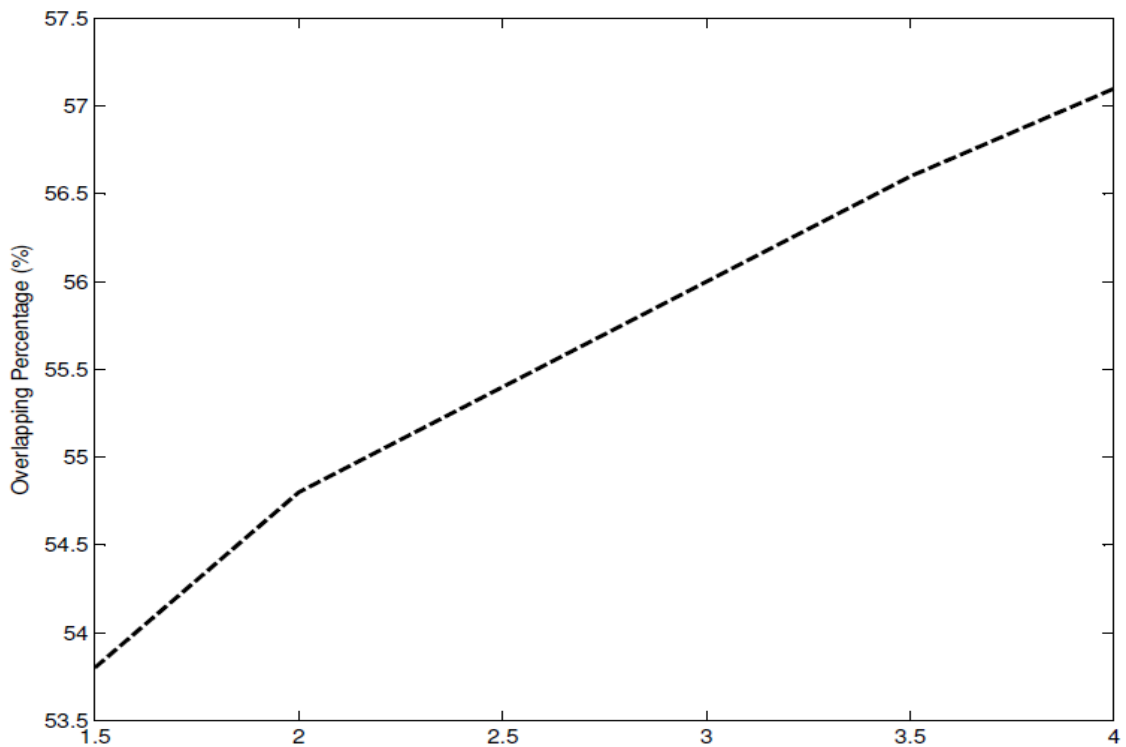
h_{bs} (m)	BFSK $\frac{1}{2}$	QPSK $\frac{1}{2}$	QPSK $\frac{3}{4}$	16 QAM $\frac{1}{2}$	16 QAM $\frac{3}{4}$	64 QAM $\frac{1}{2}$	64 QAM $\frac{3}{4}$	Συνολική Κάλυψη	Επικά λυση
1.5	6,6	5,8	3,2	5,5	4,2	2,6	37,5	65,4	53.8
2	6,4	6	3,4	5,4	4,3	2,5	38,2	66,2	54.8
2.5	6,4	5,6	3,5	5,8	4,3	2,5	38,7	66,8	55.4
3	6,4	5,6	3,3	5,9	4,4	2,5	39,3	67,4	56
3.5	6,3	5,6	3,3	5,8	4,5	2,6	39,8	67,9	56.6
4	6,3	5,6	3,2	5,8	4,4	2,7	40,4	68,4	57.1



Σχήμα 5.28 Μεταβολή της ραδιοκάλυψης (ανα διαμόρφωση) για διάφορα h_{bs}



Σχήμα 5.29 Μεταβολή της συνολικής ραδιοκάλυψης και της κάλυψης με 64 QAM $\frac{3}{4}$ για διάφορα h_{BS}



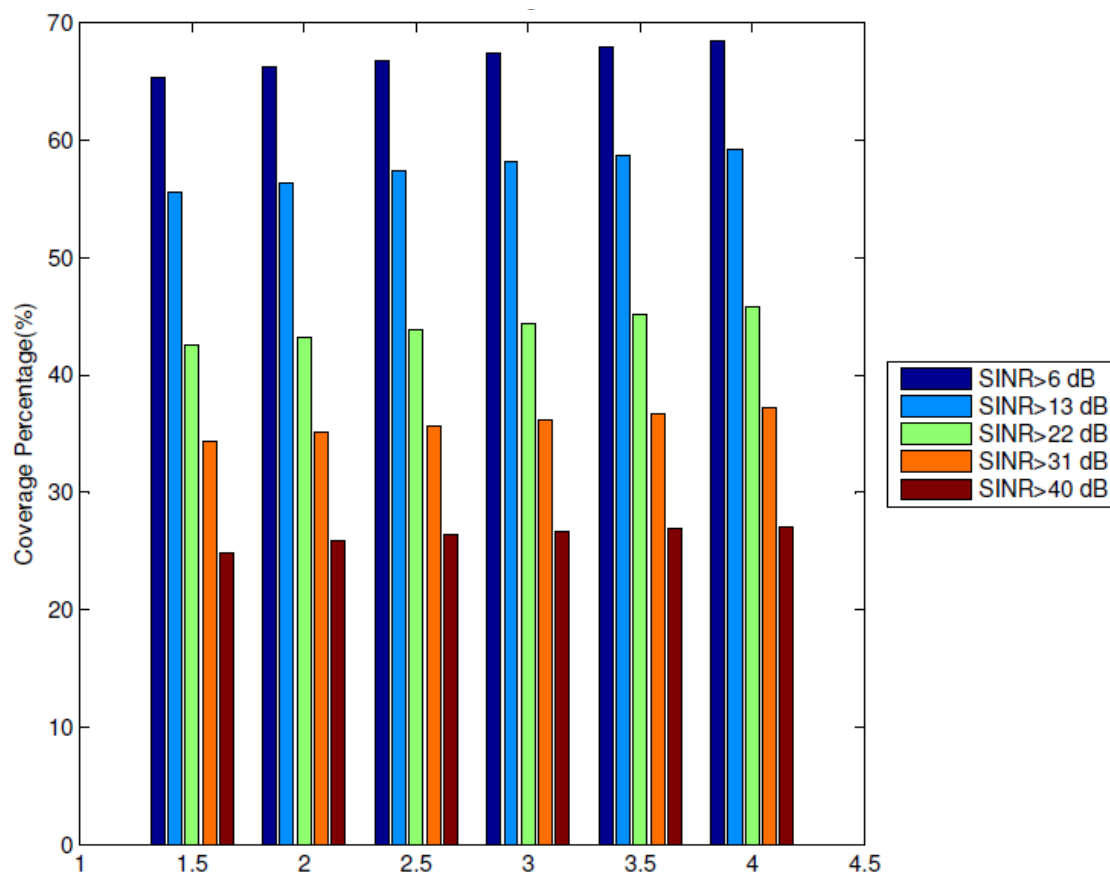
Σχήμα 5.30 Μεταβολή της επικάλυψης για διάφορα h_{BS}

Πίνακα 5.13 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων SINR για μεταβολή h_{bs}

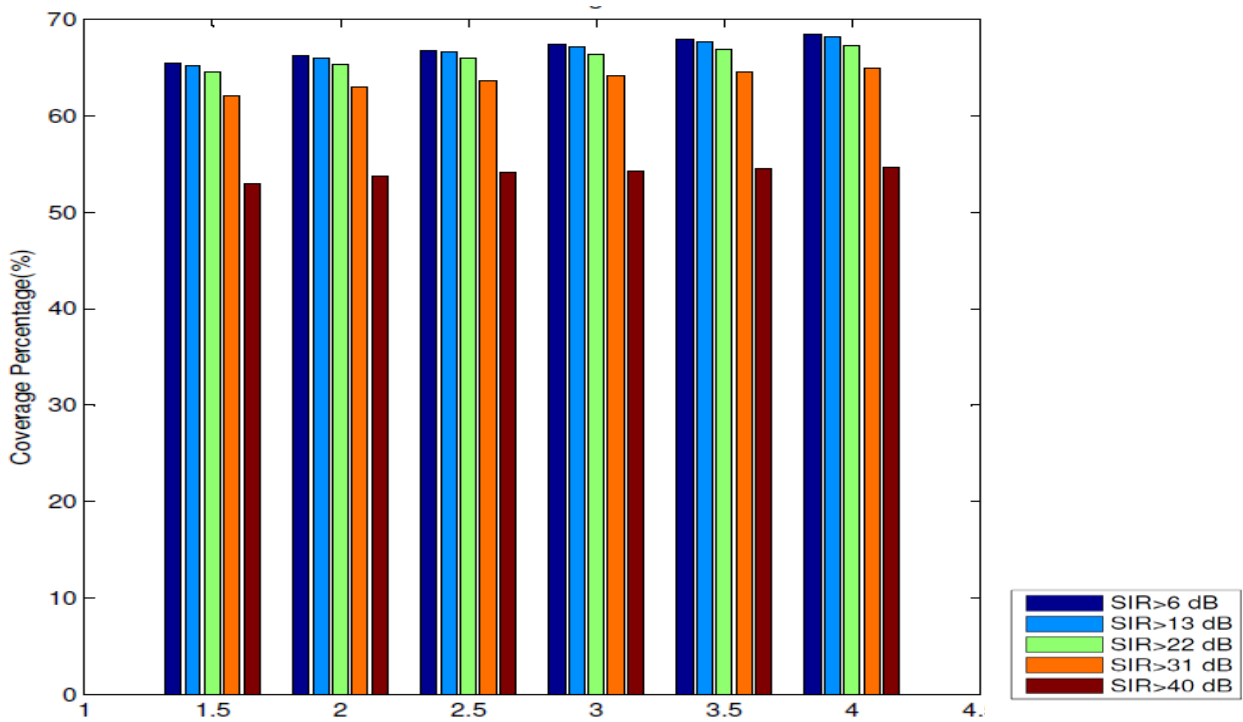
h_{bs} (m)	SINR >6 dB	SINR >13 dB	SINR >22 dB	SINR >31 dB	SINR >40 dB
1.5	65.3	56.4	42.5	34.3	24.9
2	66.2	57.4	43.2	35.1	25.9
2.5	66.8	58.1	43.8	35.7	26.4
3	67.4	58.7	44.4	36.2	26.7
3.5	67.9	59.2	45.2	36.7	26.9
4	68.4	59.8	45.8	37.2	27

Πίνακα 5.14 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων SIR για μεταβολή h_{bs}

h_{bs} (m)	SIR >6 dB	SIR >13 dB	SIR >22 dB	SIR >31 dB	SIR >40 dB
1.5	65.4	65.2	64.5	62.1	53
2	66.2	66	65.3	63	53.7
2.5	66.8	66.6	65.9	63.6	54.1
3	67.4	67.2	66.4	64.1	54.3
3.5	67.9	67.7	66.9	64.5	54.5
4	68.4	68.2	67.3	64.9	54.6



Σχήμα 5.31 Μεταβολή του SINR για διάφορα h_{bs}



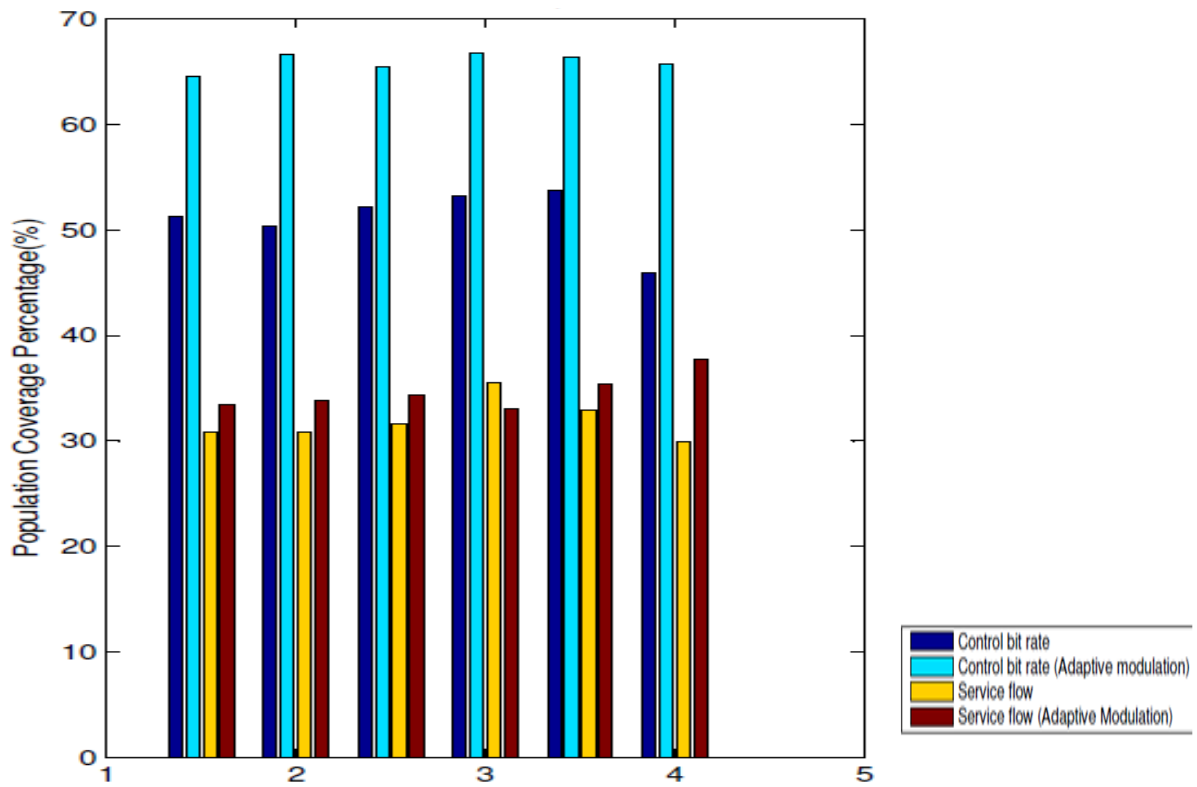
Σχήμα 5.32 Μεταβολή του SIR για διάφορα $h_{b,s}$

Πίνακα 5.15 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξυπηρέτησης χρηστών (νομαδική πρόσβαση) για μεταβολή $h_{b,s}$

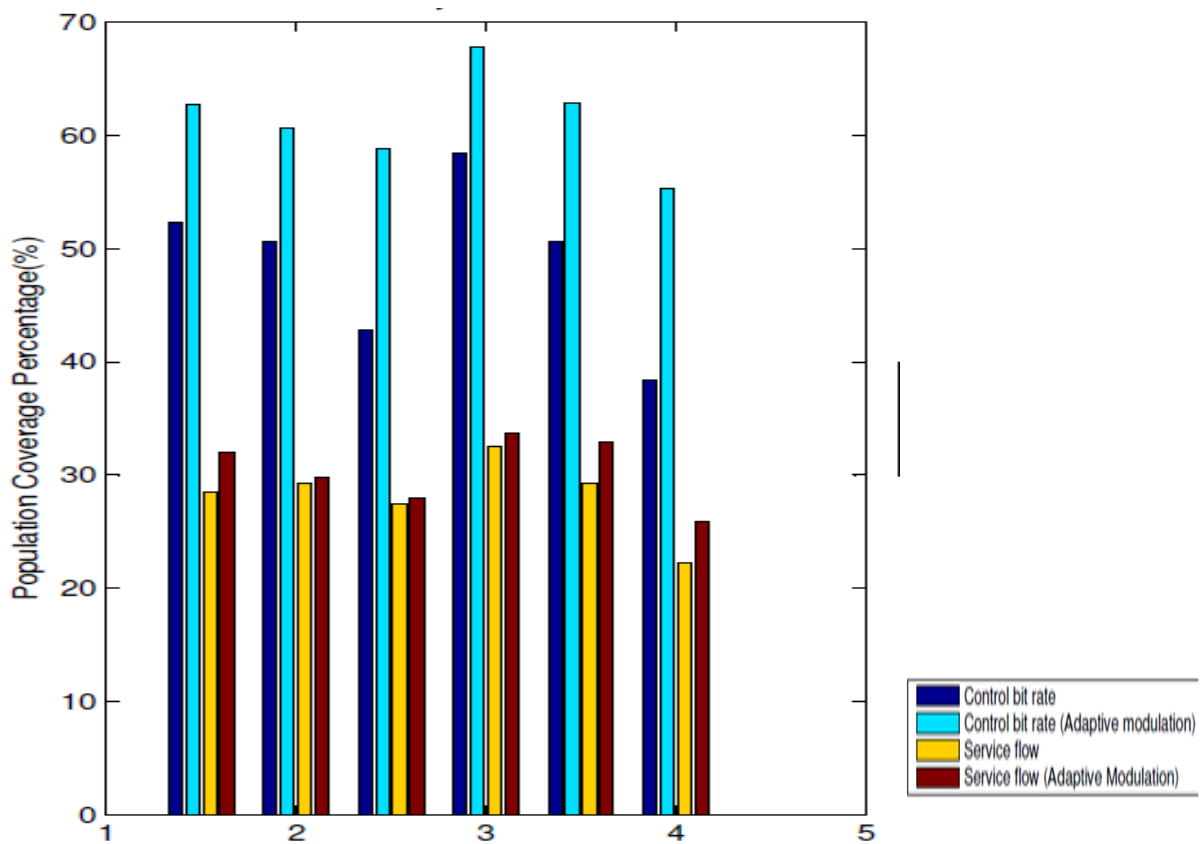
		1.5m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
Control bit rate	χρήστες	769	755	783	864	806	688
	%	51.27	50.33	52.2	57.6	53.73	45.87
Control bit rate (adaptive)	χρήστες	967	999	982	1091	995	986
	%	64.47	66.6	65.47	72.73	66.33	65.73
Service flow	χρήστες	463	462	475	564	494	448
	%	30.87	30.8	31.67	37.6	32.93	29.87
Service flow (adaptive)	χρήστες	501	-	515	613	530	566
	%	33.4	-	34.33	40.87	35.33	37.73

Πίνακα 5.16 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξυπηρέτησης χρηστών (κινητή πρόσβαση) για μεταβολή $h_{b,s}$

		1.5m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
Control bit rate	χρήστες	734	689	588	825	695	566
	%	52.28	50.55	42.79	58.39	50.66	38.37
Control bit rate (adaptive)	χρήστες	870	823	790	942	853	809
	%	62.68	60.69	58.82	67.72	62.81	55.3
Service flow	χρήστες	394	392	365	450	398	325
	%	28.51	29.28	27.42	32.56	29.31	22.29
Service flow (adaptive)	χρήστες	439	395	370	457	447	376
	%	32	29.79	27.92	33.68	32.96	25.88



Σχήμα 5.33 Ανάλυση εξυπηρέτησης δικτύου για νομαδική πρόσβαση και διάφορα $h_{1,bs}$



Σχήμα 5.34 Ανάλυση εξυπηρέτησης δικτύου για κινητή πρόσβαση και διάφορα $h_{1,bs}$

Απο τη μελέτη των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων διακρίνουμε ορισμένα κοινά στοιχεία με τις ανάλογες παρατηρήσεις που εξήχθησαν κατά την μελέτη της μεταβολής του h_{ms} . Έτσι:

➤ Το ποσοστό κάλυψης της περιοχής είναι συνάρτηση της τιμής της ισχύος του σήματος λήψης. Γι αυτό οι SINR και SIR δεν υπερβαίνουν την τιμή αυτή.

➤ Η προοδευτική αύξηση του h_{bs} επιφέρει βελτίωση όλων των ποσοστών, είτε της κάλυψης, είτε της επικάλυψης, είτε των SIR και SINR. Ωστόσο η αύξηση που επιτυγχάνεται είναι μικρότερη απο αυτήν που επιτυγχάνεται με μεταβολή του h_{ms} , αφού αυξάνοντας το h_{bs} απο 3 σε 4 m, επιτυγχάνουμε αύξηση του ποσοστού κάλυψης κατά 1% (απο 67,4% σε 68,4%), ενώ αυξάνοντας το h_{ms} απο 1,5 σε 2,5 m, η αντίστοιχη αύξηση είναι 2,9% (απο 67,4% σε 70,3%). Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός η LOS επαφή μεταξύ πομπού και δέκτη είναι πιθανότερο να επιτευχθεί με ανύψωση του δέκτη, με αποτέλεσμα καλύτερη λήψη.

➤ Όπως και στην περίπτωση του h_{ms} , για ίδιο $h_{bs} = 1,5 m$, καθώς μεταβαίνουμε απο μικρότερους προς μεγαλύτερους απαιτούμενους λόγους SINR και SIR παρατηρούμε μια μείωση της περιοχής κάλυψης. Δηλαδή ενώ το ποσοστό της περιοχής κάλυψης που έχει $SIR > 22$ dB ανέρχεται στο 64,5%, το αντίστοιχο ποσοστό του SINR ανέρχεται στο 42,5%, δηλαδή μια διαφορά 20%, ενώ αρχικά ήχαν την ίδια τιμή, ίδια με το ποσοστό κάλυψης. Και πάλι, αυτό ίσως οφείλεται στην επίδραση του θορύβου, η οποία δεν επηρεάζει γραμμικά το λόγο SINR.

➤ Καθώς αυξάνεται το h_{bs} παρατηρούμε παράλληλη αύξηση των ποσοστών SINR και SIR για όλα τα μετρηθέντα όρια. Βέβαια, η επίδραση του h_{bs} μετριάζεται απο ένα σημείο και μετά, αφού ενώ μέχρι την τιμή των 31 dB, η αύξηση είναι ίδια (περίπου 3), όσο και η αύξηση του ποσοστού κάλυψης καθώς το h_{bs} αυξάνεται απο 1,5 σε 4 m, μετά απο αυτό το όριο η αύξηση γίνεται περίπου 2%. Η εξήγηση είναι η ίδια που δόθηκε και στην περίπτωση του h_{ms} .

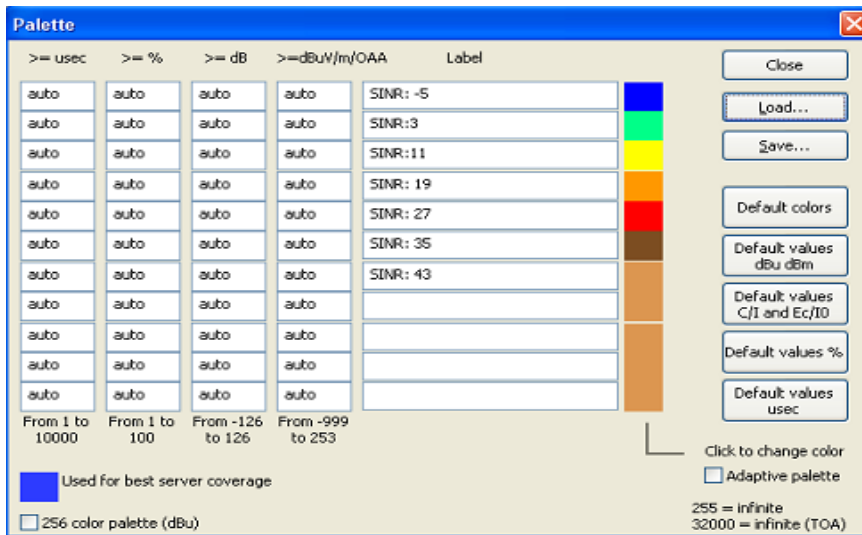
➤ Η αύξηση κατα περίπου 3% του συνολικού ποσοστού κάλυψης, καθώς το h_{bs} αυξάνεται απο 1,5 σε 4 m, ουσιαστικά με ταυτόχρονη αύξηση της κάλυψης με διαμόρφωση 64 QAM $\frac{3}{4}$ κατά 2,9%, σημαίνει ότι περισσότεροι χρήστες απολαμβάνουν υψηλότερες ταχύτητες. Επίσης παρατηρούμε ότι έγινε μια ανακατανομή της κάλυψης απο πλευράς κάλυψης ανα διαμόρφωση, όπου μειώθηκε το ποσοστό των BFSK $\frac{1}{2}$ και QPSK $\frac{1}{2}$ και αυξήθηκε το ποσοστό των υπολοίπων.

➤ Επιπλέον, στην ανάλυση δικτύου παρατηρούμε ότι παρ' όλο που αυξάνεται η κάλυψη του δικτύου, τόσο ο απόλυτος αριθμός των συνδεδεμένων χρηστών όσο και το ποσοστό εξυπηρέτησης αυτών αυξομειώνονται. Απο παρατηρήσεις των αναφορών των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης με βάση τις οποίες συντάχθηκαν τα παραπάνω διαγράμματα και πίνακες, διαπιστώνουμε ότι το πρόγραμμα όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σε κάθε προσομοίωση τοποθετεί σε τυχαίες θέσεις τους χρήστες.

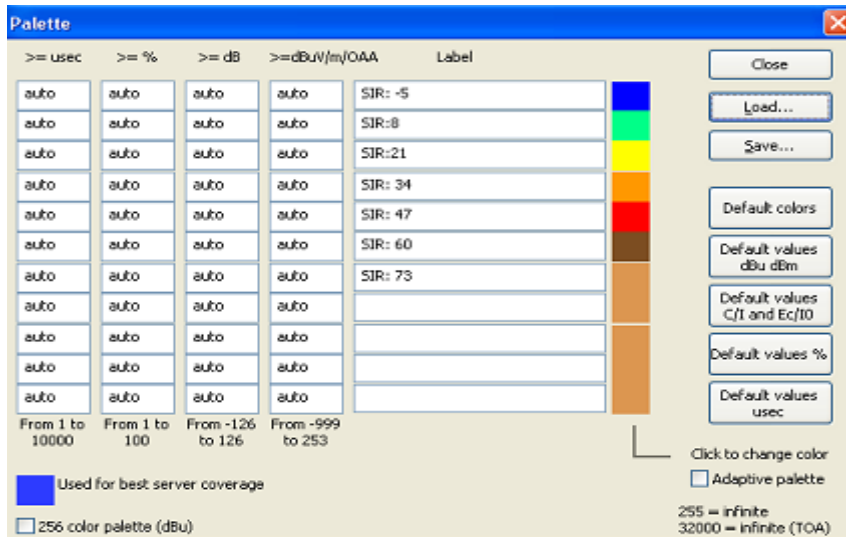
5.7 Προσομοιώσεις με το μοντέλο διάδοσης ITU-R 525/526 και μεταβλητό σχήμα κατανομής υποφερουσών

5.7.1 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για PUSC

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για $h_{ms} = 1,5 m$ και $h_{bs} = 3 m$ αναφορικά με το ποσοστό κάλυψης και το ποσοστό επικάλυψης, είναι ίδια με τα αντίστοιχα της AMC, δηλαδή έχουμε 67,4% και 56% αντίστοιχα. Οι διαφορές παρατηρούνται στους λόγους SIR και SINR, όπως και αναμενόταν. Τα χρώματα των παλετών που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:

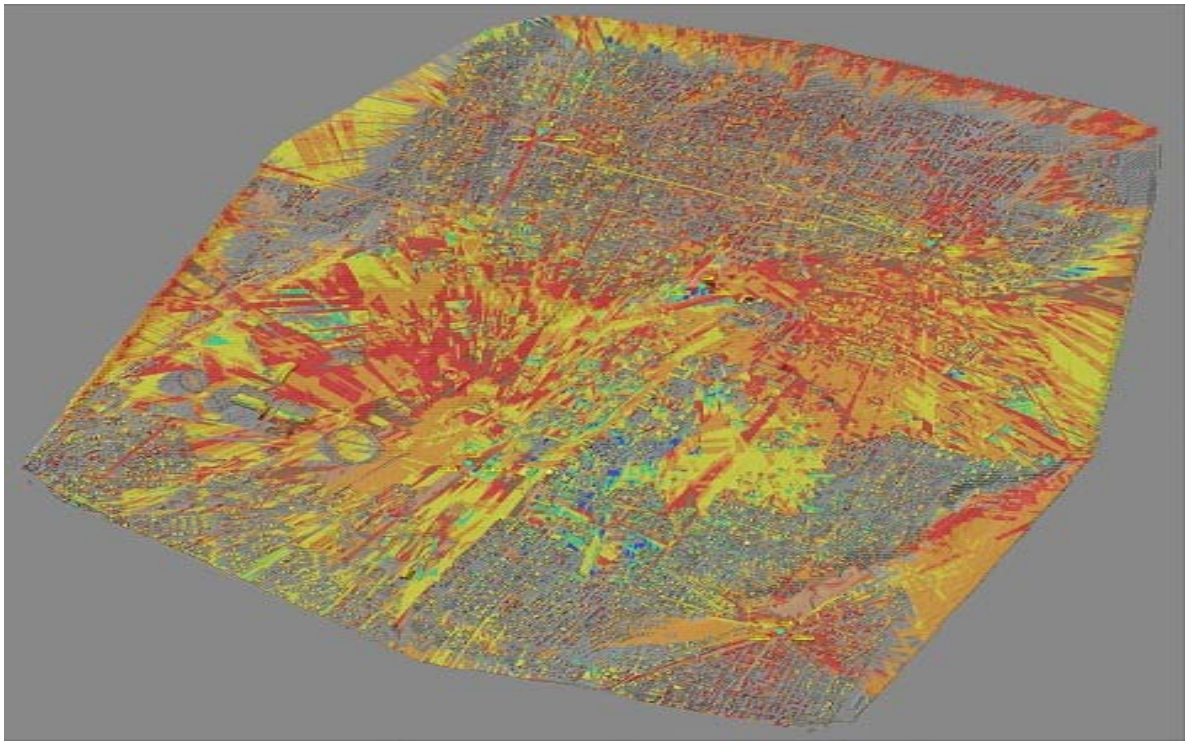


Σχήμα 5.35 Παλέτα αντιστοιχίας χρωμάτων με τιμές SINR

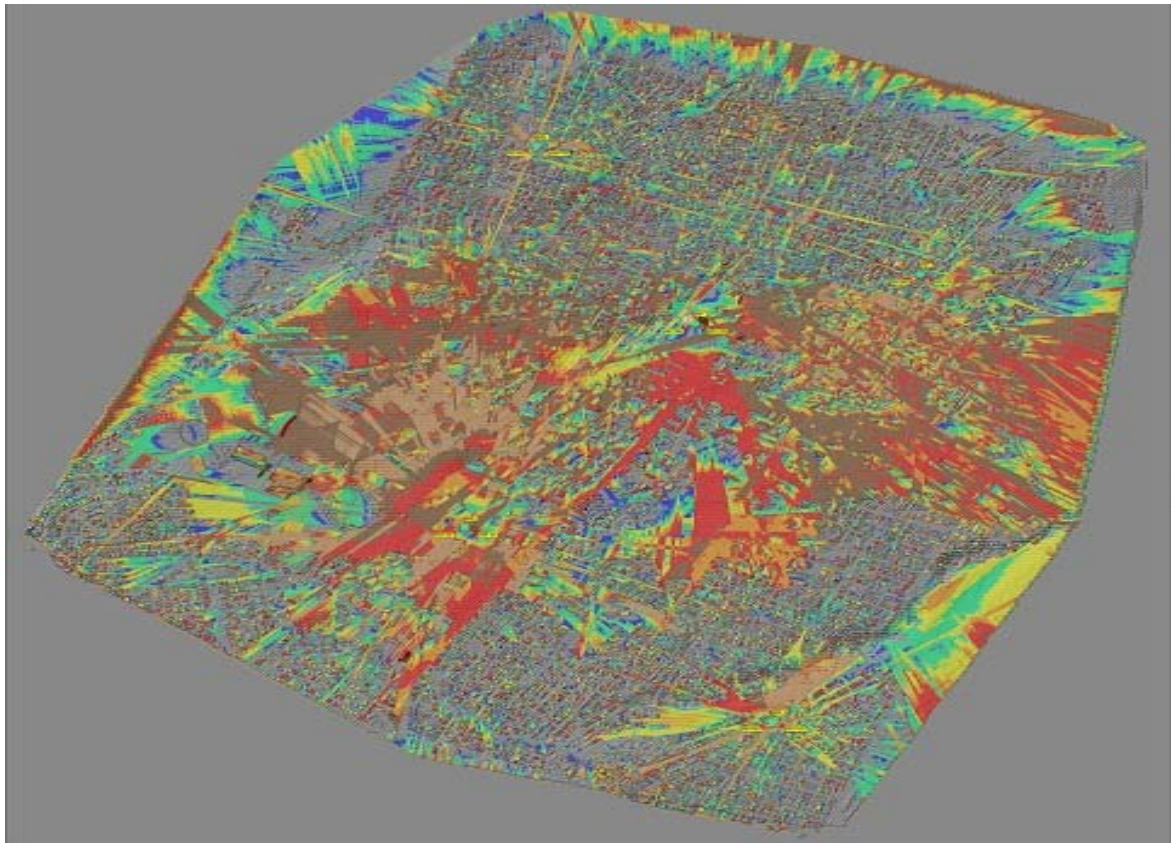


Σχήμα 5.36 Παλέτα αντιστοιχίας χρωμάτων με τιμές SIR

Τα ποσοστά SIR, SINR >6 dB, ανέρχονται στο 67,4% και 67,3%, αντίστοιχα, σχεδόν όσο και το ποσοστό κάλυψης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:



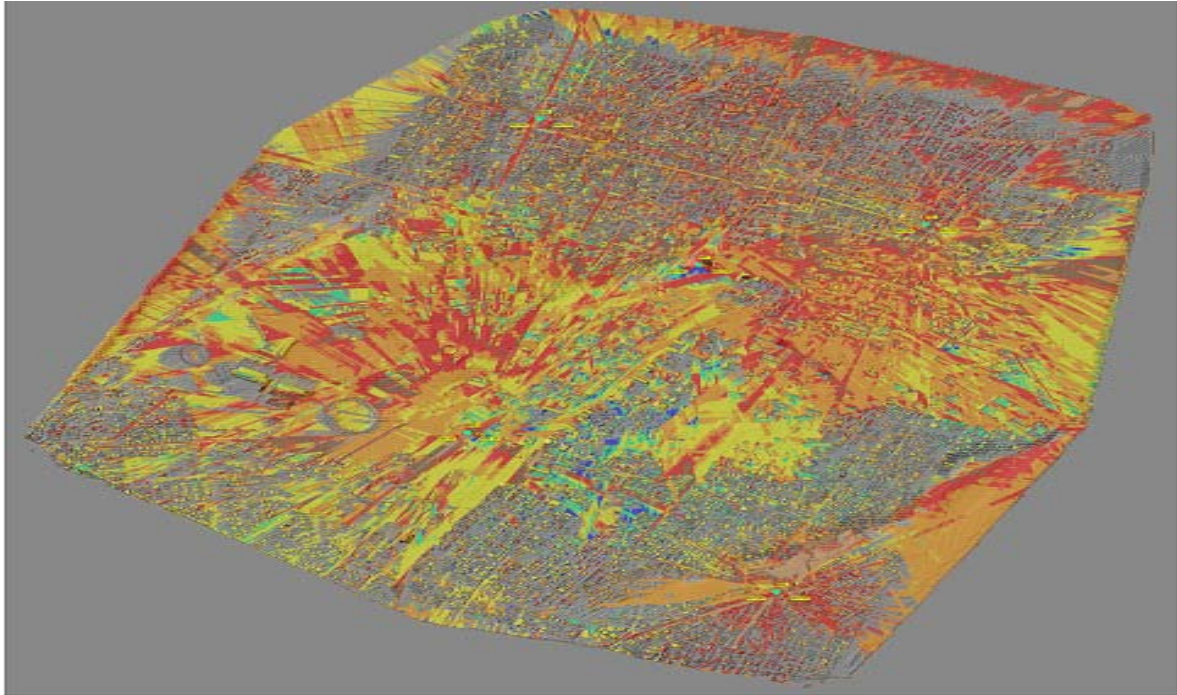
Σχήμα 5.37 SIR με ITU-R 525/526 για PUSC και $h_{ms} = 1,5 \text{ m}$, $h_{bs} = 3 \text{ m}$



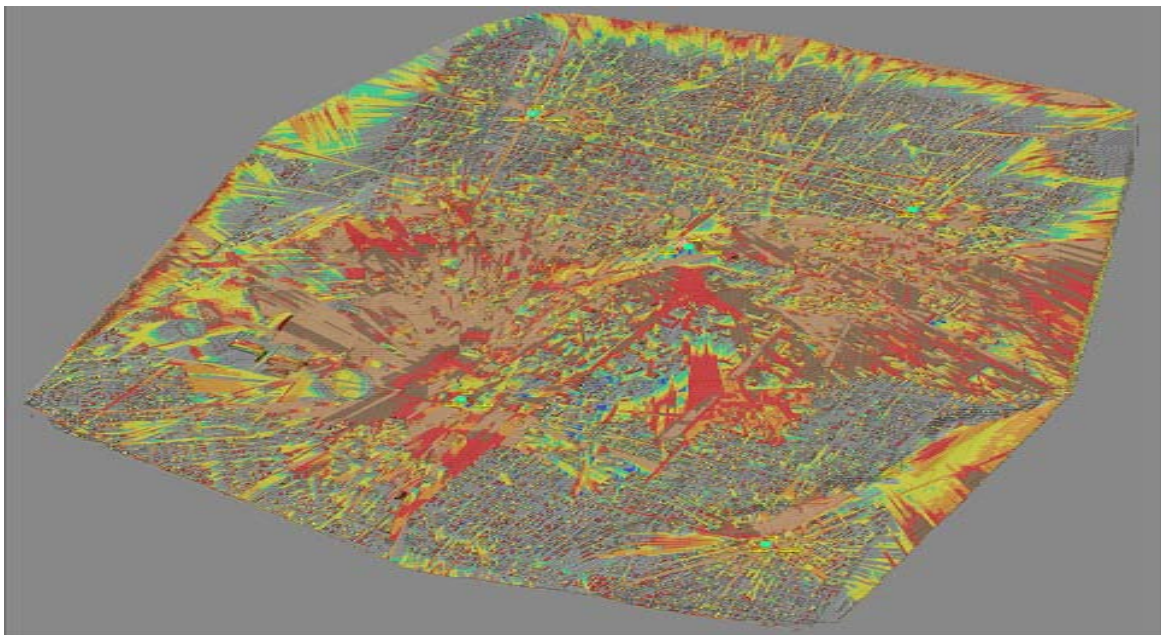
Σχήμα 5.38 SINR με ITU-R 525/526 για PUSC και $h_{ms} = 1,5 \text{ m}$, $h_{bs} = 3 \text{ m}$

5.7.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων για FUSC

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για $h_{ms} = 1,5 \text{ m}$ $h_{bs} = 3 \text{ m}$ αναφορικά με το ποσοστό κάλυψης και το ποσοστό επικάλυψης, είναι ίδια με τα αντίστοιχα της AMC, δηλαδή έχουμε 67,4% και 56% αντίστοιχα. Οι διαφορές παρατηρούνται στους λόγους SIR και SINR, όπως και αναμενόταν. Τα χρώματα των παλετών που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα ίδια με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη μελέτη της PUSC. Τα ποσοστά SIR, SINR >6 dB, ανέρχονται το 67% και 66,9% αντίστοιχα, και πάλι παρόμοια με το ποσοστό κάλυψης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 5.39 SIR με ITU-R 525/526 για FUSC και $h_{ms} = 1,5 \text{ m}$, $h_{bs} = 3 \text{ m}$



Σχήμα 5.40 SINR με ITU-R 525/526 για FUSC και $h_{ms} = 1,5 \text{ m}$, $h_{bs} = 3 \text{ m}$

5.7.3 Συμπεράσματα προσομοιώσεων

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα από όλες τις προσομοιώσεις για τα διάφορα σχήματα κατανομής υποφερουσών.

Πίνακα 5.17 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων για τα διάφορα σχήματα κατανομής υποφερουσών

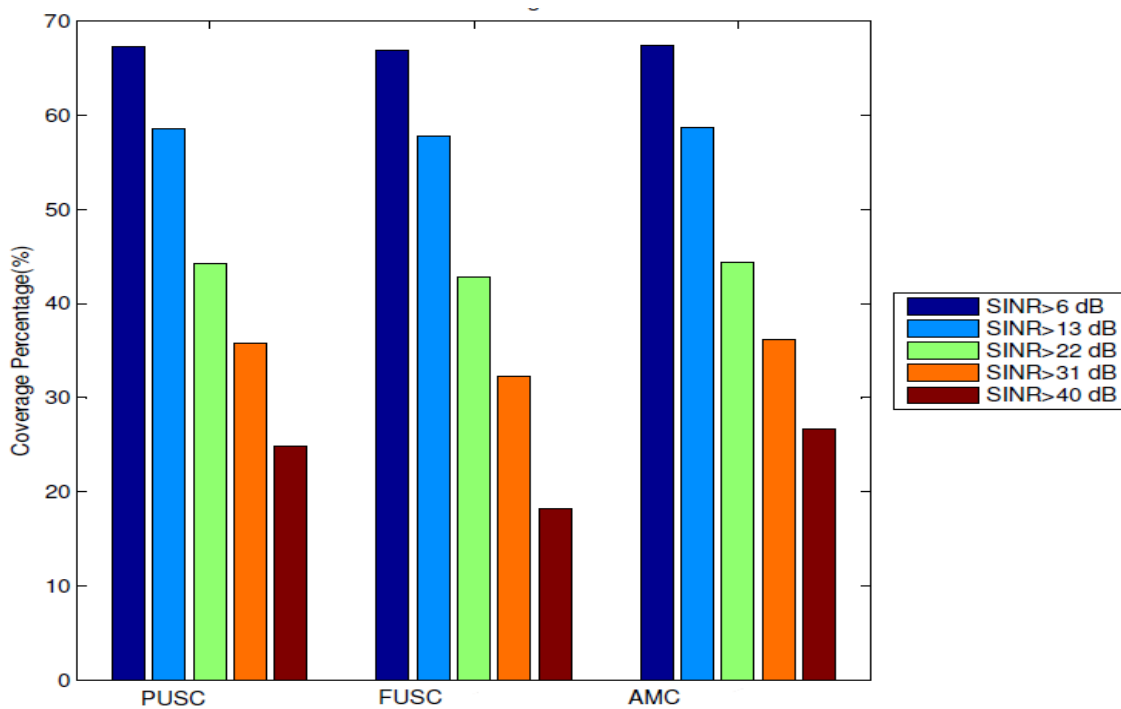
%	$h_{ms} = 1.5m, h_{bs} = 3m$		
	pusc	fusc	amc
Γενική κάλυψη περιοχής (>55dBμV/m)	67.4	67.4	67.4
Κάλυψη περιοχής (>58 dBμV/m)	61	61	61
Κάλυψη περιοχής (>61 dBμV/m)	55.4	55.4	55.4
Κάλυψη περιοχής (>63 dBμV/m)	52.1	52.1	52.1
Κάλυψη περιοχής (>67 dBμV/m)	46.2	46.2	46.2
Κάλυψη περιοχής (>71 dBμV/m)	41.8	41.8	41.8
Κάλυψη περιοχής (>74 dBμV/m)	39.3	39.3	39.3
SINR (>6 dB)	67.3	66.9	67.4
SIR (>6 dB)	67.4	67	67.4
SINR (>13 dB)	58.6	57.7	58.7
SIR (>13 dB)	67.1	66.2	67.2
SINR (>22 dB)	44.3	42.8	44.4
SIR (>22 dB)	66.2	63.4	66.4
SINR (>31 dB)	35.8	32.2	36.2
SIR (>31 dB)	63.8	52.7	64.1
SINR (>40 dB)	24.8	18.2	26.7
SIR (>40 dB)	50.8	35.9	54.3
Επικάλυψη	56	56	56

Πίνακα 5.18 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξυπηρέτησης χρηστών (νομαδική πρόσβαση) για τα διάφορα σχήματα κατανομής υποφερουσών

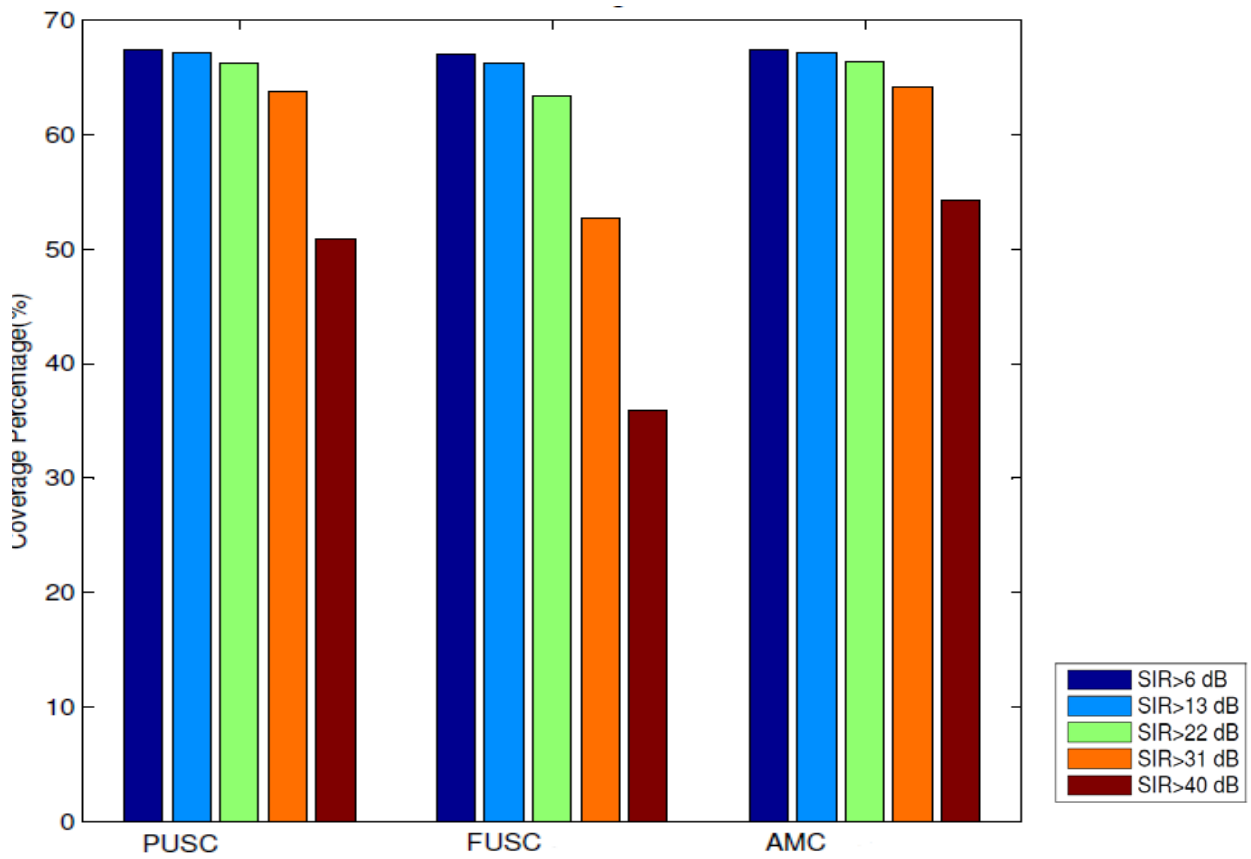
		$h_{ms} = 1,5m, h_{bs} = 3m$		
		pusc	fusc	amc
Control bit rate	χρήστες	790	790	799
	%	52.67	52.67	53.27
Control bit rate (adaptive)	χρήστες	972	972	1002
	%	64.8	64.8	66.8
Service flow	χρήστες	549	501	532
	%	36.6	33.4	35.47
Service flow (adaptive)	χρήστες	613	538	495
	%	40.87	35.87	33

Πίνακα 5.19 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα εξυπηρέτησης χρηστών (κινητή πρόσβαση) για τα διάφορα σχήματα κατανομής υποφερουσών

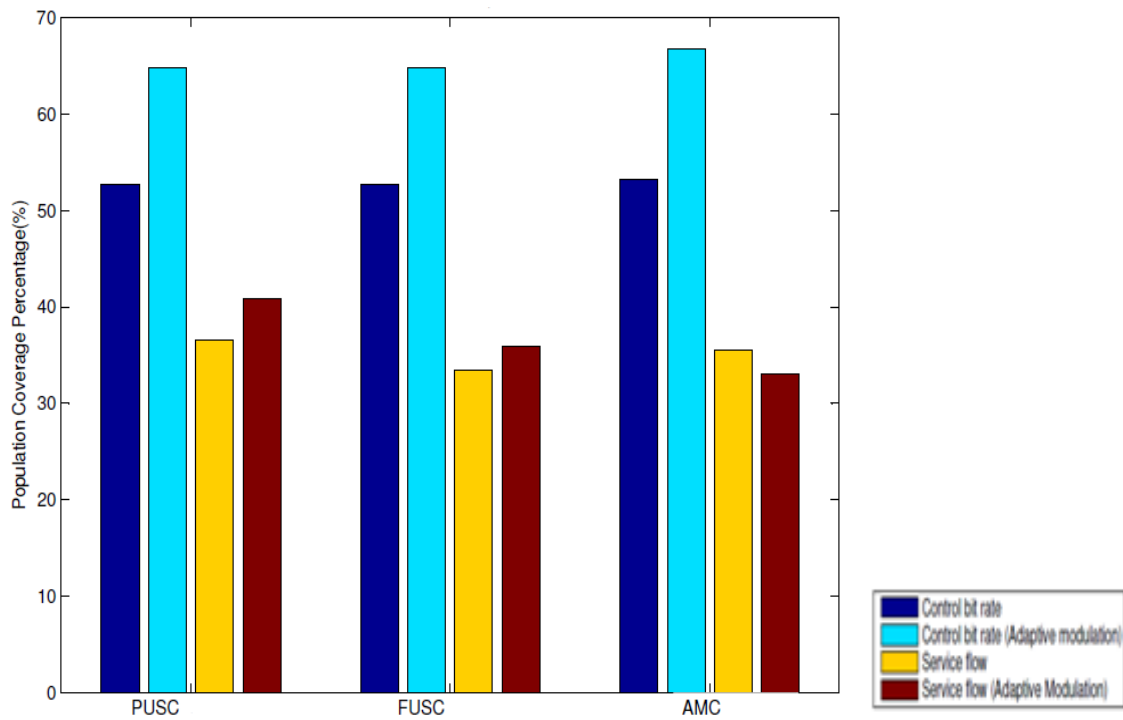
		$h_{ms} = 1,5m, h_{bs} = 3m$		
		pusc	fusc	amc
Control bit rate	χρήστες	644	745	685
	%	49.54	53	46.57
Control bit rate (adaptive)	χρήστες	841	960	811
	%	65.6	69.2	55.51
Service flow	χρήστες	402	496	381
	%	31.46	35.76	27.61
Service flow (adaptive)	χρήστες	463	482	399
	%	36.37	34.78	29.27



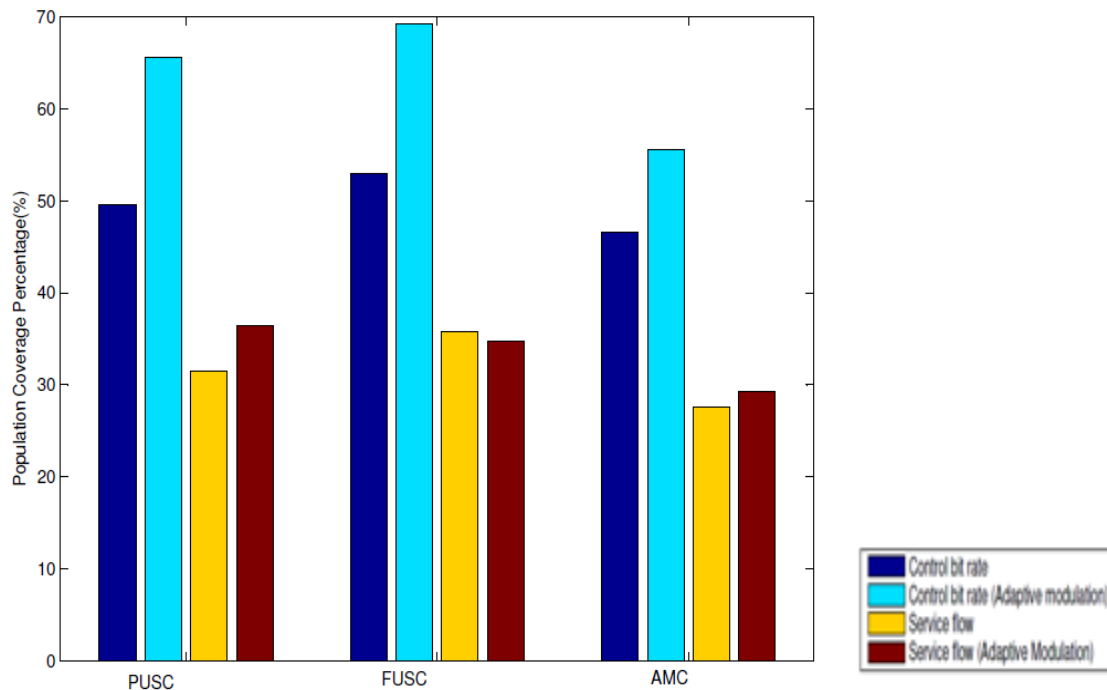
Σχήμα 5.41 SINR ανα σχήμα κατανομής υποφερουσών



Σχήμα 5.42 SIR ανα σχήμα κατανομής υποφερουσών



Σχήμα 5.43 Ανάλυση εξυπηρέτησης δικτύου για νομαδική πρόσβαση ανα σχήμα κατανομής υποφερουσών



Σχήμα 5.44 Ανάλυση εξυπηρέτησης δικτύου για κινητή πρόσβαση ανα σχήμα κατανομής υποφερουσών

Απο τη μελέτη των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων διαπιστώνουμε τα παρακάτω:

- Το ποσοστό κάλυψης της περιοχής παραμένει το ίδιο για όλα τα σχήματα κατανομής υποφερουσών, επειδή το όριο κατωφλίου έχουν παραμείνει τα ίδια. Βέβαια, κατά τον υπολογισμό της ευαισθησίας θεωρήσαμε ότι ο αριθμός των υποφερουσών παραμένει ο ίδιος για όλα τα σχήματα κατανομής υποφερουσών, τόσο για το DL, όσο και για το UL, για λόγους απλοποίησης των προσομοιώσεων.

- Η μεταβολή των λόγων των SIR και SINR στο ίδιο σχήματα κατανομής υποφερουσών ακολουθεί τους ίδιους κανόνες, όπως αυτοί αναφέρθηκαν στη μεταβολή του h_{ms} και του h_{ms} . Επιπλέον, παρατηρούμε μεταβολή στους παραπάνω λόγους μεταξύ των διαφόρων σχημάτων κατανομής υποφερουσών. Η FUSC παρουσιάζει τους δυσμενέστερους λόγους SIR και SINR, η AMC τους βέλτιστους και η PUSC βρίσκεται στο ενδιάμεσο.

- Αναφορικά με την ανάλυση της εξυπηρέτησης των χρηστών (κινητή πρόσβαση), το καλύτερο σχήμα είναι η FUSC, λόγω της κατανομής των υποφερουσών σε όλο το διαθέσιμο εύρος ζώνης.

5.8 Βιβλιογραφικές αναφορές

- [1] <http://www.maroussi.gr/>
- [2] Μέτρηση Δεικτών eEurope-i2010 για την Ελλάδα, Παρατηρητήριο για την Κοινωνία της Πληροφορίας, Ιούλιος 2009
- [3] Jeffrey G. Andrews, Arunabha Ghosh, Rias Muhamed, *Fundamentals of WiMAX Understanding Broadband Wireless Networking*, Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series, pp. 3-40, 2007.
- [4] IEEE, *Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access*, 802.16-2005, 2005
- [5] IEEE, *Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access*, 802.16-2004, 2004
- [6] Walid Y. Ali-Ahmad, Hasna, Dabbous, Yammout, Atwi, *Propagation Model Development and Radio Planning for Future WiMAX Systems Deployment in Beirut*, Spring 2006

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Σύνοψη - Συμπεράσματα Μελέτης Ραδιοκάλυψης Περιοχής Αττικής

Αρχικά μελετήθηκε η ραδιοκάλυψη της περιοχής της Αττικής μεταβάλλοντας διάφορους παράγοντες όπως:

- Μεταβολή του εύρους ζώνης καναλιού.

Είδαμε ότι το εύρος ζώνης καναλιού, εκτός του ρόλου του στην ταχύτητα μετάδοσης, παίζει καθοριστικό ρόλο στη ραδιοκάλυψη μίας περιοχής καθώς και στο σχήμα διαμόρφωσης στα διάφορα σημεία της περιοχής αυτής. Αυξάνοντας το εύρος του καναλιού, μειώνεται το ποσοστό κάλυψης και το ποσοστό κάλυψης της περιοχής με «γρήγορες» διαμορφώσεις.

- Επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.

Η επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων πρέπει να θεωρείται επιβεβλημένη, προκειμένου να επιτευχθούν υψηλά ποσοστά SNR. Ενώ το ποσοστό κάλυψης πρακτικά παραμένει το ίδιο είτε με είτε χωρίς επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων, η βελτίωση του σηματοθορυβικού λόγου και της παρεμβολής είναι θεαματική.

- Χρήση τεχνικών πολλαπλών κεραιών.

Ο ποιο καθοριστικός παράγοντας, αλλά και αυτός που δίνει τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα στο WiMAX έναντι των άλλων συστημάτων είναι η χρήση τεχνικών πολλαπλών κεραιών. Παρατηρείται μεγάλη αύξηση του ποσοστού κάλυψης, σε όλα τα ήδη διαμόρφωσης, αυξάνοντας τον αριθμό των στοιχείων των κεραιών.

- Μοντέλα ραδιοκάλυψης

Η σωστή επιλογή του μοντέλου ραδιοκάλυψης ανάλογα με την περίπτωση, είναι σημαντική σε μία μελέτη ραδιοκάλυψης. Αυτό διαπιστώθηκε από τις διαφοροποιήσεις στις προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας το μοντέλο COST 231 - HATA και το μοντέλο SUI και συγκρίνοντάς τα αποτελέσματα, με τις ίδιες συνθήκες προσομοίωσης. Έτσι προβλέπεται μικρότερο ποσοστό συνολικής κάλυψης, αλλά και περιοχών κάλυψης με «γρήγορες» διαμορφώσεις, κατά την χρησιμοποίηση του μοντέλου HATA έναντι του μοντέλου SUI. Από την άλλη προβλέπεται μεγαλύτερο ποσοστό περιοχής κάλυψης στις «αργές» διαμορφώσεις, με τη χρήση του HATA. Ουσιαστικά το μοντέλο COST 231 - HATA, είναι πιο απαισιόδοξο από το μοντέλο SUI.

- Μεταβολή του ύψους της κεραιάς του πομπού.

Η επίδραση της αύξησης του ύψους του Πομπού τόσο στη ραδιοκάλυψη, όσο και στην ποιότητα της επικοινωνίας είναι σημαντική. Συμπερασματικά, αυξάνοντας το ύψος, αυξάνεται η περιοχή κάλυψης και η βελτίωση της ποιότητας της επικοινωνίας.

- Μεταβολή του ύψους της κεραιάς του δέκτη.

Η επίδραση του ύψους του δέκτη τόσο στη ραδιοκάλυψη, όσο και στην ποιότητα της επικοινωνίας, είναι επίσης σημαντική. Έτσι αυξάνοντας το ύψος, έχουμε μεγάλη βελτίωση του SINR, του ποσοστού κάλυψης του χώρου με «γρήγορες» διαμορφώσεις, καθώς και του συνολικού ποσοστού κάλυψης.

- Μεταβολή της γωνίας ανύψωσης της κεραιάς του πομπού.

Οι διαφοροποιήσεις στην περίπτωση μεταβολής της γωνίας ανύψωσης είναι μικρές, με αποτέλεσμα να μη μπορεί να εξαχθεί ένα οριστικό συμπέρασμα. Η γωνία ανύψωσης θα πρέπει να αντιμετωπιστεί βέλτιστα σε κάθε Σταθμό Βάσης τοπικά και όχι συγκεντρωτικά.

➤ Σχήμα κατανομής υποφερουσών

Κατά την μελέτη της επίδρασης του σχήματος κατανομής υποφερουσών διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει επίδραση αυτού στο ποσοστό κάλυψης. Όμως υπάρχει διαφοροποίηση στην παρεμβολή και στο θόρυβο, με δυσμενέστερο σχήμα αυτό της FUSC και ευνοϊκότερο αυτό της AMC. Βέβαια δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα κύρια πλεονεκτήματα και οι επιδράσεις που παρέχει κάθε ένα από αυτά τα σχήματα κυρίως στο επίπεδο δικτύου.

➤ Απώλειες πομπού – δέκτη

Συμπερασματικά έχουμε μείωση της συνολικής περιοχής κάλυψης και της περιοχής κάλυψης με 64 QAM 3/4, με την αύξηση των απωλειών της κεραίας του Πομπού.

➤ Πόλωση κεραίων

Διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση της πόλωσης της κεραίας στην κάλυψη της περιοχής, αλλά ούτε και στην παρεμβολή ή στο θόρυβο.

➤ Κέρδος κεραίας δέκτη.

Η επίδραση του κέρδους του δέκτη, είναι επίσης καθοριστική στη ραδιοκάλυψη. Αυξάνοντας το υπάρχει βελτίωση στην κάλυψη, άυξηση της περιοχής κάλυψης με γρήγορη διαμόρφωση και βελτιστοποίηση της επικοινωνίας.

Τέλος έγινε μία προσπάθεια για τη μελέτη της ακτίνας κάλυψης για κάθε διαμόρφωση ξεχωριστά και την εξαγωγή στατιστικών συμπερασμάτων από αυτή.

6.2 Σύνοψη - Συμπεράσματα Μελέτης Ραδιοκάλυψης Περιοχής Αμαρουσίου

Στη συνέχεια μελετήθηκε η ραδιοκάλυψη της περιοχής του Αμαρουσίου μεταβάλλοντας διάφορους παράγοντες όπως:

➤ Μοντέλα ραδιοκάλυψης

Στο εισαγωγικό μέρος της μελέτης, κατα την παρουσίαση των διαφόρων μοντέλων είχε γίνει αναφορά στα χαρακτηριστικά του καθενός ξεχωριστά. Στο κεφάλαιο αυτό, προκρίθηκε η χρησιμοποίηση ενός από αυτά, του ITU-R 525/526, με τα αναφερθέντες επιλογές για την περίθλαση και την ανάκλαση, ενώ παράλληλα αναφέρθηκαν οι λόγοι επιλογής του.

➤ Μεταβολή του ύψους της κεραίας του πομπού

Όπως και στην μελέτη της ραδιοκάλυψης της περιοχής της Αττικής, βασική παράμετρος κατα τις προσομοιώσεις θεωρήθηκε το ύψος της κεραίας του πομπού, η επίδραση του οποίου στην σχεδίαση ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος είναι βασική.

➤ Μεταβολή του ύψους της κεραίας του δέκτη

Επίσης, μελετήθηκαν τα αποτελέσματα της μεταβολής του ύψους της κεραίας του δέκτη και αποδείχθηκε ότι έχουν μεγάλη επίδραση σε σχέση με άλλους παράγοντες.

➤ Σχήμα κατανομής υποφερουσών

Φυσικά έγινε μια προσπάθεια μελέτης της επίδρασης των διαφόρων σχημάτων κατανομής υποφερουσών στην ραδιοκάλυψη. Όμως πρέπει να αναφερθεί μια μελέτη των υπόψη σχημάτων αφορά περισσότερο το επίπεδο δικτύου και λιγότερο το επίπεδο ζεύξης στο οποίο δόθηκε βάση. Τέλος έγινε μία προσπάθεια μελέτης και ανάλυσης της κίνησης και εξυπηρέτησης σε επίπεδο δικτύου, με την εισαγωγή μίας βάσης δεδομένων χρηστών και τη διαξαγωγή προσομοιώσεων με την παρουσία αυτών.

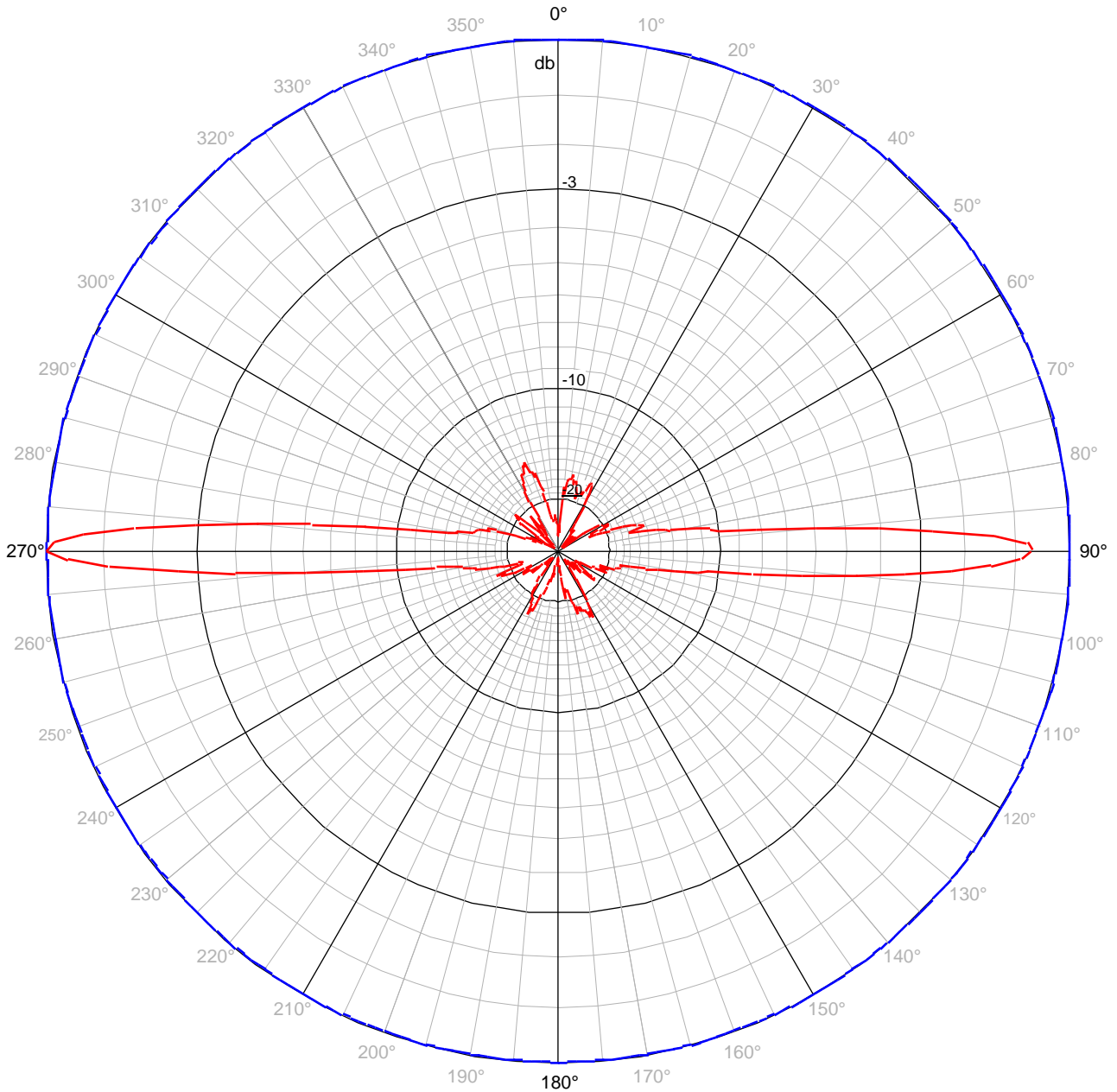
6.3 Επίλογος

Η σημασία κάθε παράγοντα και οι μεταβολές που επιφέρει στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων παρατέθηκαν παραπάνω, κατά την ανάλυση του καθενός ξεχωριστά, όπου και έγινε μία προσπάθεια ερμηνείας των. Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι κατά την σχεδίαση ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παραπάνω παράγοντες, ο κάθε ένας με το δικό του βάρος, προσαρμοσμένοι στις ιδιόμορφες συνθήκες του εκάστοτε περιβάλλοντος.

Το Παράρτημα ΚΑ περιλαμβάνει μέρος των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής που έχουν δημοσιευθεί.

Horizontal and Vertical Radiation Pattern

Polar-linear



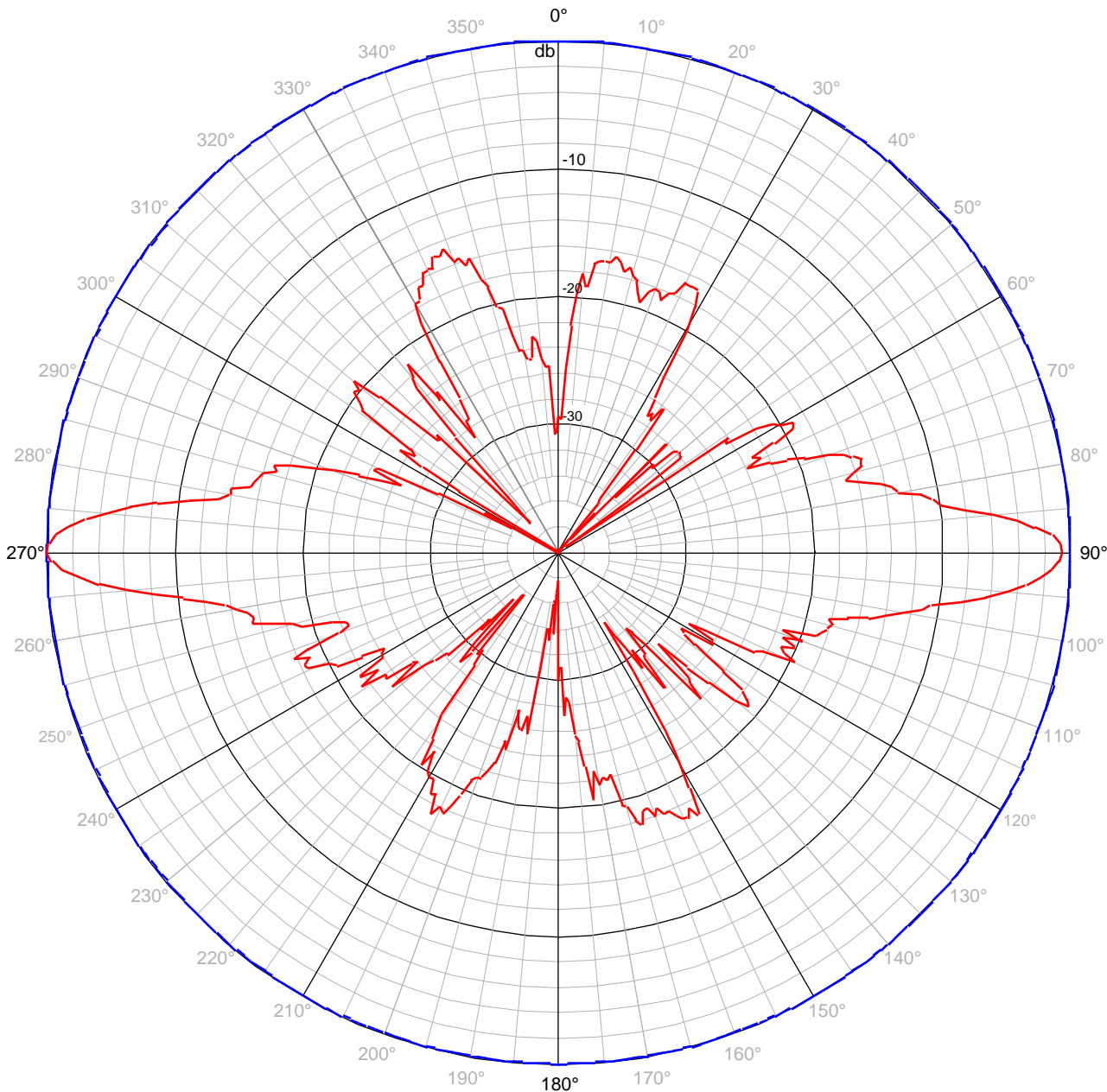
Horizontal Radiation Pattern

Vertical Radiation Pattern

KATHREIN	80010528_3500_x_co.msi	Horizontal and Vertical Radiation Pattern	Type: 80010528
	DATE 24.01.2007	Frequency = 3500 MHz	
	Gain = 8.85 dBd	Tilt =	Page 1 of 4

Horizontal and Vertical Radiation Pattern

Polar-logarithmic



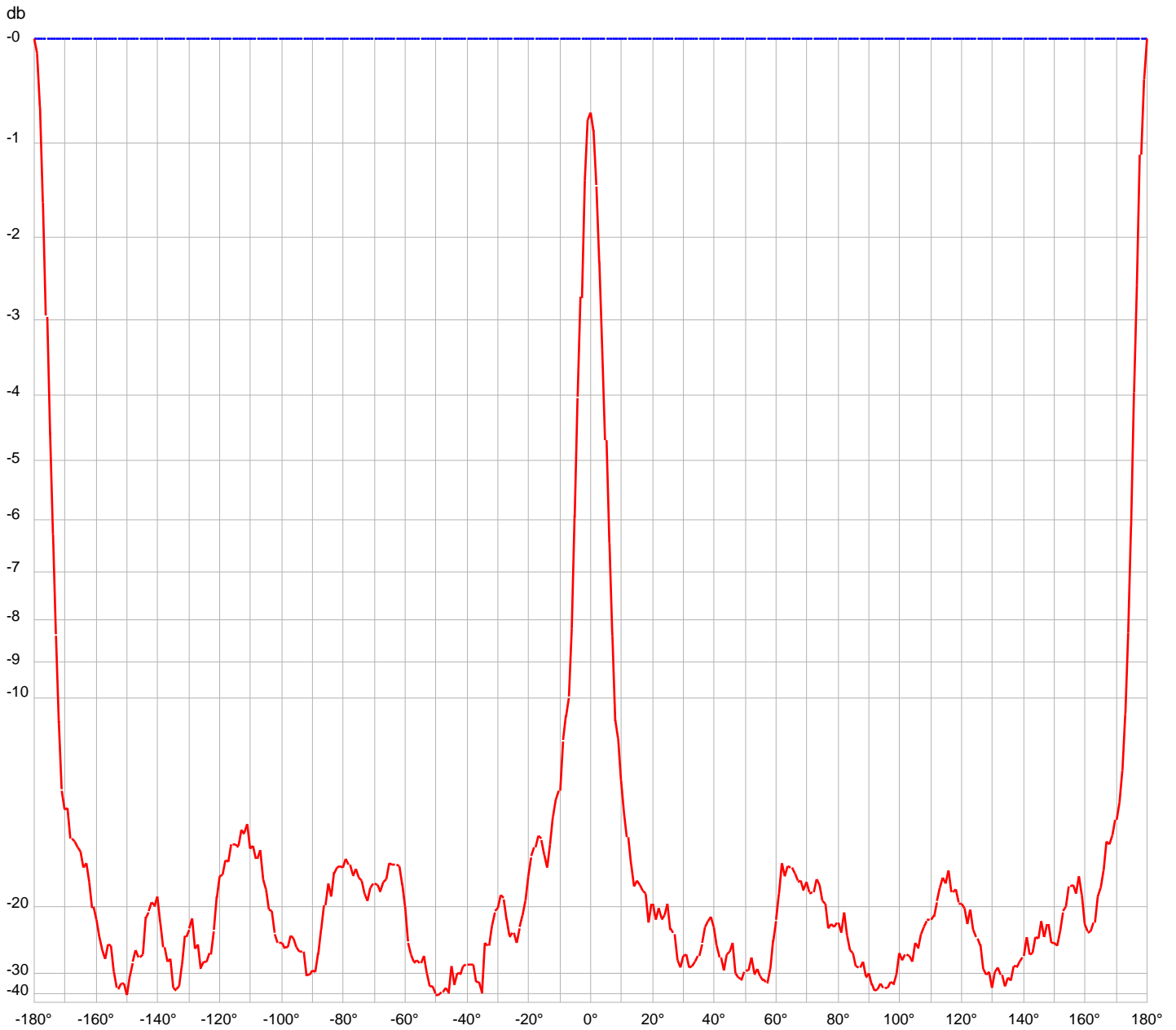
Horizontal Radiation Pattern

Vertical Radiation Pattern

KATHREIN	80010528_3500_x_co.msi	Horizontal and Vertical Radiation Pattern	Type: 80010528
	DATE 24.01.2007	Frequency = 3500 MHz	
	Gain = 8.85 dBd	Tilt =	Page 2 of 4

Horizontal and Vertical Radiation Pattern

Cartesian-linear



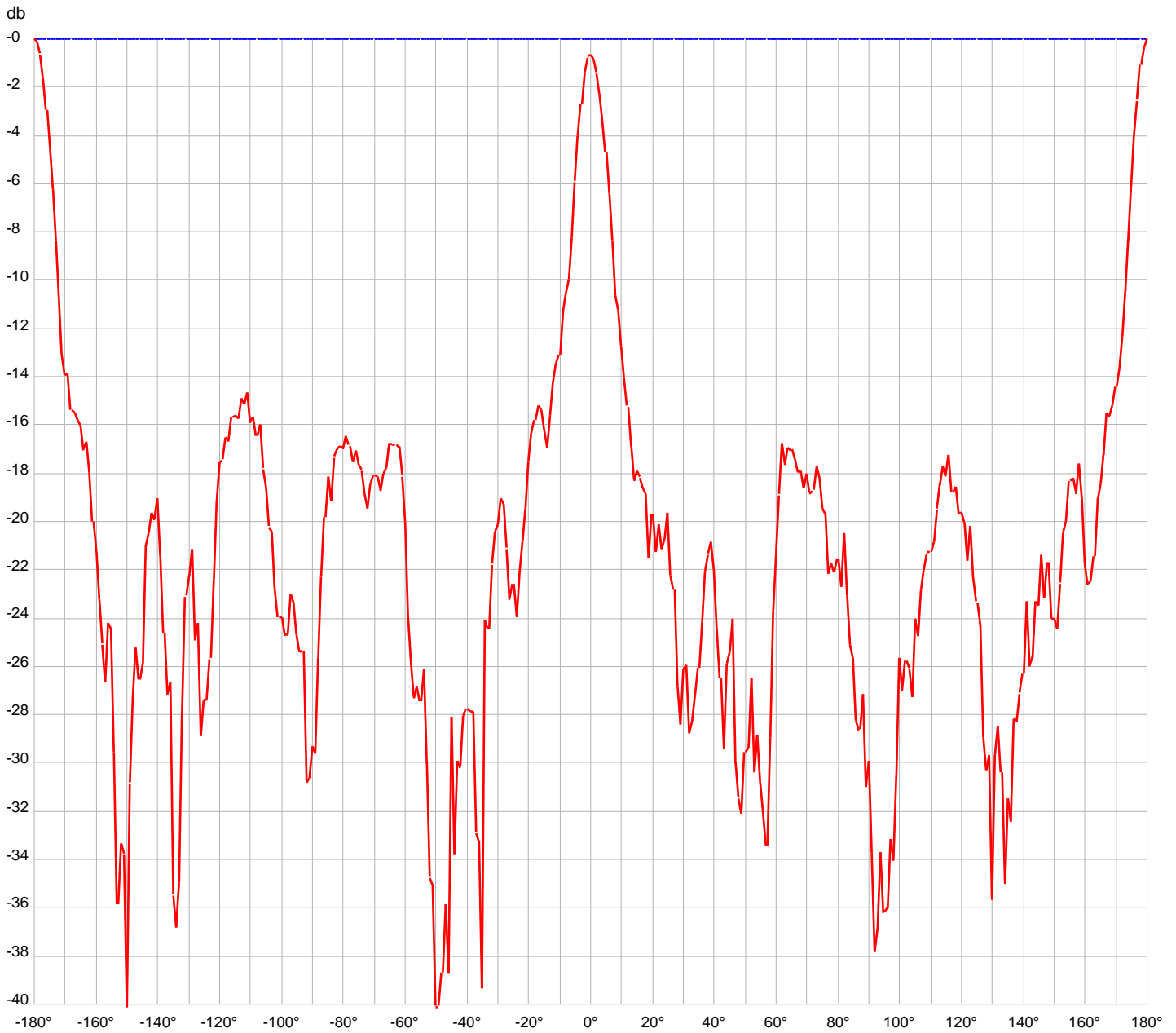
[Horizontal Radiation Pattern](#)

[Vertical Radiation Pattern](#)

KATHREIN	80010528_3500_x_co.msi	Horizontal and Vertical Radiation Pattern	Type: 80010528
	DATE 24.01.2007	Frequency = 3500 MHz	
	Gain = 8.85 dBd	Tilt =	Page 3 of 4

Horizontal and Vertical Radiation Pattern

Cartesian-logarithmic



[Horizontal Radiation Pattern](#)

[Vertical Radiation Pattern](#)

KATHREIN	80010528_3500_x_co.msi	Horizontal and Vertical Radiation Pattern	Type: 80010528
	DATE 24.01.2007	Frequency = 3500 MHz	
	Gain = 8.85 dBd	Tilt =	Page 4 of 4

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

STATION TRAFFIC - Downlink

Station	BST	Subscribers	Demand	GOS B	Lines	BW (MHz)	Mbits dl	TD dB	Site
BS1	1	59	0.00	null	0.0	413.00	1.84	0	235
BS2	2	23	0.00	null	0.0	161.00	1.84	0	129
BS3	3	19	0.00	null	0.0	133.00	1.76	0	110
BS4	4	46	0.00	null	0.0	322.00	1.87	0	92
BS5	5	110	0.00	null	0.0	770.00	1.83	0	240
BS1 120	6	133	0.00	null	0.0	931.00	1.83	0	235
BS1 240	7	43	0.00	null	0.0	301.00	1.87	0	235
BS2 120	8	50	0.00	null	0.0	350.00	1.86	0	129
BS2 240	9	56	0.00	null	0.0	392.00	1.86	0	129
BS3 120	10	48	0.00	null	0.0	336.00	1.84	0	110
BS3 240	11	43	0.00	null	0.0	301.00	1.84	0	110
BS4 120	12	22	0.00	null	0.0	154.00	1.75	0	92
BS4 240	13	24	0.00	null	0.0	168.00	1.87	0	92
BS5 120	14	69	0.00	null	0.0	483.00	1.88	0	240
BS5 240	15	61	0.00	null	0.0	427.00	1.85	0	240

Total subscribers in database: 1500

Total subscribers on map: 1500

Total parented subscribers (base): 806 (53.73 pc)

Total parented subscribers (selection): 806 (53.73 pc)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

STATION TRAFFIC - Downlink

Station	BST	Subscribers	Demand	GOS B	Lines	BW (MHz)	Mbits dl	TD dB	Site
BS1	1	64	0.00	null	0.0	448.00	1.81	0	401
BS2	2	12	0.00	null	0.0	84.00	0.26	0	106
BS3	3	11	0.00	null	0.0	77.00	0.33	0	85
BS4	4	58	0.00	null	0.0	406.00	1.63	0	89
BS5	5	132	0.00	null	0.0	924.00	1.45	0	314
BS1 120	6	179	0.00	null	0.0	1253.00	1.86	0	401
BS1 240	7	158	0.00	null	0.0	1106.00	1.86	0	401
BS2 120	8	51	0.00	null	0.0	357.00	0.97	0	106
BS2 240	9	43	0.00	null	0.0	301.00	0.96	0	106
BS3 120	10	43	0.00	null	0.0	301.00	0.29	0	85
BS3 240	11	31	0.00	null	0.0	217.00	0.49	0	85
BS4 120	12	13	0.00	null	0.0	91.00	0.21	0	89
BS4 240	13	18	0.00	null	0.0	126.00	0.46	0	89
BS5 120	14	80	0.00	null	0.0	560.00	0.89	0	314
BS5 240	15	102	0.00	null	0.0	714.00	1.85	0	314

Total subscribers in database: 1500

Total subscribers on map: 1500

Total parented subscribers (base): 995 (66.33 pc)

Total parented subscribers (selection): 995 (66.33 pc)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

STATION TRAFFIC DIAGRAM

Angle (°)	Station	BST #	Subscribers	Demand (Mbits)
0	BS1	1	0	0.0000
5	BS1	1	0	0.0000
10	BS1	1	0	0.0000
15	BS1	1	1	0.0640
20	BS1	1	0	0.0000
25	BS1	1	0	0.0000
30	BS1	1	0	0.0000
35	BS1	1	0	0.0000
40	BS1	1	0	0.0000
45	BS1	1	0	0.0000
50	BS1	1	0	0.0000
55	BS1	1	0	0.0000
60	BS1	1	0	0.0000
65	BS1	1	0	0.0000
70	BS1	1	0	0.0000
75	BS1	1	0	0.0000
80	BS1	1	0	0.0000
85	BS1	1	0	0.0000
90	BS1	1	0	0.0000
95	BS1	1	0	0.0000
100	BS1	1	0	0.0000
105	BS1	1	0	0.0000
110	BS1	1	0	0.0000
115	BS1	1	0	0.0000
120	BS1	1	0	0.0000
125	BS1	1	0	0.0000
130	BS1	1	0	0.0000
135	BS1	1	0	0.0000
140	BS1	1	0	0.0000
145	BS1	1	0	0.0000
150	BS1	1	0	0.0000
155	BS1	1	0	0.0000
160	BS1	1	0	0.0000
165	BS1	1	0	0.0000
170	BS1	1	0	0.0000
175	BS1	1	0	0.0000
180	BS1	1	0	0.0000
185	BS1	1	0	0.0000
190	BS1	1	0	0.0000
195	BS1	1	0	0.0000
200	BS1	1	0	0.0000
205	BS1	1	0	0.0000
210	BS1	1	0	0.0000
215	BS1	1	0	0.0000
220	BS1	1	0	0.0000
225	BS1	1	0	0.0000
230	BS1	1	0	0.0000
235	BS1	1	0	0.0000
240	BS1	1	0	0.0000
245	BS1	1	0	0.0000
250	BS1	1	0	0.0000
255	BS1	1	0	0.0000
260	BS1	1	0	0.0000
265	BS1	1	0	0.0000
270	BS1	1	0	0.0000
275	BS1	1	0	0.0000
280	BS1	1	0	0.0000
285	BS1	1	0	0.0000
290	BS1	1	0	0.0000
295	BS1	1	0	0.0000
300	BS1	1	0	0.0000
305	BS1	1	0	0.0000
310	BS1	1	0	0.0000
315	BS1	1	0	0.0000
320	BS1	1	0	0.0000
325	BS1	1	0	0.0000
330	BS1	1	0	0.0000
335	BS1	1	0	0.0000
340	BS1	1	1	0.3840
345	BS1	1	0	0.0000
350	BS1	1	0	0.0000
355	BS1	1	0	0.0000
0	BS2	2	0	0.0000
5	BS2	2	0	0.0000
10	BS2	2	0	0.0000
15	BS2	2	0	0.0000
20	BS2	2	0	0.0000
25	BS2	2	0	0.0000
30	BS2	2	0	0.0000
35	BS2	2	0	0.0000
40	BS2	2	0	0.0000
45	BS2	2	0	0.0000
50	BS2	2	0	0.0000
55	BS2	2	0	0.0000
60	BS2	2	0	0.0000
65	BS2	2	0	0.0000
70	BS2	2	0	0.0000
75	BS2	2	0	0.0000
80	BS2	2	0	0.0000
85	BS2	2	0	0.0000
90	BS2	2	0	0.0000
95	BS2	2	0	0.0000
100	BS2	2	0	0.0000
105	BS2	2	0	0.0000
110	BS2	2	0	0.0000
115	BS2	2	0	0.0000
120	BS2	2	0	0.0000
125	BS2	2	0	0.0000
130	BS2	2	0	0.0000
135	BS2	2	0	0.0000
140	BS2	2	0	0.0000
145	BS2	2	0	0.0000
150	BS2	2	0	0.0000
155	BS2	2	0	0.0000
160	BS2	2	0	0.0000
165	BS2	2	0	0.0000

165	BS2	2	0	0.0000
170	BS2	2	0	0.0000
175	BS2	2	0	0.0000
180	BS2	2	0	0.0000
185	BS2	2	0	0.0000
190	BS2	2	0	0.0000
195	BS2	2	0	0.0000
200	BS2	2	0	0.0000
205	BS2	2	0	0.0000
210	BS2	2	0	0.0000
215	BS2	2	0	0.0000
220	BS2	2	0	0.0000
225	BS2	2	0	0.0000
230	BS2	2	0	0.0000
235	BS2	2	0	0.0000
240	BS2	2	0	0.0000
245	BS2	2	0	0.0000
250	BS2	2	0	0.0000
255	BS2	2	0	0.0000
260	BS2	2	0	0.0000
265	BS2	2	0	0.0000
270	BS2	2	0	0.0000
275	BS2	2	0	0.0000
280	BS2	2	0	0.0000
285	BS2	2	0	0.0000
290	BS2	2	0	0.0000
295	BS2	2	0	0.0000
300	BS2	2	0	0.0000
305	BS2	2	0	0.0000
310	BS2	2	0	0.0000
315	BS2	2	0	0.0000
320	BS2	2	0	0.0000
325	BS2	2	0	0.0000
330	BS2	2	0	0.0000
335	BS2	2	0	0.0000
340	BS2	2	0	0.0000
345	BS2	2	0	0.0000
350	BS2	2	0	0.0000
355	BS2	2	0	0.0000
0	BS3	3	0	0.0000
5	BS3	3	0	0.0000
10	BS3	3	0	0.0000
15	BS3	3	0	0.0000
20	BS3	3	0	0.0000
25	BS3	3	0	0.0000
30	BS3	3	0	0.0000
35	BS3	3	0	0.0000
40	BS3	3	0	0.0000
45	BS3	3	0	0.0000
50	BS3	3	0	0.0000
55	BS3	3	0	0.0000
60	BS3	3	0	0.0000
65	BS3	3	0	0.0000
70	BS3	3	0	0.0000
75	BS3	3	0	0.0000
80	BS3	3	0	0.0000
85	BS3	3	0	0.0000
90	BS3	3	0	0.0000
95	BS3	3	0	0.0000
100	BS3	3	0	0.0000
105	BS3	3	0	0.0000
110	BS3	3	0	0.0000
115	BS3	3	0	0.0000
120	BS3	3	0	0.0000
125	BS3	3	0	0.0000
130	BS3	3	0	0.0000
135	BS3	3	0	0.0000
140	BS3	3	0	0.0000
145	BS3	3	0	0.0000
150	BS3	3	0	0.0000
155	BS3	3	0	0.0000
160	BS3	3	0	0.0000
165	BS3	3	0	0.0000
170	BS3	3	0	0.0000
175	BS3	3	0	0.0000
180	BS3	3	0	0.0000
185	BS3	3	0	0.0000
190	BS3	3	0	0.0000
195	BS3	3	0	0.0000
200	BS3	3	0	0.0000
205	BS3	3	0	0.0000
210	BS3	3	0	0.0000
215	BS3	3	0	0.0000
220	BS3	3	0	0.0000
225	BS3	3	0	0.0000
230	BS3	3	0	0.0000
235	BS3	3	0	0.0000
240	BS3	3	0	0.0000
245	BS3	3	0	0.0000
250	BS3	3	0	0.0000
255	BS3	3	0	0.0000
260	BS3	3	0	0.0000
265	BS3	3	0	0.0000
270	BS3	3	0	0.0000
275	BS3	3	0	0.0000
280	BS3	3	0	0.0000
285	BS3	3	0	0.0000
290	BS3	3	0	0.0000
295	BS3	3	0	0.0000
300	BS3	3	0	0.0000
305	BS3	3	0	0.0000
310	BS3	3	0	0.0000
315	BS3	3	0	0.0000
320	BS3	3	0	0.0000
325	BS3	3	1	0.0640
330	BS3	3	0	0.0000
335	BS3	3	0	0.0000
340	BS3	3	0	0.0000
345	BS3	3	0	0.0000
350	BS3	3	0	0.0000
355	BS3	3	0	0.0000
0	BS4	4	0	0.0000
5	BS4	4	0	0.0000

5	BS4	4	0	0.0000
10	BS4	4	0	0.0000
15	BS4	4	0	0.0000
20	BS4	4	0	0.0000
25	BS4	4	0	0.0000
30	BS4	4	0	0.0000
35	BS4	4	0	0.0000
40	BS4	4	0	0.0000
45	BS4	4	0	0.0000
50	BS4	4	0	0.0000
55	BS4	4	0	0.0000
60	BS4	4	0	0.0000
65	BS4	4	0	0.0000
70	BS4	4	0	0.0000
75	BS4	4	0	0.0000
80	BS4	4	0	0.0000
85	BS4	4	0	0.0000
90	BS4	4	0	0.0000
95	BS4	4	0	0.0000
100	BS4	4	0	0.0000
105	BS4	4	0	0.0000
110	BS4	4	0	0.0000
115	BS4	4	0	0.0000
120	BS4	4	0	0.0000
125	BS4	4	0	0.0000
130	BS4	4	0	0.0000
135	BS4	4	0	0.0000
140	BS4	4	0	0.0000
145	BS4	4	0	0.0000
150	BS4	4	0	0.0000
155	BS4	4	0	0.0000
160	BS4	4	0	0.0000
165	BS4	4	0	0.0000
170	BS4	4	0	0.0000
175	BS4	4	0	0.0000
180	BS4	4	0	0.0000
185	BS4	4	0	0.0000
190	BS4	4	0	0.0000
195	BS4	4	0	0.0000
200	BS4	4	0	0.0000
205	BS4	4	0	0.0000
210	BS4	4	0	0.0000
215	BS4	4	0	0.0000
220	BS4	4	0	0.0000
225	BS4	4	0	0.0000
230	BS4	4	0	0.0000
235	BS4	4	0	0.0000
240	BS4	4	0	0.0000
245	BS4	4	0	0.0000
250	BS4	4	0	0.0000
255	BS4	4	0	0.0000
260	BS4	4	0	0.0000
265	BS4	4	0	0.0000
270	BS4	4	0	0.0000
275	BS4	4	0	0.0000
280	BS4	4	0	0.0000
285	BS4	4	0	0.0000
290	BS4	4	0	0.0000
295	BS4	4	0	0.0000
300	BS4	4	0	0.0000
305	BS4	4	0	0.0000
310	BS4	4	0	0.0000
315	BS4	4	0	0.0000
320	BS4	4	0	0.0000
325	BS4	4	0	0.0000
330	BS4	4	0	0.0000
335	BS4	4	0	0.0000
340	BS4	4	0	0.0000
345	BS4	4	0	0.0000
350	BS4	4	0	0.0000
355	BS4	4	0	0.0000
0	BS5	5	0	0.0000
5	BS5	5	0	0.0000
10	BS5	5	0	0.0000
15	BS5	5	0	0.0000
20	BS5	5	0	0.0000
25	BS5	5	0	0.0000
30	BS5	5	0	0.0000
35	BS5	5	0	0.0000
40	BS5	5	0	0.0000
45	BS5	5	0	0.0000
50	BS5	5	0	0.0000
55	BS5	5	0	0.0000
60	BS5	5	0	0.0000
65	BS5	5	0	0.0000
70	BS5	5	0	0.0000
75	BS5	5	0	0.0000
80	BS5	5	0	0.0000
85	BS5	5	0	0.0000
90	BS5	5	0	0.0000
95	BS5	5	0	0.0000
100	BS5	5	0	0.0000
105	BS5	5	0	0.0000
110	BS5	5	0	0.0000
115	BS5	5	0	0.0000
120	BS5	5	0	0.0000
125	BS5	5	0	0.0000
130	BS5	5	0	0.0000
135	BS5	5	0	0.0000
140	BS5	5	0	0.0000
145	BS5	5	0	0.0000
150	BS5	5	0	0.0000
155	BS5	5	0	0.0000
160	BS5	5	0	0.0000
165	BS5	5	0	0.0000
170	BS5	5	0	0.0000
175	BS5	5	0	0.0000
180	BS5	5	0	0.0000
185	BS5	5	0	0.0000
190	BS5	5	0	0.0000
195	BS5	5	0	0.0000
200	BS5	5	0	0.0000
205	BS5	5	0	0.0000

205	BS5	5	0	0.0000
210	BS5	5	0	0.0000
215	BS5	5	0	0.0000
220	BS5	5	0	0.0000
225	BS5	5	0	0.0000
230	BS5	5	0	0.0000
235	BS5	5	0	0.0000
240	BS5	5	0	0.0000
245	BS5	5	0	0.0000
250	BS5	5	0	0.0000
255	BS5	5	0	0.0000
260	BS5	5	0	0.0000
265	BS5	5	0	0.0000
270	BS5	5	0	0.0000
275	BS5	5	0	0.0000
280	BS5	5	0	0.0000
285	BS5	5	0	0.0000
290	BS5	5	0	0.0000
295	BS5	5	0	0.0000
300	BS5	5	0	0.0000
305	BS5	5	0	0.0000
310	BS5	5	0	0.0000
315	BS5	5	0	0.0000
320	BS5	5	2	0.4480
325	BS5	5	0	0.0000
330	BS5	5	0	0.0000
335	BS5	5	0	0.0000
340	BS5	5	0	0.0000
345	BS5	5	0	0.0000
350	BS5	5	0	0.0000
355	BS5	5	1	0.0640
0	BS1 120	6	0	0.0000
5	BS1 120	6	0	0.0000
10	BS1 120	6	0	0.0000
15	BS1 120	6	1	0.3840
20	BS1 120	6	1	0.0640
25	BS1 120	6	1	1.0000
30	BS1 120	6	0	0.0000
35	BS1 120	6	2	1.0640
40	BS1 120	6	0	0.0000
45	BS1 120	6	0	0.0000
50	BS1 120	6	1	1.0000
55	BS1 120	6	0	0.0000
60	BS1 120	6	0	0.0000
65	BS1 120	6	3	0.5120
70	BS1 120	6	0	0.0000
75	BS1 120	6	1	1.0000
80	BS1 120	6	4	1.8320
85	BS1 120	6	1	1.0000
90	BS1 120	6	6	1.3440
95	BS1 120	6	3	0.5120
100	BS1 120	6	5	1.2560
105	BS1 120	6	4	2.1280
110	BS1 120	6	1	0.0640
115	BS1 120	6	1	1.0000
120	BS1 120	6	5	1.5760
125	BS1 120	6	7	2.3200
130	BS1 120	6	0	0.0000
135	BS1 120	6	0	0.0000
140	BS1 120	6	0	0.0000
145	BS1 120	6	4	1.5120
150	BS1 120	6	1	0.3840
155	BS1 120	6	2	1.0640
160	BS1 120	6	1	0.0640
165	BS1 120	6	1	0.0640
170	BS1 120	6	0	0.0000
175	BS1 120	6	0	0.0000
180	BS1 120	6	0	0.0000
185	BS1 120	6	0	0.0000
190	BS1 120	6	0	0.0000
195	BS1 120	6	0	0.0000
200	BS1 120	6	0	0.0000
205	BS1 120	6	0	0.0000
210	BS1 120	6	0	0.0000
215	BS1 120	6	0	0.0000
220	BS1 120	6	0	0.0000
225	BS1 120	6	0	0.0000
230	BS1 120	6	0	0.0000
235	BS1 120	6	0	0.0000
240	BS1 120	6	0	0.0000
245	BS1 120	6	0	0.0000
250	BS1 120	6	0	0.0000
255	BS1 120	6	0	0.0000
260	BS1 120	6	0	0.0000
265	BS1 120	6	0	0.0000
270	BS1 120	6	0	0.0000
275	BS1 120	6	0	0.0000
280	BS1 120	6	0	0.0000
285	BS1 120	6	0	0.0000
290	BS1 120	6	0	0.0000
295	BS1 120	6	0	0.0000
300	BS1 120	6	0	0.0000
305	BS1 120	6	0	0.0000
310	BS1 120	6	0	0.0000
315	BS1 120	6	0	0.0000
320	BS1 120	6	0	0.0000
325	BS1 120	6	0	0.0000
330	BS1 120	6	0	0.0000
335	BS1 120	6	0	0.0000
340	BS1 120	6	0	0.0000
345	BS1 120	6	0	0.0000
350	BS1 120	6	0	0.0000
355	BS1 120	6	0	0.0000
0	BS1 240	7	0	0.0000
5	BS1 240	7	0	0.0000
10	BS1 240	7	0	0.0000
15	BS1 240	7	0	0.0000
20	BS1 240	7	0	0.0000
25	BS1 240	7	0	0.0000
30	BS1 240	7	0	0.0000
35	BS1 240	7	0	0.0000
40	BS1 240	7	0	0.0000
45	BS1 240	7	0	0.0000

45	BS1 240	7	0	0.0000
50	BS1 240	7	0	0.0000
55	BS1 240	7	0	0.0000
60	BS1 240	7	0	0.0000
65	BS1 240	7	0	0.0000
70	BS1 240	7	0	0.0000
75	BS1 240	7	0	0.0000
80	BS1 240	7	0	0.0000
85	BS1 240	7	0	0.0000
90	BS1 240	7	0	0.0000
95	BS1 240	7	0	0.0000
100	BS1 240	7	0	0.0000
105	BS1 240	7	0	0.0000
110	BS1 240	7	0	0.0000
115	BS1 240	7	0	0.0000
120	BS1 240	7	0	0.0000
125	BS1 240	7	0	0.0000
130	BS1 240	7	3	0.5120
135	BS1 240	7	2	0.4480
140	BS1 240	7	5	3.1520
145	BS1 240	7	2	1.3840
150	BS1 240	7	3	0.8320
155	BS1 240	7	7	3.2560
160	BS1 240	7	8	2.7040
165	BS1 240	7	4	1.2160
170	BS1 240	7	5	0.9600
175	BS1 240	7	3	1.1280
180	BS1 240	7	2	0.1280
185	BS1 240	7	0	0.0000
190	BS1 240	7	2	1.0640
195	BS1 240	7	1	0.0640
200	BS1 240	7	6	2.8960
205	BS1 240	7	5	2.5120
210	BS1 240	7	6	2.2800
215	BS1 240	7	2	0.4480
220	BS1 240	7	6	2.5760
225	BS1 240	7	8	2.0880
230	BS1 240	7	2	0.1280
235	BS1 240	7	8	2.1120
240	BS1 240	7	6	1.9600
245	BS1 240	7	5	1.8960
250	BS1 240	7	4	2.1280
255	BS1 240	7	5	1.8960
260	BS1 240	7	5	0.9600
265	BS1 240	7	10	1.8960
270	BS1 240	7	5	0.9600
275	BS1 240	7	3	0.5120
280	BS1 240	7	5	1.2800
285	BS1 240	7	5	1.8960
290	BS1 240	7	3	0.5120
295	BS1 240	7	0	0.0000
300	BS1 240	7	0	0.0000
305	BS1 240	7	0	0.0000
310	BS1 240	7	0	0.0000
315	BS1 240	7	0	0.0000
320	BS1 240	7	0	0.0000
325	BS1 240	7	0	0.0000
330	BS1 240	7	0	0.0000
335	BS1 240	7	0	0.0000
340	BS1 240	7	0	0.0000
345	BS1 240	7	1	0.0640
350	BS1 240	7	0	0.0000
355	BS1 240	7	0	0.0000
0	BS2 120	8	0	0.0000
5	BS2 120	8	0	0.0000
10	BS2 120	8	0	0.0000
15	BS2 120	8	0	0.0000
20	BS2 120	8	0	0.0000
25	BS2 120	8	0	0.0000
30	BS2 120	8	0	0.0000
35	BS2 120	8	0	0.0000
40	BS2 120	8	0	0.0000
45	BS2 120	8	0	0.0000
50	BS2 120	8	0	0.0000
55	BS2 120	8	0	0.0000
60	BS2 120	8	1	0.3840
65	BS2 120	8	0	0.0000
70	BS2 120	8	0	0.0000
75	BS2 120	8	0	0.0000
80	BS2 120	8	1	1.0000
85	BS2 120	8	3	0.5120
90	BS2 120	8	1	0.3840
95	BS2 120	8	0	0.0000
100	BS2 120	8	1	0.0640
105	BS2 120	8	0	0.0000
110	BS2 120	8	0	0.0000
115	BS2 120	8	1	0.3840
120	BS2 120	8	2	1.0640
125	BS2 120	8	2	1.0640
130	BS2 120	8	5	3.1520
135	BS2 120	8	7	4.5120
140	BS2 120	8	0	0.0000
145	BS2 120	8	0	0.0000
150	BS2 120	8	0	0.0000
155	BS2 120	8	2	0.1280
160	BS2 120	8	0	0.0000
165	BS2 120	8	0	0.0000
170	BS2 120	8	0	0.0000
175	BS2 120	8	0	0.0000
180	BS2 120	8	0	0.0000
185	BS2 120	8	0	0.0000
190	BS2 120	8	0	0.0000
195	BS2 120	8	0	0.0000
200	BS2 120	8	0	0.0000
205	BS2 120	8	0	0.0000
210	BS2 120	8	0	0.0000
215	BS2 120	8	0	0.0000
220	BS2 120	8	0	0.0000
225	BS2 120	8	0	0.0000
230	BS2 120	8	0	0.0000
235	BS2 120	8	0	0.0000
240	BS2 120	8	0	0.0000
245	BS2 120	8	0	0.0000

245	BS2 120	8	0	0.0000
250	BS2 120	8	0	0.0000
255	BS2 120	8	0	0.0000
260	BS2 120	8	0	0.0000
265	BS2 120	8	0	0.0000
270	BS2 120	8	0	0.0000
275	BS2 120	8	0	0.0000
280	BS2 120	8	0	0.0000
285	BS2 120	8	0	0.0000
290	BS2 120	8	0	0.0000
295	BS2 120	8	0	0.0000
300	BS2 120	8	0	0.0000
305	BS2 120	8	0	0.0000
310	BS2 120	8	0	0.0000
315	BS2 120	8	0	0.0000
320	BS2 120	8	0	0.0000
325	BS2 120	8	0	0.0000
330	BS2 120	8	0	0.0000
335	BS2 120	8	0	0.0000
340	BS2 120	8	0	0.0000
345	BS2 120	8	0	0.0000
350	BS2 120	8	0	0.0000
355	BS2 120	8	0	0.0000
0	BS2 240	9	0	0.0000
5	BS2 240	9	1	0.0640
10	BS2 240	9	0	0.0000
15	BS2 240	9	0	0.0000
20	BS2 240	9	0	0.0000
25	BS2 240	9	0	0.0000
30	BS2 240	9	0	0.0000
35	BS2 240	9	0	0.0000
40	BS2 240	9	0	0.0000
45	BS2 240	9	0	0.0000
50	BS2 240	9	0	0.0000
55	BS2 240	9	0	0.0000
60	BS2 240	9	0	0.0000
65	BS2 240	9	0	0.0000
70	BS2 240	9	0	0.0000
75	BS2 240	9	0	0.0000
80	BS2 240	9	0	0.0000
85	BS2 240	9	0	0.0000
90	BS2 240	9	0	0.0000
95	BS2 240	9	0	0.0000
100	BS2 240	9	0	0.0000
105	BS2 240	9	0	0.0000
110	BS2 240	9	0	0.0000
115	BS2 240	9	0	0.0000
120	BS2 240	9	0	0.0000
125	BS2 240	9	0	0.0000
130	BS2 240	9	0	0.0000
135	BS2 240	9	1	0.0640
140	BS2 240	9	0	0.0000
145	BS2 240	9	0	0.0000
150	BS2 240	9	0	0.0000
155	BS2 240	9	1	0.0640
160	BS2 240	9	3	0.8320
165	BS2 240	9	0	0.0000
170	BS2 240	9	0	0.0000
175	BS2 240	9	2	0.4480
180	BS2 240	9	1	0.3840
185	BS2 240	9	0	0.0000
190	BS2 240	9	1	0.3840
195	BS2 240	9	2	1.0640
200	BS2 240	9	3	1.4480
205	BS2 240	9	4	0.5760
210	BS2 240	9	0	0.0000
215	BS2 240	9	2	0.4480
220	BS2 240	9	0	0.0000
225	BS2 240	9	2	0.1280
230	BS2 240	9	2	1.0640
235	BS2 240	9	0	0.0000
240	BS2 240	9	0	0.0000
245	BS2 240	9	1	1.0000
250	BS2 240	9	0	0.0000
255	BS2 240	9	0	0.0000
260	BS2 240	9	0	0.0000
265	BS2 240	9	0	0.0000
270	BS2 240	9	0	0.0000
275	BS2 240	9	0	0.0000
280	BS2 240	9	0	0.0000
285	BS2 240	9	0	0.0000
290	BS2 240	9	0	0.0000
295	BS2 240	9	0	0.0000
300	BS2 240	9	0	0.0000
305	BS2 240	9	0	0.0000
310	BS2 240	9	0	0.0000
315	BS2 240	9	1	0.0640
320	BS2 240	9	0	0.0000
325	BS2 240	9	0	0.0000
330	BS2 240	9	0	0.0000
335	BS2 240	9	0	0.0000
340	BS2 240	9	0	0.0000
345	BS2 240	9	0	0.0000
350	BS2 240	9	1	0.3840
355	BS2 240	9	0	0.0000
0	BS3 120	10	0	0.0000
5	BS3 120	10	0	0.0000
10	BS3 120	10	0	0.0000
15	BS3 120	10	0	0.0000
20	BS3 120	10	0	0.0000
25	BS3 120	10	0	0.0000
30	BS3 120	10	2	0.7680
35	BS3 120	10	1	0.0640
40	BS3 120	10	0	0.0000
45	BS3 120	10	0	0.0000
50	BS3 120	10	0	0.0000
55	BS3 120	10	1	0.0640
60	BS3 120	10	0	0.0000
65	BS3 120	10	0	0.0000
70	BS3 120	10	0	0.0000
75	BS3 120	10	1	0.3840
80	BS3 120	10	0	0.0000
85	BS3 120	10	0	0.0000

85	BS3 120	10	0	0.0000
90	BS3 120	10	0	0.0000
95	BS3 120	10	0	0.0000
100	BS3 120	10	0	0.0000
105	BS3 120	10	0	0.0000
110	BS3 120	10	1	1.0000
115	BS3 120	10	0	0.0000
120	BS3 120	10	1	0.0640
125	BS3 120	10	1	0.0640
130	BS3 120	10	1	0.3840
135	BS3 120	10	3	1.1280
140	BS3 120	10	1	0.0640
145	BS3 120	10	4	1.1920
150	BS3 120	10	3	1.4480
155	BS3 120	10	2	0.1280
160	BS3 120	10	0	0.0000
165	BS3 120	10	0	0.0000
170	BS3 120	10	0	0.0000
175	BS3 120	10	0	0.0000
180	BS3 120	10	0	0.0000
185	BS3 120	10	0	0.0000
190	BS3 120	10	0	0.0000
195	BS3 120	10	0	0.0000
200	BS3 120	10	0	0.0000
205	BS3 120	10	0	0.0000
210	BS3 120	10	0	0.0000
215	BS3 120	10	0	0.0000
220	BS3 120	10	0	0.0000
225	BS3 120	10	0	0.0000
230	BS3 120	10	0	0.0000
235	BS3 120	10	0	0.0000
240	BS3 120	10	0	0.0000
245	BS3 120	10	0	0.0000
250	BS3 120	10	0	0.0000
255	BS3 120	10	0	0.0000
260	BS3 120	10	0	0.0000
265	BS3 120	10	0	0.0000
270	BS3 120	10	0	0.0000
275	BS3 120	10	0	0.0000
280	BS3 120	10	0	0.0000
285	BS3 120	10	0	0.0000
290	BS3 120	10	0	0.0000
295	BS3 120	10	0	0.0000
300	BS3 120	10	0	0.0000
305	BS3 120	10	0	0.0000
310	BS3 120	10	0	0.0000
315	BS3 120	10	0	0.0000
320	BS3 120	10	0	0.0000
325	BS3 120	10	0	0.0000
330	BS3 120	10	0	0.0000
335	BS3 120	10	0	0.0000
340	BS3 120	10	0	0.0000
345	BS3 120	10	0	0.0000
350	BS3 120	10	0	0.0000
355	BS3 120	10	0	0.0000
0	BS3 240	11	0	0.0000
5	BS3 240	11	0	0.0000
10	BS3 240	11	0	0.0000
15	BS3 240	11	0	0.0000
20	BS3 240	11	0	0.0000
25	BS3 240	11	0	0.0000
30	BS3 240	11	0	0.0000
35	BS3 240	11	0	0.0000
40	BS3 240	11	0	0.0000
45	BS3 240	11	0	0.0000
50	BS3 240	11	0	0.0000
55	BS3 240	11	0	0.0000
60	BS3 240	11	0	0.0000
65	BS3 240	11	0	0.0000
70	BS3 240	11	0	0.0000
75	BS3 240	11	0	0.0000
80	BS3 240	11	0	0.0000
85	BS3 240	11	0	0.0000
90	BS3 240	11	0	0.0000
95	BS3 240	11	0	0.0000
100	BS3 240	11	0	0.0000
105	BS3 240	11	0	0.0000
110	BS3 240	11	0	0.0000
115	BS3 240	11	0	0.0000
120	BS3 240	11	0	0.0000
125	BS3 240	11	0	0.0000
130	BS3 240	11	2	0.1280
135	BS3 240	11	0	0.0000
140	BS3 240	11	3	0.5120
145	BS3 240	11	5	1.8960
150	BS3 240	11	5	2.1920
155	BS3 240	11	6	1.9600
160	BS3 240	11	2	0.4480
165	BS3 240	11	2	0.4480
170	BS3 240	11	1	0.0640
175	BS3 240	11	0	0.0000
180	BS3 240	11	6	2.2800
185	BS3 240	11	0	0.0000
190	BS3 240	11	2	1.0640
195	BS3 240	11	3	2.3840
200	BS3 240	11	0	0.0000
205	BS3 240	11	0	0.0000
210	BS3 240	11	4	0.2560
215	BS3 240	11	1	0.3840
220	BS3 240	11	1	0.3840
225	BS3 240	11	0	0.0000
230	BS3 240	11	0	0.0000
235	BS3 240	11	0	0.0000
240	BS3 240	11	0	0.0000
245	BS3 240	11	0	0.0000
250	BS3 240	11	0	0.0000
255	BS3 240	11	1	0.0640
260	BS3 240	11	0	0.0000
265	BS3 240	11	1	1.0000
270	BS3 240	11	0	0.0000
275	BS3 240	11	0	0.0000
280	BS3 240	11	1	0.0640
285	BS3 240	11	1	0.3840

285	BS3 240	11	1	0.3840
290	BS3 240	11	1	1.0000
295	BS3 240	11	1	0.3840
300	BS3 240	11	1	0.0640
305	BS3 240	11	1	0.0640
310	BS3 240	11	1	1.0000
315	BS3 240	11	0	0.0000
320	BS3 240	11	0	0.0000
325	BS3 240	11	1	0.0640
330	BS3 240	11	0	0.0000
335	BS3 240	11	0	0.0000
340	BS3 240	11	0	0.0000
345	BS3 240	11	0	0.0000
350	BS3 240	11	0	0.0000
355	BS3 240	11	0	0.0000
0	BS4 120	12	0	0.0000
5	BS4 120	12	0	0.0000
10	BS4 120	12	0	0.0000
15	BS4 120	12	0	0.0000
20	BS4 120	12	0	0.0000
25	BS4 120	12	1	1.0000
30	BS4 120	12	0	0.0000
35	BS4 120	12	1	1.0000
40	BS4 120	12	1	1.0000
45	BS4 120	12	0	0.0000
50	BS4 120	12	0	0.0000
55	BS4 120	12	0	0.0000
60	BS4 120	12	0	0.0000
65	BS4 120	12	0	0.0000
70	BS4 120	12	0	0.0000
75	BS4 120	12	0	0.0000
80	BS4 120	12	0	0.0000
85	BS4 120	12	0	0.0000
90	BS4 120	12	0	0.0000
95	BS4 120	12	0	0.0000
100	BS4 120	12	0	0.0000
105	BS4 120	12	0	0.0000
110	BS4 120	12	0	0.0000
115	BS4 120	12	0	0.0000
120	BS4 120	12	0	0.0000
125	BS4 120	12	0	0.0000
130	BS4 120	12	0	0.0000
135	BS4 120	12	0	0.0000
140	BS4 120	12	0	0.0000
145	BS4 120	12	0	0.0000
150	BS4 120	12	0	0.0000
155	BS4 120	12	0	0.0000
160	BS4 120	12	0	0.0000
165	BS4 120	12	0	0.0000
170	BS4 120	12	0	0.0000
175	BS4 120	12	0	0.0000
180	BS4 120	12	0	0.0000
185	BS4 120	12	0	0.0000
190	BS4 120	12	0	0.0000
195	BS4 120	12	0	0.0000
200	BS4 120	12	0	0.0000
205	BS4 120	12	0	0.0000
210	BS4 120	12	0	0.0000
215	BS4 120	12	0	0.0000
220	BS4 120	12	0	0.0000
225	BS4 120	12	0	0.0000
230	BS4 120	12	0	0.0000
235	BS4 120	12	0	0.0000
240	BS4 120	12	0	0.0000
245	BS4 120	12	0	0.0000
250	BS4 120	12	0	0.0000
255	BS4 120	12	0	0.0000
260	BS4 120	12	0	0.0000
265	BS4 120	12	0	0.0000
270	BS4 120	12	0	0.0000
275	BS4 120	12	0	0.0000
280	BS4 120	12	0	0.0000
285	BS4 120	12	0	0.0000
290	BS4 120	12	0	0.0000
295	BS4 120	12	0	0.0000
300	BS4 120	12	0	0.0000
305	BS4 120	12	0	0.0000
310	BS4 120	12	0	0.0000
315	BS4 120	12	0	0.0000
320	BS4 120	12	0	0.0000
325	BS4 120	12	0	0.0000
330	BS4 120	12	0	0.0000
335	BS4 120	12	0	0.0000
340	BS4 120	12	0	0.0000
345	BS4 120	12	0	0.0000
350	BS4 120	12	0	0.0000
355	BS4 120	12	0	0.0000
0	BS4 240	13	0	0.0000
5	BS4 240	13	1	0.0640
10	BS4 240	13	0	0.0000
15	BS4 240	13	0	0.0000
20	BS4 240	13	0	0.0000
25	BS4 240	13	0	0.0000
30	BS4 240	13	1	0.3840
35	BS4 240	13	0	0.0000
40	BS4 240	13	0	0.0000
45	BS4 240	13	0	0.0000
50	BS4 240	13	0	0.0000
55	BS4 240	13	0	0.0000
60	BS4 240	13	0	0.0000
65	BS4 240	13	0	0.0000
70	BS4 240	13	0	0.0000
75	BS4 240	13	0	0.0000
80	BS4 240	13	0	0.0000
85	BS4 240	13	0	0.0000
90	BS4 240	13	0	0.0000
95	BS4 240	13	0	0.0000
100	BS4 240	13	0	0.0000
105	BS4 240	13	0	0.0000
110	BS4 240	13	0	0.0000
115	BS4 240	13	0	0.0000
120	BS4 240	13	0	0.0000
125	BS4 240	13	0	0.0000

125	BS4 240	13	0	0.0000
130	BS4 240	13	0	0.0000
135	BS4 240	13	0	0.0000
140	BS4 240	13	1	0.3840
145	BS4 240	13	0	0.0000
150	BS4 240	13	0	0.0000
155	BS4 240	13	0	0.0000
160	BS4 240	13	0	0.0000
165	BS4 240	13	0	0.0000
170	BS4 240	13	0	0.0000
175	BS4 240	13	0	0.0000
180	BS4 240	13	0	0.0000
185	BS4 240	13	0	0.0000
190	BS4 240	13	0	0.0000
195	BS4 240	13	0	0.0000
200	BS4 240	13	0	0.0000
205	BS4 240	13	0	0.0000
210	BS4 240	13	0	0.0000
215	BS4 240	13	0	0.0000
220	BS4 240	13	0	0.0000
225	BS4 240	13	0	0.0000
230	BS4 240	13	0	0.0000
235	BS4 240	13	0	0.0000
240	BS4 240	13	0	0.0000
245	BS4 240	13	0	0.0000
250	BS4 240	13	0	0.0000
255	BS4 240	13	0	0.0000
260	BS4 240	13	0	0.0000
265	BS4 240	13	0	0.0000
270	BS4 240	13	0	0.0000
275	BS4 240	13	0	0.0000
280	BS4 240	13	0	0.0000
285	BS4 240	13	0	0.0000
290	BS4 240	13	0	0.0000
295	BS4 240	13	1	0.0640
300	BS4 240	13	0	0.0000
305	BS4 240	13	1	1.0000
310	BS4 240	13	1	0.0640
315	BS4 240	13	0	0.0000
320	BS4 240	13	0	0.0000
325	BS4 240	13	0	0.0000
330	BS4 240	13	0	0.0000
335	BS4 240	13	0	0.0000
340	BS4 240	13	0	0.0000
345	BS4 240	13	0	0.0000
350	BS4 240	13	0	0.0000
355	BS4 240	13	0	0.0000
0	BS5 120	14	0	0.0000
5	BS5 120	14	3	0.1920
10	BS5 120	14	2	1.0640
15	BS5 120	14	5	1.2560
20	BS5 120	14	3	1.4480
25	BS5 120	14	4	1.5120
30	BS5 120	14	2	0.1280
35	BS5 120	14	2	0.4480
40	BS5 120	14	0	0.0000
45	BS5 120	14	0	0.0000
50	BS5 120	14	0	0.0000
55	BS5 120	14	0	0.0000
60	BS5 120	14	0	0.0000
65	BS5 120	14	0	0.0000
70	BS5 120	14	0	0.0000
75	BS5 120	14	5	2.5120
80	BS5 120	14	0	0.0000
85	BS5 120	14	6	1.6400
90	BS5 120	14	5	2.2160
95	BS5 120	14	8	1.7680
100	BS5 120	14	1	0.0640
105	BS5 120	14	1	1.0000
110	BS5 120	14	0	0.0000
115	BS5 120	14	2	0.4480
120	BS5 120	14	0	0.0000
125	BS5 120	14	0	0.0000
130	BS5 120	14	1	1.0000
135	BS5 120	14	1	1.0000
140	BS5 120	14	1	1.0000
145	BS5 120	14	0	0.0000
150	BS5 120	14	0	0.0000
155	BS5 120	14	0	0.0000
160	BS5 120	14	0	0.0000
165	BS5 120	14	0	0.0000
170	BS5 120	14	0	0.0000
175	BS5 120	14	0	0.0000
180	BS5 120	14	0	0.0000
185	BS5 120	14	0	0.0000
190	BS5 120	14	0	0.0000
195	BS5 120	14	0	0.0000
200	BS5 120	14	0	0.0000
205	BS5 120	14	0	0.0000
210	BS5 120	14	0	0.0000
215	BS5 120	14	0	0.0000
220	BS5 120	14	0	0.0000
225	BS5 120	14	0	0.0000
230	BS5 120	14	0	0.0000
235	BS5 120	14	0	0.0000
240	BS5 120	14	0	0.0000
245	BS5 120	14	0	0.0000
250	BS5 120	14	0	0.0000
255	BS5 120	14	0	0.0000
260	BS5 120	14	0	0.0000
265	BS5 120	14	0	0.0000
270	BS5 120	14	0	0.0000
275	BS5 120	14	0	0.0000
280	BS5 120	14	0	0.0000
285	BS5 120	14	0	0.0000
290	BS5 120	14	0	0.0000
295	BS5 120	14	0	0.0000
300	BS5 120	14	0	0.0000
305	BS5 120	14	0	0.0000
310	BS5 120	14	0	0.0000
315	BS5 120	14	0	0.0000
320	BS5 120	14	0	0.0000
325	BS5 120	14	0	0.0000

325	BS5 120	14	0	0.0000
330	BS5 120	14	0	0.0000
335	BS5 120	14	0	0.0000
340	BS5 120	14	0	0.0000
345	BS5 120	14	0	0.0000
350	BS5 120	14	0	0.0000
355	BS5 120	14	0	0.0000
0	BS5 240	15	2	0.1280
5	BS5 240	15	0	0.0000
10	BS5 240	15	0	0.0000
15	BS5 240	15	0	0.0000
20	BS5 240	15	0	0.0000
25	BS5 240	15	0	0.0000
30	BS5 240	15	0	0.0000
35	BS5 240	15	0	0.0000
40	BS5 240	15	0	0.0000
45	BS5 240	15	0	0.0000
50	BS5 240	15	0	0.0000
55	BS5 240	15	0	0.0000
60	BS5 240	15	0	0.0000
65	BS5 240	15	0	0.0000
70	BS5 240	15	0	0.0000
75	BS5 240	15	0	0.0000
80	BS5 240	15	0	0.0000
85	BS5 240	15	0	0.0000
90	BS5 240	15	0	0.0000
95	BS5 240	15	1	1.0000
100	BS5 240	15	0	0.0000
105	BS5 240	15	0	0.0000
110	BS5 240	15	0	0.0000
115	BS5 240	15	1	1.0000
120	BS5 240	15	1	0.0640
125	BS5 240	15	1	1.0000
130	BS5 240	15	1	1.0000
135	BS5 240	15	2	1.3840
140	BS5 240	15	1	0.3840
145	BS5 240	15	3	0.8320
150	BS5 240	15	6	1.0240
155	BS5 240	15	1	0.3840
160	BS5 240	15	0	0.0000
165	BS5 240	15	3	1.4480
170	BS5 240	15	1	1.0000
175	BS5 240	15	2	0.7680
180	BS5 240	15	3	1.7680
185	BS5 240	15	0	0.0000
190	BS5 240	15	6	3.5120
195	BS5 240	15	0	0.0000
200	BS5 240	15	3	2.0640
205	BS5 240	15	1	0.0640
210	BS5 240	15	4	3.0640
215	BS5 240	15	2	1.3840
220	BS5 240	15	0	0.0000
225	BS5 240	15	1	0.3840
230	BS5 240	15	1	0.3840
235	BS5 240	15	1	1.0000
240	BS5 240	15	3	1.1280
245	BS5 240	15	2	1.0640
250	BS5 240	15	3	1.4480
255	BS5 240	15	3	1.4480
260	BS5 240	15	6	2.6000
265	BS5 240	15	5	2.5120
270	BS5 240	15	0	0.0000
275	BS5 240	15	2	0.1280
280	BS5 240	15	0	0.0000
285	BS5 240	15	1	0.3840
290	BS5 240	15	0	0.0000
295	BS5 240	15	1	0.0640
300	BS5 240	15	2	0.7680
305	BS5 240	15	6	1.9600
310	BS5 240	15	6	2.2560
315	BS5 240	15	12	2.6880
320	BS5 240	15	3	1.4480
325	BS5 240	15	3	0.1920
330	BS5 240	15	2	0.4480
335	BS5 240	15	4	1.8320
340	BS5 240	15	8	2.0880
345	BS5 240	15	7	1.0880
350	BS5 240	15	3	0.5120
355	BS5 240	15	1	0.3840

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

STATION TRAFFIC - Parented subscribers

BST	Ref. mod.	Ref cap DL	Ref cap UL	Demand DL	Demand UL	OSR DL	OSR UL	CPE(s)	CPE ratio
(#)		(Mbits/s)	(Mbits/s)	(Mbits/s)	(Mbits/s)	(ratio)	(ratio)	(nb)	(%)
BS1	1	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.06	0.03	0.03:1	2	0.38
BS3	3	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.01	0.01	0.00:1	1	0.19
BS5	5	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.07	0.03	0.04:1	3	0.57
BS1	6	BFSK 1/2	1.88	0.97	3.08	1.15	1.64:1	56	10.57
BS1	7	BFSK 1/2	1.88	0.97	6.94	2.63	3.69:1	147	27.74
BS2	8	BFSK 1/2	1.88	0.97	1.87	0.66	0.99:1	26	4.91
BS2	9	BFSK 1/2	1.88	0.97	1.21	0.47	0.65:1	28	5.28
BS3	10	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.97	0.38	0.52:1	22	4.15
BS3	11	BFSK 1/2	1.88	0.97	2.69	1.01	1.43:1	53	10.00
BS4	12	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.45	0.15	0.24:1	3	0.57
BS4	13	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.28	0.11	0.15:1	6	1.13
BS5	14	BFSK 1/2	1.88	0.97	2.71	1.03	1.44:1	52	9.81
BS5	15	BFSK 1/2	1.88	0.97	7.54	2.75	4.01:1	131	24.72

Sector	Callsign	Modulation	Traffic DL	Traffic UL	Traffic DL raw	Traffic UL raw	CPE DL	CPE UL
(#)			(Mbits/s)	(Mbits/s)	(Mbits/s)	(Mbits/s)	(nb)	(nb)
1	BS1	64-QAM 2/3 M3	0.00	0.00	0.00	0.03	0	2
1	BS1	64-QAM 3/4	0.01	0.00	0.06	0.00	2	0
3	BS3	QPSK 1/2	0.00	0.00	0.00	0.01	0	1
3	BS3	64-QAM 3/4	0.00	0.00	0.01	0.00	1	0
5	BS5	QPSK 3/4	0.00	0.00	0.00	0.01	0	1
5	BS5	64-QAM 3/4	0.01	0.00	0.07	0.01	3	1
5	BS5	BFSK 1/2	0.00	0.02	0.00	0.02	0	1
6	BS1 120	QPSK 1/2	0.00	0.04	0.00	0.06	0	4
6	BS1 120	QPSK 3/4	0.00	0.09	0.00	0.18	0	5
6	BS1 120	16-QAM 1/2 M1	0.00	0.02	0.00	0.06	0	2
6	BS1 120	16-QAM 3/4	0.00	0.02	0.00	0.08	0	4
6	BS1 120	64-QAM 2/3 M3	0.00	0.03	0.00	0.17	0	9
6	BS1 120	64-QAM 3/4	0.37	0.06	3.08	0.47	56	25
6	BS1 120	BFSK 1/2	0.00	0.13	0.00	0.13	0	7
7	BS1 240	QPSK 1/2	0.00	0.15	0.00	0.23	0	10
7	BS1 240	QPSK 3/4	0.00	0.06	0.00	0.13	0	7
7	BS1 240	16-QAM 1/2 M1	0.00	0.23	0.00	0.71	0	31
7	BS1 240	16-QAM 3/4	0.08	0.07	0.32	0.29	4	19
7	BS1 240	64-QAM 2/3 M3	0.05	0.07	0.32	0.41	4	21
7	BS1 240	64-QAM 3/4	0.75	0.08	6.29	0.67	139	48
7	BS1 240	BFSK 1/2	0.00	0.19	0.00	0.19	0	11
8	BS2 120	QPSK 1/2	0.00	0.07	0.00	0.11	0	3
8	BS2 120	QPSK 3/4	0.00	0.00	0.00	0.01	0	1
8	BS2 120	16-QAM 1/2 M1	0.00	0.09	0.00	0.28	0	10
8	BS2 120	16-QAM 3/4	0.00	0.03	0.00	0.11	0	5
8	BS2 120	64-QAM 2/3 M3	0.00	0.00	0.00	0.02	0	1
8	BS2 120	64-QAM 3/4	0.22	0.01	1.87	0.07	26	2
8	BS2 120	BFSK 1/2	0.00	0.07	0.00	0.07	0	4
9	BS2 240	QPSK 1/2	0.04	0.03	0.06	0.05	2	4
9	BS2 240	QPSK 3/4	0.03	0.04	0.06	0.08	1	3
9	BS2 240	16-QAM 1/2 M1	0.04	0.04	0.12	0.12	3	9
9	BS2 240	16-QAM 3/4	0.01	0.00	0.06	0.01	1	1
9	BS2 240	64-QAM 2/3 M3	0.03	0.00	0.16	0.01	2	1
9	BS2 240	64-QAM 3/4	0.09	0.02	0.75	0.13	18	4
9	BS2 240	BFSK 1/2	0.01	0.08	0.01	0.08	1	6
10	BS3 120	QPSK 1/2	0.00	0.01	0.00	0.02	0	3
10	BS3 120	QPSK 3/4	0.00	0.06	0.00	0.12	0	5
10	BS3 120	16-QAM 1/2 M1	0.00	0.03	0.00	0.10	0	7
10	BS3 120	16-QAM 3/4	0.00	0.00	0.00	0.01	0	1
10	BS3 120	64-QAM 2/3 M3	0.00	0.00	0.00	0.02	0	1
10	BS3 120	64-QAM 3/4	0.12	0.01	0.97	0.09	22	3
10	BS3 120	BFSK 1/2	0.00	0.03	0.00	0.03	0	2
11	BS3 240	QPSK 1/2	0.00	0.10	0.00	0.14	0	7
11	BS3 240	QPSK 3/4	0.00	0.03	0.00	0.05	0	6
11	BS3 240	16-QAM 1/2 M1	0.00	0.05	0.00	0.14	0	9
11	BS3 240	16-QAM 3/4	0.04	0.04	0.16	0.16	2	8
11	BS3 240	64-QAM 2/3 M3	0.01	0.02	0.06	0.12	2	3
11	BS3 240	64-QAM 3/4	0.30	0.03	2.46	0.29	48	15
11	BS3 240	BFSK 1/2	0.01	0.10	0.01	0.10	1	5
12	BS4 120	QPSK 3/4	0.00	0.02	0.00	0.05	0	1
12	BS4 120	16-QAM 3/4	0.00	0.01	0.00	0.05	0	1
12	BS4 120	64-QAM 2/3 M3	0.00	0.01	0.00	0.05	0	1
12	BS4 120	64-QAM 3/4	0.05	0.00	0.45	0.00	3	0
13	BS4 240	16-QAM 1/2 M1	0.02	0.00	0.06	0.01	1	1
13	BS4 240	16-QAM 3/4	0.00	0.00	0.01	0.00	1	0
13	BS4 240	64-QAM 3/4	0.03	0.01	0.22	0.08	4	4
13	BS4 240	BFSK 1/2	0.00	0.02	0.00	0.02	0	1
14	BS5 120	QPSK 1/2	0.08	0.13	0.12	0.19	2	10
14	BS5 120	QPSK 3/4	0.03	0.05	0.06	0.11	1	3
14	BS5 120	16-QAM 1/2 M1	0.15	0.02	0.45	0.06	8	3
14	BS5 120	16-QAM 3/4	0.10	0.03	0.38	0.11	7	7
14	BS5 120	64-QAM 2/3 M3	0.05	0.04	0.32	0.23	5	7
14	BS5 120	64-QAM 3/4	0.17	0.03	1.39	0.27	29	15
14	BS5 120	BFSK 1/2	0.00	0.06	0.00	0.06	0	7
15	BS5 240	QPSK 1/2	0.00	0.08	0.00	0.13	0	9
15	BS5 240	QPSK 3/4	0.00	0.03	0.00	0.06	0	6
15	BS5 240	16-QAM 1/2 M1	0.06	0.12	0.19	0.35	5	18
15	BS5 240	16-QAM 3/4	0.00	0.06	0.01	0.22	2	11
15	BS5 240	64-QAM 2/3 M3	0.05	0.05	0.27	0.27	3	14
15	BS5 240	64-QAM 3/4	0.84	0.17	7.02	1.44	120	62
15	BS5 240	BFSK 1/2	0.06	0.28	0.06	0.28	1	11

Modulation	Total CPE DL	Total CPE UL	Global CPE DL ratio	Global CPE UL ratio
	(nb)	(nb)	(%)	(%)
QPSK 1/2	4	51	0.75	9.62
QPSK 3/4	2	38	0.38	7.17
16-QAM 1/2 M1	17	90	3.21	16.98
16-QAM 3/4	17	57	3.21	10.75
64-QAM 2/3 M3	16	60	3.02	11.32
64-QAM 3/4	471	179	88.87	33.77
BFSK 1/2	3	55	0.57	10.38

Sector	Callsign	Mean capacity DL	Mean capacity UL	Mean capacity DL+UL
(#)		(Mbits/s)	(Mbits/s)	(Mbits/s)
1	BS1	15.67	5.71	10.69
3	BS3	15.67	1.47	8.57
5	BS5	15.67	3.66	9.67
6	BS1 120	15.67	5.31	10.49
7	BS1 240	15.32	4.84	10.08

7	BS1 240	15.32	4.84	10.08
8	BS2 120	15.67	3.11	9.39
9	BS2 240	12.15	3.07	7.61
10	BS3 120	15.67	3.20	9.43
11	BS3 240	14.93	4.20	9.56
12	BS4 120	15.67	3.84	9.75
13	BS4 240	12.65	6.04	9.34
14	BS5 120	11.87	4.32	8.09
15	BS5 240	14.95	5.44	10.19

Total parented subscribers on map: 530 - Total connected: 530

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ

SUBSCRIBER INTERFERENCE from STATIONS

TD and I/N: non-parent cx

Sub #	Call-sign	Subscriber	Rx Frequency	I/N (dB)	TD (dB)
1	orphan	adr1	3477.00000	-102.00	0.00
2	orphan	adr2	3470.00000	-102.00	0.00
3	orphan	adr3	3470.00000	-102.00	0.00
4	orphan	adr4	3470.00000	-102.00	0.00
5	orphan	adr5	3477.00000	-102.00	0.00
6	BS1	adr6	3470.00000	-26.07	0.01
7	orphan	adr7	3370.00000	-102.00	0.00
8	orphan	adr8	3370.00000	-102.00	0.00
9	BS1 120	adr9	3498.00000	-13.31	0.20
10	orphan	adr10	3370.00000	-102.00	0.00
11	orphan	adr11	3370.00000	-102.00	0.00
12	orphan	adr12	3370.00000	-102.00	0.00
13	orphan	adr13	3470.00000	-102.00	0.00
14	orphan	adr14	3370.00000	-102.00	0.00
15	orphan	adr15	3370.00000	-102.00	0.00
16	orphan	adr16	3470.00000	-102.00	0.00
17	orphan	adr17	3470.00000	-102.00	0.00
18	orphan	adr18	3370.00000	-102.00	0.00
19	orphan	adr19	3370.00000	-102.00	0.00
20	orphan	adr20	3370.00000	-102.00	0.00
21	orphan	adr21	3470.00000	-102.00	0.00
22	orphan	adr22	3477.00000	-102.00	0.00
23	orphan	adr23	3370.00000	-102.00	0.00
24	orphan	adr24	3512.00000	-102.00	0.00
25	BS3 240	adr25	3477.00000	29.24	29.25
26	orphan	adr26	3370.00000	-102.00	0.00
27	orphan	adr27	3470.00000	-102.00	0.00
28	BS3	adr28	3484.00000	-3.97	1.46
29	orphan	adr29	3370.00000	-102.00	0.00
30	orphan	adr30	3370.00000	-102.00	0.00
31	orphan	adr31	3477.00000	-102.00	0.00
32	orphan	adr32	3477.00000	-102.00	0.00
33	BS3 240	adr33	3477.00000	39.71	39.71
34	orphan	adr34	3470.00000	-102.00	0.00
35	orphan	adr35	3512.00000	-102.00	0.00
36	orphan	adr36	3370.00000	-102.00	0.00
37	BS2 240	adr37	3498.00000	16.60	16.69
38	BS2 240	adr38	3498.00000	-1.21	2.45
39	BS2 120	adr39	3512.00000	-25.51	0.01
40	orphan	adr40	3370.00000	-102.00	0.00
41	orphan	adr41	3370.00000	-102.00	0.00
42	orphan	adr42	3370.00000	-102.00	0.00
43	orphan	adr43	3370.00000	-102.00	0.00
44	BS3 240	adr44	3477.00000	21.50	21.53
45	orphan	adr45	3370.00000	-102.00	0.00
46	orphan	adr46	3470.00000	-102.00	0.00
47	BS2 120	adr47	3512.00000	-14.48	0.15
48	orphan	adr48	3512.00000	-102.00	0.00
49	orphan	adr49	3370.00000	-102.00	0.00
50	orphan	adr50	3484.00000	-102.00	0.00
51	orphan	adr51	3512.00000	-102.00	0.00
52	orphan	adr52	3370.00000	-102.00	0.00
53	orphan	adr53	3370.00000	-102.00	0.00
54	BS1 240	adr54	3505.00000	-4.00	1.46
55	orphan	adr55	3370.00000	-102.00	0.00
56	orphan	adr56	3370.00000	-102.00	0.00
57	orphan	adr57	3498.00000	-102.00	0.00
58	orphan	adr58	3370.00000	-102.00	0.00
59	orphan	adr59	3470.00000	-102.00	0.00
60	orphan	adr60	3370.00000	-102.00	0.00
61	orphan	adr61	3370.00000	-102.00	0.00
62	orphan	adr62	3370.00000	-102.00	0.00
63	orphan	adr63	3491.00000	-102.00	0.00
64	orphan	adr64	3370.00000	-102.00	0.00
65	orphan	adr65	3370.00000	-102.00	0.00
66	orphan	adr66	3370.00000	-102.00	0.00
67	orphan	adr67	3370.00000	-102.00	0.00
68	orphan	adr68	3470.00000	-102.00	0.00
69	orphan	adr69	3512.00000	-102.00	0.00
70	orphan	adr70	3370.00000	-102.00	0.00
71	BS3 120	adr71	3505.00000	5.11	6.28
72	orphan	adr72	3370.00000	-102.00	0.00
73	orphan	adr73	3370.00000	-102.00	0.00
74	orphan	adr74	3370.00000	-102.00	0.00
75	orphan	adr75	3370.00000	-102.00	0.00
76	orphan	adr76	3498.00000	-102.00	0.00
77	BS1 240	adr77	3505.00000	-19.70	0.05
78	orphan	adr78	3470.00000	-102.00	0.00
79	orphan	adr79	3370.00000	-102.00	0.00
80	orphan	adr80	3370.00000	-102.00	0.00
81	orphan	adr81	3370.00000	-102.00	0.00
82	orphan	adr82	3370.00000	-102.00	0.00
83	orphan	adr83	3498.00000	-102.00	0.00
84	orphan	adr84	3370.00000	-102.00	0.00
85	BS2 240	adr85	3498.00000	1.52	3.84
86	BS3 120	adr86	3505.00000	14.74	14.89
87	orphan	adr87	3370.00000	-102.00	0.00
88	orphan	adr88	3370.00000	-102.00	0.00
89	orphan	adr89	3370.00000	-102.00	0.00
90	orphan	adr90	3370.00000	-102.00	0.00
91	orphan	adr91	3370.00000	-102.00	0.00
92	orphan	adr92	3470.00000	-102.00	0.00
93	BS1 120	adr93	3498.00000	-14.31	0.16
94	BS1 240	adr94	3505.00000	14.67	14.81
95	BS2 120	adr95	3512.00000	13.76	13.94
96	orphan	adr96	3470.00000	-102.00	0.00
97	orphan	adr97	3370.00000	-102.00	0.00
98	orphan	adr98	3484.00000	-102.00	0.00
99	orphan	adr99	3370.00000	-102.00	0.00
100	BS3 240	adr100	3477.00000	10.82	11.17
101	orphan	adr101	3370.00000	-102.00	0.00

101	orphan	adr101	3370.00000	-102.00	0.00
102	orphan	adr102	3370.00000	-102.00	0.00
103	orphan	adr103	3505.00000	-102.00	0.00
104	orphan	adr104	3498.00000	-102.00	0.00
105	orphan	adr105	3370.00000	-102.00	0.00
106	orphan	adr106	3370.00000	-102.00	0.00
107	orphan	adr107	3370.00000	-102.00	0.00
108	orphan	adr108	3370.00000	-102.00	0.00
109	orphan	adr109	3370.00000	-102.00	0.00
110	orphan	adr110	3370.00000	-102.00	0.00
111	orphan	adr111	3491.00000	-102.00	0.00
112	orphan	adr112	3370.00000	-102.00	0.00
113	orphan	adr113	3370.00000	-102.00	0.00
114	orphan	adr114	3505.00000	-102.00	0.00
115	orphan	adr115	3498.00000	-102.00	0.00
116	orphan	adr116	3370.00000	-102.00	0.00
117	orphan	adr117	3512.00000	-102.00	0.00
118	orphan	adr118	3484.00000	-102.00	0.00
119	orphan	adr119	3370.00000	-102.00	0.00
120	orphan	adr120	3505.00000	-102.00	0.00
121	orphan	adr121	3370.00000	-102.00	0.00
122	orphan	adr122	3505.00000	-102.00	0.00
123	orphan	adr123	3470.00000	-102.00	0.00
124	orphan	adr124	3370.00000	-102.00	0.00
125	orphan	adr125	3370.00000	-102.00	0.00
126	orphan	adr126	3370.00000	-102.00	0.00
127	BS2 240	adr127	3498.00000	11.17	11.49
128	orphan	adr128	3370.00000	-102.00	0.00
129	orphan	adr129	3470.00000	-102.00	0.00
130	BS2 240	adr130	3498.00000	11.15	11.48
131	orphan	adr131	3370.00000	-102.00	0.00
132	BS5 120	adr132	3505.00000	-4.36	1.36
133	orphan	adr133	3470.00000	-102.00	0.00
134	orphan	adr134	3370.00000	-102.00	0.00
135	orphan	adr135	3505.00000	-102.00	0.00
136	orphan	adr136	3370.00000	-102.00	0.00
137	orphan	adr137	3370.00000	-102.00	0.00
138	orphan	adr138	3477.00000	-102.00	0.00
139	orphan	adr139	3370.00000	-102.00	0.00
140	orphan	adr140	3491.00000	-102.00	0.00
141	BS1 240	adr141	3505.00000	13.62	13.81
142	BS1 240	adr142	3505.00000	-15.15	0.13
143	orphan	adr143	3505.00000	-102.00	0.00
144	orphan	adr144	3491.00000	-102.00	0.00
145	BS3 240	adr145	3477.00000	-3.36	1.65
146	orphan	adr146	3498.00000	-102.00	0.00
147	orphan	adr147	3498.00000	-102.00	0.00
148	orphan	adr148	3491.00000	-102.00	0.00
149	orphan	adr149	3370.00000	-102.00	0.00
150	orphan	adr150	3505.00000	-102.00	0.00
151	BS1 240	adr151	3505.00000	-11.67	0.29
152	BS1 120	adr152	3498.00000	-15.52	0.12
153	orphan	adr153	3491.00000	-102.00	0.00
154	orphan	adr154	3498.00000	-102.00	0.00
155	BS1 240	adr155	3505.00000	17.24	17.32
156	BS2 240	adr156	3498.00000	10.61	10.97
157	orphan	adr157	3498.00000	-102.00	0.00
158	orphan	adr158	3491.00000	-102.00	0.00
159	orphan	adr159	3370.00000	-102.00	0.00
160	BS1 120	adr160	3498.00000	-17.80	0.07
161	orphan	adr161	3491.00000	-102.00	0.00
162	BS1 240	adr162	3505.00000	10.92	11.26
163	orphan	adr163	3370.00000	-102.00	0.00
164	BS5 120	adr164	3505.00000	16.98	17.07
165	BS1 240	adr165	3505.00000	-12.31	0.25
166	orphan	adr166	3370.00000	-102.00	0.00
167	orphan	adr167	3498.00000	-102.00	0.00
168	BS5 240	adr168	3470.00000	-16.70	0.09
169	BS5 120	adr169	3505.00000	24.21	24.22
170	orphan	adr170	3498.00000	-102.00	0.00
171	orphan	adr171	3498.00000	-102.00	0.00
172	orphan	adr172	3498.00000	-102.00	0.00
173	orphan	adr173	3477.00000	-102.00	0.00
174	BS5 240	adr174	3470.00000	1.09	3.59
175	orphan	adr175	3370.00000	-102.00	0.00
176	orphan	adr176	3491.00000	-102.00	0.00
177	BS3 240	adr177	3477.00000	0.15	3.09
178	orphan	adr178	3491.00000	-102.00	0.00
179	BS1 120	adr179	3498.00000	-7.12	0.77
180	BS5	adr180	3491.00000	-19.73	0.05
181	orphan	adr181	3498.00000	-102.00	0.00
182	orphan	adr182	3505.00000	-102.00	0.00
183	orphan	adr183	3505.00000	-102.00	0.00
184	BS5 240	adr184	3470.00000	29.23	29.23
185	BS1 240	adr185	3505.00000	-15.92	0.11
186	orphan	adr186	3505.00000	-102.00	0.00
187	orphan	adr187	3477.00000	-102.00	0.00
188	orphan	adr188	3370.00000	-102.00	0.00
189	BS3 240	adr189	3477.00000	9.65	10.10
190	orphan	adr190	3370.00000	-102.00	0.00
191	orphan	adr191	3512.00000	-102.00	0.00
192	orphan	adr192	3498.00000	-102.00	0.00
193	BS5 120	adr193	3505.00000	-1.83	2.19
194	orphan	adr194	3512.00000	-102.00	0.00
195	BS1 240	adr195	3505.00000	-4.34	1.36
196	BS3 240	adr196	3477.00000	-4.37	1.35
197	BS1 240	adr197	3505.00000	-11.68	0.29
198	BS5 120	adr198	3505.00000	27.55	27.56
199	orphan	adr199	3370.00000	-102.00	0.00
200	orphan	adr200	3498.00000	-102.00	0.00
201	BS1 120	adr201	3498.00000	-14.62	0.15
202	BS1 240	adr202	3505.00000	-13.96	0.17
203	BS5 120	adr203	3505.00000	28.23	28.24
204	BS1 240	adr204	3505.00000	-0.03	3.00
205	orphan	adr205	3505.00000	-102.00	0.00
206	orphan	adr206	3505.00000	-102.00	0.00
207	orphan	adr207	3491.00000	-102.00	0.00
208	BS1 240	adr208	3505.00000	1.50	3.83
209	BS5 120	adr209	3505.00000	-4.24	1.39
210	orphan	adr210	3477.00000	-102.00	0.00
211	BS1 240	adr211	3505.00000	-3.55	1.59
212	BS5 240	adr212	3470.00000	28.07	28.08
213	BS3 240	adr213	3477.00000	-13.08	0.21

213	BS3 240	adr213	3477.00000	-13.08	0.21
214	BS1 120	adr214	3498.00000	-10.38	0.38
215	BS1 120	adr215	3498.00000	-9.28	0.48
216	BS1 240	adr216	3505.00000	-16.70	0.09
217	orphan	adr217	3491.00000	-102.00	0.00
218	BS1 240	adr218	3505.00000	-3.73	1.53
219	BS5 120	adr219	3505.00000	-1.25	2.43
220	orphan	adr220	3477.00000	-102.00	0.00
221	BS5 240	adr221	3470.00000	26.75	26.76
222	BS1 120	adr222	3498.00000	-11.10	0.32
223	BS1 240	adr223	3505.00000	-11.46	0.30
224	orphan	adr224	3505.00000	-102.00	0.00
225	BS5 120	adr225	3505.00000	-4.40	1.35
226	BS1 240	adr226	3505.00000	-14.63	0.15
227	BS1 120	adr227	3498.00000	-1.34	2.39
228	BS3 240	adr228	3477.00000	-2.08	2.09
229	BS5 240	adr229	3470.00000	16.76	16.85
230	orphan	adr230	3505.00000	-102.00	0.00
231	BS1 240	adr231	3505.00000	-10.54	0.37
232	orphan	adr232	3512.00000	-102.00	0.00
233	BS1 240	adr233	3505.00000	-9.97	0.42
234	BS3 120	adr234	3505.00000	6.72	7.55
235	orphan	adr235	3491.00000	-102.00	0.00
236	BS1 120	adr236	3498.00000	0.83	3.44
237	orphan	adr237	3370.00000	-102.00	0.00
238	BS2 240	adr238	3498.00000	-3.14	1.72
239	BS1 120	adr239	3498.00000	7.62	8.31
240	BS1 120	adr240	3498.00000	5.64	6.69
241	BS5 120	adr241	3505.00000	14.59	14.74
242	BS5	adr242	3491.00000	-11.82	0.28
243	BS1 240	adr243	3505.00000	-8.95	0.52
244	BS3 120	adr244	3505.00000	18.98	19.03
245	BS5 240	adr245	3470.00000	24.22	24.24
246	orphan	adr246	3505.00000	-102.00	0.00
247	orphan	adr247	3491.00000	-102.00	0.00
248	orphan	adr248	3491.00000	-102.00	0.00
249	orphan	adr249	3491.00000	-102.00	0.00
250	orphan	adr250	3370.00000	-102.00	0.00
251	BS3 240	adr251	3477.00000	19.02	19.07
252	BS3 240	adr252	3477.00000	11.56	11.85
253	orphan	adr253	3370.00000	-102.00	0.00
254	orphan	adr254	3505.00000	-102.00	0.00
255	orphan	adr255	3505.00000	-102.00	0.00
256	BS3 120	adr256	3505.00000	19.26	19.31
257	orphan	adr257	3370.00000	-102.00	0.00
258	BS3 240	adr258	3477.00000	12.89	13.11
259	BS1 240	adr259	3505.00000	15.77	15.89
260	BS3 240	adr260	3477.00000	-2.37	1.99
261	orphan	adr261	3505.00000	-102.00	0.00
262	orphan	adr262	3498.00000	-102.00	0.00
263	BS1 240	adr263	3505.00000	-8.85	0.53
264	orphan	adr264	3491.00000	-102.00	0.00
265	orphan	adr265	3491.00000	-102.00	0.00
266	orphan	adr266	3491.00000	-102.00	0.00
267	orphan	adr267	3505.00000	-102.00	0.00
268	BS3 240	adr268	3477.00000	21.86	21.89
269	BS1 120	adr269	3498.00000	-3.59	1.58
270	BS1 120	adr270	3498.00000	5.90	6.89
271	BS3 120	adr271	3505.00000	-4.64	1.28
272	orphan	adr272	3477.00000	-102.00	0.00
273	BS5 240	adr273	3470.00000	-3.07	1.74
274	orphan	adr274	3491.00000	-102.00	0.00
275	orphan	adr275	3505.00000	-102.00	0.00
276	BS3 120	adr276	3505.00000	19.90	19.94
277	BS3 120	adr277	3505.00000	20.21	20.25
278	BS3 240	adr278	3477.00000	-8.38	0.59
279	BS5 240	adr279	3470.00000	-9.29	0.48
280	BS5 120	adr280	3505.00000	24.27	24.29
281	BS2 120	adr281	3512.00000	-3.35	1.65
282	BS5 240	adr282	3470.00000	-11.01	0.33
283	BS3 120	adr283	3505.00000	20.21	20.25
284	BS3 120	adr284	3505.00000	20.20	20.25
285	BS5 240	adr285	3470.00000	23.48	23.50
286	BS3 240	adr286	3477.00000	7.17	7.93
287	BS1 240	adr287	3505.00000	-1.40	2.36
288	orphan	adr288	3477.00000	-102.00	0.00
289	BS5 240	adr289	3470.00000	16.70	16.79
290	orphan	adr290	3370.00000	-102.00	0.00
291	BS2 120	adr291	3512.00000	-5.36	1.11
292	BS5 240	adr292	3470.00000	6.27	7.19
293	BS1 240	adr293	3505.00000	10.45	10.83
294	orphan	adr294	3505.00000	-102.00	0.00
295	BS3 240	adr295	3477.00000	11.66	11.94
296	orphan	adr296	3477.00000	-102.00	0.00
297	BS2 240	adr297	3498.00000	27.46	27.47
298	orphan	adr298	3491.00000	-102.00	0.00
299	BS3 240	adr299	3477.00000	18.38	18.44
300	orphan	adr300	3470.00000	-102.00	0.00
301	BS5 240	adr301	3470.00000	24.94	24.96
302	BS3 240	adr302	3477.00000	18.18	18.24
303	BS1 240	adr303	3505.00000	-3.36	1.65
304	orphan	adr304	3498.00000	-102.00	0.00
305	BS1 240	adr305	3505.00000	-1.08	2.50
306	orphan	adr306	3498.00000	-102.00	0.00
307	orphan	adr307	3477.00000	-102.00	0.00
308	BS5 240	adr308	3470.00000	-4.84	1.23
309	BS3 240	adr309	3477.00000	17.79	17.86
310	BS3 120	adr310	3505.00000	19.43	19.48
311	orphan	adr311	3505.00000	-102.00	0.00
312	orphan	adr312	3512.00000	-102.00	0.00
313	BS1 240	adr313	3505.00000	-21.59	0.03
314	BS5 240	adr314	3470.00000	16.00	16.11
315	orphan	adr315	3505.00000	-102.00	0.00
316	BS5 240	adr316	3470.00000	23.05	23.07
317	BS1 120	adr317	3498.00000	7.77	8.44
318	BS5 240	adr318	3470.00000	12.11	12.36
319	BS5 240	adr319	3470.00000	-32.27	0.00
320	orphan	adr320	3370.00000	-102.00	0.00
321	BS3 240	adr321	3477.00000	-4.91	1.22
322	BS1 240	adr322	3505.00000	4.66	5.93
323	BS1 240	adr323	3505.00000	-2.99	1.77
324	BS5 240	adr324	3470.00000	-20.22	0.04
325	BS2 120	adr325	3512.00000	-2.44	1.96

325	BS2 120	adr325	3512.00000	-2.44	1.96
326	orphan	adr326	3370.00000	-102.00	0.00
327	orphan	adr327	3498.00000	-102.00	0.00
328	BS5 120	adr328	3505.00000	1.52	3.84
329	orphan	adr329	3370.00000	-102.00	0.00
330	BS5 240	adr330	3470.00000	3.79	5.30
331	BS1 120	adr331	3498.00000	-0.12	2.95
332	orphan	adr332	3370.00000	-102.00	0.00
333	BS5 120	adr333	3505.00000	0.92	3.49
334	BS1 240	adr334	3505.00000	-19.04	0.05
335	BS1 240	adr335	3505.00000	12.60	12.83
336	BS2 240	adr336	3498.00000	16.40	16.50
337	BS5 240	adr337	3470.00000	-3.64	1.56
338	BS3 120	adr338	3505.00000	19.66	19.71
339	BS1 240	adr339	3505.00000	-0.91	2.58
340	BS5 240	adr340	3470.00000	13.57	13.75
341	orphan	adr341	3498.00000	-102.00	0.00
342	orphan	adr342	3505.00000	-102.00	0.00
343	BS1 120	adr343	3498.00000	-4.94	1.21
344	BS1 240	adr344	3505.00000	11.27	11.59
345	BS3 240	adr345	3477.00000	17.57	17.64
346	BS5 240	adr346	3470.00000	3.46	5.08
347	BS5 240	adr347	3470.00000	9.57	10.03
348	BS1 240	adr348	3505.00000	0.67	3.36
349	BS1 240	adr349	3505.00000	-3.71	1.54
350	BS1 120	adr350	3498.00000	11.58	11.87
351	orphan	adr351	3370.00000	-102.00	0.00
352	orphan	adr352	3370.00000	-102.00	0.00
353	orphan	adr353	3505.00000	-102.00	0.00
354	orphan	adr354	3498.00000	-102.00	0.00
355	orphan	adr355	3498.00000	-102.00	0.00
356	orphan	adr356	3370.00000	-102.00	0.00
357	BS1 240	adr357	3505.00000	12.51	12.75
358	BS2 120	adr358	3512.00000	-0.87	2.60
359	orphan	adr359	3370.00000	-102.00	0.00
360	BS1 240	adr360	3505.00000	15.66	15.78
361	BS5 120	adr361	3505.00000	12.15	12.41
362	orphan	adr362	3370.00000	-102.00	0.00
363	BS1 240	adr363	3505.00000	-1.26	2.43
364	BS1 240	adr364	3505.00000	-2.48	1.95
365	orphan	adr365	3512.00000	-102.00	0.00
366	BS5 240	adr366	3470.00000	22.04	22.07
367	BS1 240	adr367	3505.00000	12.64	12.87
368	BS1 240	adr368	3505.00000	15.64	15.76
369	orphan	adr369	3505.00000	-102.00	0.00
370	BS1 240	adr370	3505.00000	1.33	3.73
371	BS5 240	adr371	3470.00000	16.59	16.68
372	BS1 120	adr372	3498.00000	5.41	6.50
373	BS2 240	adr373	3498.00000	15.96	16.07
374	BS3 240	adr374	3477.00000	5.41	6.51
375	orphan	adr375	3498.00000	-102.00	0.00
376	orphan	adr376	3498.00000	-102.00	0.00
377	orphan	adr377	3498.00000	-102.00	0.00
378	BS1 240	adr378	3505.00000	18.86	18.91
379	BS1 240	adr379	3505.00000	12.98	13.19
380	orphan	adr380	3370.00000	-102.00	0.00
381	orphan	adr381	3505.00000	-102.00	0.00
382	BS5 240	adr382	3470.00000	21.06	21.09
383	BS5 240	adr383	3470.00000	19.13	19.18
384	orphan	adr384	3512.00000	-102.00	0.00
385	BS3 240	adr385	3477.00000	-16.06	0.11
386	orphan	adr386	3498.00000	-102.00	0.00
387	BS3 120	adr387	3505.00000	5.78	6.80
388	orphan	adr388	3505.00000	-102.00	0.00
389	orphan	adr389	3505.00000	-102.00	0.00
390	BS1 240	adr390	3505.00000	-4.30	1.37
391	BS1 240	adr391	3505.00000	6.89	7.70
392	BS5 240	adr392	3470.00000	-41.49	0.00
393	BS1 240	adr393	3505.00000	0.19	3.11
394	BS1 240	adr394	3505.00000	10.70	11.05
395	orphan	adr395	3370.00000	-102.00	0.00
396	orphan	adr396	3505.00000	-102.00	0.00
397	orphan	adr397	3498.00000	-102.00	0.00
398	orphan	adr398	3477.00000	-102.00	0.00
399	orphan	adr399	3505.00000	-102.00	0.00
400	orphan	adr400	3498.00000	-102.00	0.00
401	BS5 240	adr401	3470.00000	-9.98	0.42
402	orphan	adr402	3370.00000	-102.00	0.00
403	orphan	adr403	3498.00000	-102.00	0.00
404	BS1 120	adr404	3498.00000	1.80	4.00
405	orphan	adr405	3370.00000	-102.00	0.00
406	orphan	adr406	3470.00000	-102.00	0.00
407	BS2 240	adr407	3498.00000	40.01	40.01
408	BS1 240	adr408	3505.00000	17.05	17.13
409	orphan	adr409	3370.00000	-102.00	0.00
410	orphan	adr410	3370.00000	-102.00	0.00
411	BS2 240	adr411	3498.00000	34.34	34.35
412	BS1 240	adr412	3505.00000	3.05	4.80
413	orphan	adr413	3505.00000	-102.00	0.00
414	orphan	adr414	3370.00000	-102.00	0.00
415	orphan	adr415	3491.00000	-102.00	0.00
416	orphan	adr416	3498.00000	-102.00	0.00
417	BS5 240	adr417	3470.00000	-8.76	0.54
418	orphan	adr418	3370.00000	-102.00	0.00
419	orphan	adr419	3370.00000	-102.00	0.00
420	orphan	adr420	3470.00000	-102.00	0.00
421	BS1 240	adr421	3505.00000	13.03	13.24
422	orphan	adr422	3470.00000	-102.00	0.00
423	orphan	adr423	3498.00000	-102.00	0.00
424	orphan	adr424	3370.00000	-102.00	0.00
425	BS1 240	adr425	3505.00000	19.68	19.73
426	orphan	adr426	3505.00000	-102.00	0.00
427	BS3 240	adr427	3477.00000	-12.62	0.23
428	orphan	adr428	3370.00000	-102.00	0.00
429	BS1 240	adr429	3505.00000	3.22	4.91
430	BS5 240	adr430	3470.00000	-28.20	0.01
431	orphan	adr431	3370.00000	-102.00	0.00
432	BS5 240	adr432	3470.00000	-15.60	0.12
433	orphan	adr433	3505.00000	-102.00	0.00
434	orphan	adr434	3370.00000	-102.00	0.00
435	BS1 240	adr435	3505.00000	14.55	14.70
436	orphan	adr436	3498.00000	-102.00	0.00
437	orphan	adr437	3370.00000	-102.00	0.00

437	orphan	adr437	3370.00000	-102.00	0.00
438	orphan	adr438	3505.00000	-102.00	0.00
439	BS5 120	adr439	3505.00000	25.80	25.81
440	BS5 240	adr440	3470.00000	-9.33	0.48
441	orphan	adr441	3370.00000	-102.00	0.00
442	BS1 240	adr442	3505.00000	1.98	4.11
443	BS1 240	adr443	3505.00000	12.50	12.73
444	orphan	adr444	3498.00000	-102.00	0.00
445	orphan	adr445	3470.00000	-102.00	0.00
446	orphan	adr446	3370.00000	-102.00	0.00
447	orphan	adr447	3370.00000	-102.00	0.00
448	orphan	adr448	3370.00000	-102.00	0.00
449	orphan	adr449	3491.00000	-102.00	0.00
450	orphan	adr450	3498.00000	-102.00	0.00
451	orphan	adr451	3370.00000	-102.00	0.00
452	orphan	adr452	3370.00000	-102.00	0.00
453	orphan	adr453	3370.00000	-102.00	0.00
454	orphan	adr454	3370.00000	-102.00	0.00
455	BS2 240	adr455	3498.00000	27.69	27.70
456	BS1 120	adr456	3498.00000	0.14	3.08
457	BS2 120	adr457	3512.00000	-0.50	2.77
458	BS5 120	adr458	3505.00000	21.04	21.08
459	BS1 120	adr459	3498.00000	4.98	6.18
460	orphan	adr460	3370.00000	-102.00	0.00
461	orphan	adr461	3498.00000	-102.00	0.00
462	BS1 240	adr462	3505.00000	11.00	11.33
463	orphan	adr463	3498.00000	-102.00	0.00
464	orphan	adr464	3505.00000	-102.00	0.00
465	BS5 120	adr465	3505.00000	-5.20	1.15
466	BS1 120	adr466	3498.00000	6.25	7.18
467	orphan	adr467	3505.00000	-102.00	0.00
468	orphan	adr468	3370.00000	-102.00	0.00
469	orphan	adr469	3505.00000	-102.00	0.00
470	orphan	adr470	3370.00000	-102.00	0.00
471	BS5 120	adr471	3505.00000	24.26	24.28
472	orphan	adr472	3498.00000	-102.00	0.00
473	BS5 120	adr473	3505.00000	30.62	30.63
474	BS1 240	adr474	3505.00000	-5.72	1.03
475	BS5 120	adr475	3505.00000	27.95	27.95
476	BS1 120	adr476	3498.00000	-3.94	1.47
477	BS1 240	adr477	3505.00000	-1.75	2.22
478	orphan	adr478	3370.00000	-102.00	0.00
479	orphan	adr479	3370.00000	-102.00	0.00
480	BS1 120	adr480	3498.00000	-2.42	1.97
481	orphan	adr481	3505.00000	-102.00	0.00
482	orphan	adr482	3370.00000	-102.00	0.00
483	orphan	adr483	3370.00000	-102.00	0.00
484	BS5 240	adr484	3470.00000	9.44	9.91
485	orphan	adr485	3370.00000	-102.00	0.00
486	orphan	adr486	3370.00000	-102.00	0.00
487	orphan	adr487	3505.00000	-102.00	0.00
488	orphan	adr488	3370.00000	-102.00	0.00
489	orphan	adr489	3505.00000	-102.00	0.00
490	BS5 240	adr490	3470.00000	6.11	7.06
491	orphan	adr491	3370.00000	-102.00	0.00
492	orphan	adr492	3505.00000	-102.00	0.00
493	BS5 120	adr493	3505.00000	30.91	30.92
494	orphan	adr494	3370.00000	-102.00	0.00
495	orphan	adr495	3370.00000	-102.00	0.00
496	BS1 240	adr496	3505.00000	16.41	16.51
497	BS5 120	adr497	3505.00000	29.15	29.15
498	orphan	adr498	3505.00000	-102.00	0.00
499	orphan	adr499	3505.00000	-102.00	0.00
500	BS1 240	adr500	3505.00000	7.60	8.29
501	BS2 240	adr501	3498.00000	-1.46	2.34
502	BS1 240	adr502	3505.00000	4.94	6.15
503	orphan	adr503	3370.00000	-102.00	0.00
504	BS5 240	adr504	3470.00000	16.10	16.21
505	orphan	adr505	3505.00000	-102.00	0.00
506	orphan	adr506	3505.00000	-102.00	0.00
507	orphan	adr507	3491.00000	-102.00	0.00
508	BS1 240	adr508	3505.00000	-15.36	0.12
509	BS5 240	adr509	3470.00000	13.24	13.44
510	BS5 240	adr510	3470.00000	-31.62	0.00
511	BS5 240	adr511	3470.00000	14.83	14.97
512	BS5 120	adr512	3505.00000	31.50	31.50
513	BS5 120	adr513	3505.00000	25.33	25.34
514	orphan	adr514	3370.00000	-102.00	0.00
515	orphan	adr515	3491.00000	-102.00	0.00
516	BS5 240	adr516	3470.00000	-44.04	0.00
517	orphan	adr517	3370.00000	-102.00	0.00
518	BS5 240	adr518	3470.00000	-37.46	0.00
519	orphan	adr519	3470.00000	-102.00	0.00
520	BS1 240	adr520	3505.00000	-11.39	0.30
521	orphan	adr521	3491.00000	-102.00	0.00
522	BS5 120	adr522	3505.00000	31.86	31.87
523	orphan	adr523	3491.00000	-102.00	0.00
524	BS5 240	adr524	3470.00000	17.02	17.11
525	orphan	adr525	3505.00000	-102.00	0.00
526	orphan	adr526	3370.00000	-102.00	0.00
527	orphan	adr527	3370.00000	-102.00	0.00
528	orphan	adr528	3498.00000	-102.00	0.00
529	orphan	adr529	3505.00000	-102.00	0.00
530	orphan	adr530	3491.00000	-102.00	0.00
531	BS5 120	adr531	3505.00000	31.95	31.96
532	orphan	adr532	3370.00000	-102.00	0.00
533	BS1 240	adr533	3505.00000	-4.67	1.28
534	BS5 120	adr534	3505.00000	32.65	32.65
535	orphan	adr535	3470.00000	-102.00	0.00
536	orphan	adr536	3370.00000	-102.00	0.00
537	BS5 120	adr537	3505.00000	32.09	32.10
538	orphan	adr538	3370.00000	-102.00	0.00
539	orphan	adr539	3370.00000	-102.00	0.00
540	orphan	adr540	3505.00000	-102.00	0.00
541	orphan	adr541	3370.00000	-102.00	0.00
542	orphan	adr542	3370.00000	-102.00	0.00
543	BS1 240	adr543	3505.00000	12.26	12.51
544	orphan	adr544	3370.00000	-102.00	0.00
545	orphan	adr545	3498.00000	-102.00	0.00
546	orphan	adr546	3370.00000	-102.00	0.00
547	BS3 240	adr547	3477.00000	-18.87	0.06
548	orphan	adr548	3470.00000	-102.00	0.00
549	orphan	adr549	3370.00000	-102.00	0.00

549	orphan	adr549	3370.00000	-102.00	0.00
550	orphan	adr550	3370.00000	-102.00	0.00
551	orphan	adr551	3498.00000	-102.00	0.00
552	orphan	adr552	3477.00000	-102.00	0.00
553	orphan	adr553	3470.00000	-102.00	0.00
554	orphan	adr554	3370.00000	-102.00	0.00
555	orphan	adr555	3470.00000	-102.00	0.00
556	orphan	adr556	3491.00000	-102.00	0.00
557	orphan	adr557	3370.00000	-102.00	0.00
558	orphan	adr558	3370.00000	-102.00	0.00
559	orphan	adr559	3491.00000	-102.00	0.00
560	orphan	adr560	3470.00000	-102.00	0.00
561	orphan	adr561	3370.00000	-102.00	0.00
562	orphan	adr562	3491.00000	-102.00	0.00
563	orphan	adr563	3370.00000	-102.00	0.00
564	orphan	adr564	3470.00000	-102.00	0.00
565	orphan	adr565	3491.00000	-102.00	0.00
566	orphan	adr566	3470.00000	-102.00	0.00
567	orphan	adr567	3370.00000	-102.00	0.00
568	orphan	adr568	3370.00000	-102.00	0.00
569	orphan	adr569	3370.00000	-102.00	0.00
570	orphan	adr570	3491.00000	-102.00	0.00
571	BS5 240	adr571	3470.00000	18.72	18.78
572	BS2 120	adr572	3512.00000	-18.88	0.06
573	orphan	adr573	3370.00000	-102.00	0.00
574	orphan	adr574	3505.00000	-102.00	0.00
575	orphan	adr575	3370.00000	-102.00	0.00
576	orphan	adr576	3370.00000	-102.00	0.00
577	BS5 240	adr577	3470.00000	-26.67	0.01
578	orphan	adr578	3470.00000	-102.00	0.00
579	orphan	adr579	3505.00000	-102.00	0.00
580	orphan	adr580	3370.00000	-102.00	0.00
581	orphan	adr581	3370.00000	-102.00	0.00
582	orphan	adr582	3491.00000	-102.00	0.00
583	orphan	adr583	3370.00000	-102.00	0.00
584	orphan	adr584	3470.00000	-102.00	0.00
585	orphan	adr585	3491.00000	-102.00	0.00
586	orphan	adr586	3491.00000	-102.00	0.00
587	BS1 240	adr587	3505.00000	-3.20	1.70
588	BS2 240	adr588	3498.00000	1.56	3.86
589	orphan	adr589	3370.00000	-102.00	0.00
590	BS5 240	adr590	3470.00000	16.31	16.41
591	orphan	adr591	3370.00000	-102.00	0.00
592	orphan	adr592	3505.00000	-102.00	0.00
593	orphan	adr593	3491.00000	-102.00	0.00
594	orphan	adr594	3491.00000	-102.00	0.00
595	orphan	adr595	3370.00000	-102.00	0.00
596	orphan	adr596	3370.00000	-102.00	0.00
597	BS1 240	adr597	3505.00000	9.88	10.30
598	orphan	adr598	3491.00000	-102.00	0.00
599	BS5 120	adr599	3505.00000	25.53	25.54
600	BS5 240	adr600	3470.00000	10.01	10.42
601	BS1 240	adr601	3505.00000	-1.53	2.31
602	orphan	adr602	3470.00000	-102.00	0.00
603	orphan	adr603	3370.00000	-102.00	0.00
604	orphan	adr604	3370.00000	-102.00	0.00
605	orphan	adr605	3505.00000	-102.00	0.00
606	orphan	adr606	3470.00000	-102.00	0.00
607	orphan	adr607	3470.00000	-102.00	0.00
608	orphan	adr608	3491.00000	-102.00	0.00
609	orphan	adr609	3370.00000	-102.00	0.00
610	BS5 240	adr610	3470.00000	-36.02	0.00
611	orphan	adr611	3370.00000	-102.00	0.00
612	orphan	adr612	3470.00000	-102.00	0.00
613	orphan	adr613	3505.00000	-102.00	0.00
614	orphan	adr614	3370.00000	-102.00	0.00
615	BS5 240	adr615	3470.00000	5.93	6.92
616	orphan	adr616	3370.00000	-102.00	0.00
617	BS1 120	adr617	3498.00000	-9.41	0.47
618	orphan	adr618	3370.00000	-102.00	0.00
619	orphan	adr619	3370.00000	-102.00	0.00
620	orphan	adr620	3470.00000	-102.00	0.00
621	orphan	adr621	3470.00000	-102.00	0.00
622	orphan	adr622	3491.00000	-102.00	0.00
623	orphan	adr623	3470.00000	-102.00	0.00
624	orphan	adr624	3505.00000	-102.00	0.00
625	orphan	adr625	3370.00000	-102.00	0.00
626	BS1 120	adr626	3498.00000	9.82	10.25
627	BS1 120	adr627	3498.00000	-8.16	0.62
628	orphan	adr628	3370.00000	-102.00	0.00
629	orphan	adr629	3470.00000	-102.00	0.00
630	orphan	adr630	3370.00000	-102.00	0.00
631	orphan	adr631	3505.00000	-102.00	0.00
632	orphan	adr632	3370.00000	-102.00	0.00
633	orphan	adr633	3491.00000	-102.00	0.00
634	orphan	adr634	3370.00000	-102.00	0.00
635	orphan	adr635	3505.00000	-102.00	0.00
636	orphan	adr636	3370.00000	-102.00	0.00
637	orphan	adr637	3505.00000	-102.00	0.00
638	orphan	adr638	3470.00000	-102.00	0.00
639	orphan	adr639	3370.00000	-102.00	0.00
640	BS1 240	adr640	3505.00000	3.68	5.23
641	orphan	adr641	3370.00000	-102.00	0.00
642	orphan	adr642	3370.00000	-102.00	0.00
643	orphan	adr643	3370.00000	-102.00	0.00
644	orphan	adr644	3370.00000	-102.00	0.00
645	orphan	adr645	3370.00000	-102.00	0.00
646	orphan	adr646	3370.00000	-102.00	0.00
647	orphan	adr647	3370.00000	-102.00	0.00
648	orphan	adr648	3370.00000	-102.00	0.00
649	orphan	adr649	3498.00000	-102.00	0.00
650	orphan	adr650	3491.00000	-102.00	0.00
651	orphan	adr651	3470.00000	-102.00	0.00
652	BS1 240	adr652	3505.00000	12.74	12.97
653	orphan	adr653	3370.00000	-102.00	0.00
654	orphan	adr654	3370.00000	-102.00	0.00
655	orphan	adr655	3370.00000	-102.00	0.00
656	orphan	adr656	3505.00000	-102.00	0.00
657	orphan	adr657	3370.00000	-102.00	0.00
658	orphan	adr658	3498.00000	-102.00	0.00
659	orphan	adr659	3370.00000	-102.00	0.00
660	orphan	adr660	3470.00000	-102.00	0.00
661	orphan	adr661	3370.00000	-102.00	0.00

661	orphan	adr661	3370.00000	-102.00	0.00
662	orphan	adr662	3370.00000	-102.00	0.00
663	BS5 240	adr663	3470.00000	-25.50	0.01
664	orphan	adr664	3370.00000	-102.00	0.00
665	orphan	adr665	3370.00000	-102.00	0.00
666	orphan	adr666	3370.00000	-102.00	0.00
667	orphan	adr667	3505.00000	-102.00	0.00
668	orphan	adr668	3370.00000	-102.00	0.00
669	orphan	adr669	3370.00000	-102.00	0.00
670	orphan	adr670	3370.00000	-102.00	0.00
671	orphan	adr671	3370.00000	-102.00	0.00
672	orphan	adr672	3370.00000	-102.00	0.00
673	orphan	adr673	3498.00000	-102.00	0.00
674	orphan	adr674	3370.00000	-102.00	0.00
675	orphan	adr675	3370.00000	-102.00	0.00
676	orphan	adr676	3505.00000	-102.00	0.00
677	orphan	adr677	3370.00000	-102.00	0.00
678	orphan	adr678	3370.00000	-102.00	0.00
679	orphan	adr679	3370.00000	-102.00	0.00
680	orphan	adr680	3370.00000	-102.00	0.00
681	BS4 240	adr681	3484.00000	28.74	28.74
682	orphan	adr682	3512.00000	-102.00	0.00
683	orphan	adr683	3512.00000	-102.00	0.00
684	orphan	adr684	3370.00000	-102.00	0.00
685	orphan	adr685	3512.00000	-102.00	0.00
686	orphan	adr686	3512.00000	-102.00	0.00
687	BS5 240	adr687	3470.00000	1.22	3.66
688	orphan	adr688	3370.00000	-102.00	0.00
689	orphan	adr689	3370.00000	-102.00	0.00
690	BS4 240	adr690	3484.00000	23.49	23.51
691	orphan	adr691	3491.00000	-102.00	0.00
692	BS4 240	adr692	3484.00000	21.71	21.74
693	orphan	adr693	3370.00000	-102.00	0.00
694	BS5 240	adr694	3470.00000	9.68	10.13
695	orphan	adr695	3370.00000	-102.00	0.00
696	orphan	adr696	3470.00000	-102.00	0.00
697	BS5 240	adr697	3470.00000	-47.19	0.00
698	orphan	adr698	3484.00000	-102.00	0.00
699	orphan	adr699	3370.00000	-102.00	0.00
700	orphan	adr700	3370.00000	-102.00	0.00
701	orphan	adr701	3505.00000	-102.00	0.00
702	orphan	adr702	3370.00000	-102.00	0.00
703	orphan	adr703	3484.00000	-102.00	0.00
704	orphan	adr704	3498.00000	-102.00	0.00
705	orphan	adr705	3484.00000	-102.00	0.00
706	orphan	adr706	3370.00000	-102.00	0.00
707	BS1 120	adr707	3498.00000	1.03	3.55
708	BS5 240	adr708	3470.00000	-1.13	2.48
709	orphan	adr709	3370.00000	-102.00	0.00
710	orphan	adr710	3498.00000	-102.00	0.00
711	orphan	adr711	3370.00000	-102.00	0.00
712	orphan	adr712	3370.00000	-102.00	0.00
713	orphan	adr713	3484.00000	-102.00	0.00
714	orphan	adr714	3370.00000	-102.00	0.00
715	orphan	adr715	3370.00000	-102.00	0.00
716	orphan	adr716	3470.00000	-102.00	0.00
717	orphan	adr717	3370.00000	-102.00	0.00
718	orphan	adr718	3370.00000	-102.00	0.00
719	orphan	adr719	3498.00000	-102.00	0.00
720	orphan	adr720	3370.00000	-102.00	0.00
721	orphan	adr721	3370.00000	-102.00	0.00
722	orphan	adr722	3370.00000	-102.00	0.00
723	orphan	adr723	3370.00000	-102.00	0.00
724	orphan	adr724	3370.00000	-102.00	0.00
725	orphan	adr725	3370.00000	-102.00	0.00
726	orphan	adr726	3370.00000	-102.00	0.00
727	orphan	adr727	3505.00000	-102.00	0.00
728	orphan	adr728	3505.00000	-102.00	0.00
729	orphan	adr729	3370.00000	-102.00	0.00
730	orphan	adr730	3370.00000	-102.00	0.00
731	BS1 240	adr731	3505.00000	8.93	9.46
732	orphan	adr732	3470.00000	-102.00	0.00
733	orphan	adr733	3370.00000	-102.00	0.00
734	orphan	adr734	3505.00000	-102.00	0.00
735	orphan	adr735	3370.00000	-102.00	0.00
736	orphan	adr736	3370.00000	-102.00	0.00
737	orphan	adr737	3505.00000	-102.00	0.00
738	orphan	adr738	3512.00000	-102.00	0.00
739	orphan	adr739	3370.00000	-102.00	0.00
740	orphan	adr740	3370.00000	-102.00	0.00
741	BS5 240	adr741	3470.00000	7.62	8.31
742	orphan	adr742	3370.00000	-102.00	0.00
743	orphan	adr743	3370.00000	-102.00	0.00
744	orphan	adr744	3370.00000	-102.00	0.00
745	orphan	adr745	3370.00000	-102.00	0.00
746	orphan	adr746	3370.00000	-102.00	0.00
747	orphan	adr747	3370.00000	-102.00	0.00
748	orphan	adr748	3370.00000	-102.00	0.00
749	orphan	adr749	3370.00000	-102.00	0.00
750	orphan	adr750	3370.00000	-102.00	0.00
751	BS1	adr751	3470.00000	-26.09	0.01
752	orphan	adr752	3470.00000	-102.00	0.00
753	orphan	adr753	3470.00000	-102.00	0.00
754	orphan	adr754	3470.00000	-102.00	0.00
755	orphan	adr755	3470.00000	-102.00	0.00
756	orphan	adr756	3470.00000	-102.00	0.00
757	BS2 120	adr757	3512.00000	14.39	14.55
758	orphan	adr758	3470.00000	-102.00	0.00
759	orphan	adr759	3477.00000	-102.00	0.00
760	orphan	adr760	3512.00000	-102.00	0.00
761	orphan	adr761	3470.00000	-102.00	0.00
762	BS2 120	adr762	3512.00000	-22.22	0.03
763	BS2 240	adr763	3498.00000	-16.55	0.10
764	BS1 120	adr764	3498.00000	-3.17	1.71
765	orphan	adr765	3498.00000	-102.00	0.00
766	orphan	adr766	3470.00000	-102.00	0.00
767	orphan	adr767	3470.00000	-102.00	0.00
768	orphan	adr768	3470.00000	-102.00	0.00
769	orphan	adr769	3512.00000	-102.00	0.00
770	BS2 240	adr770	3498.00000	-5.78	1.02
771	BS2 120	adr771	3512.00000	-5.56	1.07
772	orphan	adr772	3498.00000	-102.00	0.00
773	orphan	adr773	3512.00000	-102.00	0.00

773	orphan	adr773	3512.00000	-102.00	0.00
774	orphan	adr774	3470.00000	-102.00	0.00
775	orphan	adr775	3470.00000	-102.00	0.00
776	orphan	adr776	3470.00000	-102.00	0.00
777	orphan	adr777	3512.00000	-102.00	0.00
778	BS3 240	adr778	3477.00000	17.76	17.84
779	orphan	adr779	3484.00000	-102.00	0.00
780	BS3 240	adr780	3477.00000	14.98	15.11
781	orphan	adr781	3512.00000	-102.00	0.00
782	orphan	adr782	3470.00000	-102.00	0.00
783	BS2 120	adr783	3512.00000	-33.47	0.00
784	orphan	adr784	3470.00000	-102.00	0.00
785	orphan	adr785	3470.00000	-102.00	0.00
786	orphan	adr786	3470.00000	-102.00	0.00
787	orphan	adr787	3470.00000	-102.00	0.00
788	orphan	adr788	3470.00000	-102.00	0.00
789	orphan	adr789	3470.00000	-102.00	0.00
790	orphan	adr790	3470.00000	-102.00	0.00
791	BS3 120	adr791	3505.00000	17.22	17.31
792	orphan	adr792	3470.00000	-102.00	0.00
793	orphan	adr793	3470.00000	-102.00	0.00
794	orphan	adr794	3470.00000	-102.00	0.00
795	orphan	adr795	3470.00000	-102.00	0.00
796	orphan	adr796	3470.00000	-102.00	0.00
797	orphan	adr797	3470.00000	-102.00	0.00
798	orphan	adr798	3484.00000	-102.00	0.00
799	orphan	adr799	3470.00000	-102.00	0.00
800	orphan	adr800	3470.00000	-102.00	0.00
801	orphan	adr801	3470.00000	-102.00	0.00
802	orphan	adr802	3470.00000	-102.00	0.00
803	orphan	adr803	3470.00000	-102.00	0.00
804	orphan	adr804	3470.00000	-102.00	0.00
805	orphan	adr805	3470.00000	-102.00	0.00
806	BS1 240	adr806	3505.00000	3.27	4.94
807	orphan	adr807	3470.00000	-102.00	0.00
808	orphan	adr808	3470.00000	-102.00	0.00
809	orphan	adr809	3470.00000	-102.00	0.00
810	orphan	adr810	3491.00000	-102.00	0.00
811	orphan	adr811	3470.00000	-102.00	0.00
812	BS3 120	adr812	3505.00000	17.63	17.71
813	orphan	adr813	3470.00000	-102.00	0.00
814	orphan	adr814	3470.00000	-102.00	0.00
815	orphan	adr815	3470.00000	-102.00	0.00
816	orphan	adr816	3470.00000	-102.00	0.00
817	orphan	adr817	3470.00000	-102.00	0.00
818	orphan	adr818	3470.00000	-102.00	0.00
819	orphan	adr819	3498.00000	-102.00	0.00
820	orphan	adr820	3512.00000	-102.00	0.00
821	orphan	adr821	3470.00000	-102.00	0.00
822	orphan	adr822	3470.00000	-102.00	0.00
823	orphan	adr823	3470.00000	-102.00	0.00
824	orphan	adr824	3505.00000	-102.00	0.00
825	orphan	adr825	3470.00000	-102.00	0.00
826	orphan	adr826	3505.00000	-102.00	0.00
827	orphan	adr827	3505.00000	-102.00	0.00
828	orphan	adr828	3470.00000	-102.00	0.00
829	BS3 120	adr829	3505.00000	-21.32	0.03
830	orphan	adr830	3505.00000	-102.00	0.00
831	orphan	adr831	3470.00000	-102.00	0.00
832	BS1 240	adr832	3505.00000	-16.54	0.10
833	BS5 120	adr833	3505.00000	-7.63	0.69
834	BS1 240	adr834	3505.00000	23.93	23.95
835	orphan	adr835	3470.00000	-102.00	0.00
836	orphan	adr836	3491.00000	-102.00	0.00
837	orphan	adr837	3477.00000	-102.00	0.00
838	BS1 240	adr838	3505.00000	-9.62	0.45
839	orphan	adr839	3470.00000	-102.00	0.00
840	orphan	adr840	3470.00000	-102.00	0.00
841	orphan	adr841	3505.00000	-102.00	0.00
842	orphan	adr842	3470.00000	-102.00	0.00
843	BS1 120	adr843	3498.00000	-15.31	0.13
844	BS1 240	adr844	3505.00000	-15.53	0.12
845	BS1 120	adr845	3498.00000	-13.15	0.21
846	BS1 240	adr846	3505.00000	-5.92	0.99
847	orphan	adr847	3505.00000	-102.00	0.00
848	orphan	adr848	3491.00000	-102.00	0.00
849	BS5 120	adr849	3505.00000	29.16	29.16
850	orphan	adr850	3498.00000	-102.00	0.00
851	BS1 120	adr851	3498.00000	10.21	10.61
852	BS1 240	adr852	3505.00000	-25.60	0.01
853	BS5 240	adr853	3470.00000	36.23	36.24
854	orphan	adr854	3498.00000	-102.00	0.00
855	BS5 120	adr855	3505.00000	33.73	33.73
856	BS1 240	adr856	3505.00000	20.32	20.36
857	BS5 240	adr857	3470.00000	1.84	4.02
858	BS1 240	adr858	3505.00000	-15.64	0.12
859	orphan	adr859	3491.00000	-102.00	0.00
860	BS1 120	adr860	3498.00000	12.19	12.45
861	orphan	adr861	3505.00000	-102.00	0.00
862	BS1 240	adr862	3505.00000	4.55	5.86
863	BS1 120	adr863	3498.00000	-2.90	1.80
864	BS1 120	adr864	3498.00000	-14.92	0.14
865	BS2 240	adr865	3498.00000	18.47	18.54
866	orphan	adr866	3498.00000	-102.00	0.00
867	BS3 120	adr867	3505.00000	20.10	20.15
868	orphan	adr868	3491.00000	-102.00	0.00
869	BS3 240	adr869	3477.00000	-16.28	0.10
870	BS1 240	adr870	3505.00000	29.29	29.30
871	BS1 240	adr871	3505.00000	5.77	6.79
872	orphan	adr872	3505.00000	-102.00	0.00
873	BS1 120	adr873	3498.00000	-0.52	2.76
874	orphan	adr874	3470.00000	-102.00	0.00
875	orphan	adr875	3470.00000	-102.00	0.00
876	BS1 240	adr876	3505.00000	4.94	6.15
877	BS3 240	adr877	3477.00000	21.76	21.79
878	BS2 120	adr878	3512.00000	-0.31	2.86
879	orphan	adr879	3505.00000	-102.00	0.00
880	BS5 240	adr880	3470.00000	32.88	32.89
881	orphan	adr881	3512.00000	-102.00	0.00
882	BS1 240	adr882	3505.00000	-9.98	0.42
883	orphan	adr883	3505.00000	-102.00	0.00
884	BS3 120	adr884	3505.00000	10.27	10.66
885	orphan	adr885	3491.00000	-102.00	0.00

885	orphan	adr885	3491.00000	-102.00	0.00
886	orphan	adr886	3498.00000	-102.00	0.00
887	orphan	adr887	3470.00000	-102.00	0.00
888	orphan	adr888	3491.00000	-102.00	0.00
889	orphan	adr889	3505.00000	-102.00	0.00
890	BS3 240	adr890	3477.00000	-4.87	1.23
891	BS5 240	adr891	3470.00000	27.28	27.29
892	BS3 240	adr892	3477.00000	0.82	3.44
893	BS5 240	adr893	3470.00000	-2.64	1.89
894	BS1 240	adr894	3505.00000	8.11	8.73
895	BS3 240	adr895	3477.00000	21.01	21.05
896	BS3 240	adr896	3477.00000	10.14	10.54
897	BS5 240	adr897	3470.00000	31.58	31.59
898	BS2 120	adr898	3512.00000	-0.91	2.58
899	orphan	adr899	3470.00000	-102.00	0.00
900	BS1 240	adr900	3505.00000	4.16	5.57
901	orphan	adr901	3498.00000	-102.00	0.00
902	BS2 240	adr902	3498.00000	29.50	29.50
903	BS1 240	adr903	3505.00000	9.14	9.64
904	BS5 240	adr904	3470.00000	30.04	30.04
905	BS2 240	adr905	3498.00000	31.12	31.12
906	BS1 240	adr906	3505.00000	17.86	17.93
907	orphan	adr907	3470.00000	-102.00	0.00
908	BS3 240	adr908	3477.00000	19.96	20.00
909	orphan	adr909	3505.00000	-102.00	0.00
910	BS1 240	adr910	3505.00000	32.86	32.86
911	BS2 120	adr911	3512.00000	0.04	3.03
912	orphan	adr912	3491.00000	-102.00	0.00
913	BS5 240	adr913	3470.00000	-14.73	0.14
914	BS1 240	adr914	3505.00000	23.16	23.18
915	orphan	adr915	3512.00000	-102.00	0.00
916	orphan	adr916	3505.00000	-102.00	0.00
917	BS1 240	adr917	3505.00000	-1.94	2.15
918	BS1 240	adr918	3505.00000	4.43	5.77
919	orphan	adr919	3498.00000	-102.00	0.00
920	BS5 240	adr920	3470.00000	12.71	12.94
921	BS1 240	adr921	3505.00000	15.71	15.82
922	BS3 240	adr922	3477.00000	-10.16	0.40
923	BS3 240	adr923	3477.00000	18.91	18.97
924	BS5 240	adr924	3470.00000	30.26	30.26
925	BS1 240	adr925	3505.00000	15.99	16.10
926	orphan	adr926	3498.00000	-102.00	0.00
927	BS1 240	adr927	3505.00000	37.88	37.88
928	BS1 240	adr928	3505.00000	4.07	5.51
929	BS5 240	adr929	3470.00000	29.59	29.60
930	orphan	adr930	3498.00000	-102.00	0.00
931	BS5 240	adr931	3470.00000	29.41	29.41
932	orphan	adr932	3505.00000	-102.00	0.00
933	BS5 240	adr933	3470.00000	29.65	29.66
934	BS5 240	adr934	3470.00000	29.13	29.13
935	orphan	adr935	3470.00000	-102.00	0.00
936	BS1 240	adr936	3505.00000	18.77	18.83
937	BS1 240	adr937	3505.00000	12.76	12.99
938	orphan	adr938	3470.00000	-102.00	0.00
939	orphan	adr939	3470.00000	-102.00	0.00
940	BS1 240	adr940	3505.00000	-13.79	0.18
941	BS1 240	adr941	3505.00000	-5.18	1.15
942	BS5 240	adr942	3470.00000	27.44	27.45
943	BS1 240	adr943	3505.00000	2.76	4.61
944	BS3 240	adr944	3477.00000	-3.18	1.71
945	BS5 240	adr945	3470.00000	-10.11	0.40
946	orphan	adr946	3512.00000	-102.00	0.00
947	orphan	adr947	3498.00000	-102.00	0.00
948	orphan	adr948	3491.00000	-102.00	0.00
949	orphan	adr949	3498.00000	-102.00	0.00
950	BS5 120	adr950	3505.00000	28.37	28.37
951	BS1 240	adr951	3505.00000	14.99	15.13
952	BS1 120	adr952	3498.00000	-5.34	1.11
953	orphan	adr953	3470.00000	-102.00	0.00
954	orphan	adr954	3512.00000	-102.00	0.00
955	orphan	adr955	3470.00000	-102.00	0.00
956	BS5 240	adr956	3470.00000	-14.50	0.15
957	orphan	adr957	3470.00000	-102.00	0.00
958	orphan	adr958	3470.00000	-102.00	0.00
959	BS2 240	adr959	3498.00000	34.43	34.43
960	orphan	adr960	3498.00000	-102.00	0.00
961	BS1 120	adr961	3498.00000	-2.10	2.09
962	BS3 240	adr962	3477.00000	12.28	12.51
963	BS3 240	adr963	3477.00000	14.47	14.62
964	BS5 240	adr964	3470.00000	21.29	21.32
965	orphan	adr965	3470.00000	-102.00	0.00
966	BS5 240	adr966	3470.00000	-27.79	0.01
967	orphan	adr967	3470.00000	-102.00	0.00
968	orphan	adr968	3470.00000	-102.00	0.00
969	BS1 240	adr969	3505.00000	17.13	17.21
970	orphan	adr970	3470.00000	-102.00	0.00
971	BS1 240	adr971	3505.00000	12.99	13.20
972	orphan	adr972	3470.00000	-102.00	0.00
973	orphan	adr973	3470.00000	-102.00	0.00
974	BS5 240	adr974	3470.00000	-20.04	0.04
975	BS1 240	adr975	3505.00000	-4.30	1.37
976	BS1 240	adr976	3505.00000	14.05	14.22
977	orphan	adr977	3491.00000	-102.00	0.00
978	BS5	adr978	3491.00000	-14.65	0.15
979	BS1 240	adr979	3505.00000	12.80	13.02
980	BS2 240	adr980	3498.00000	36.67	36.67
981	orphan	adr981	3470.00000	-102.00	0.00
982	BS1 240	adr982	3505.00000	-4.27	1.38
983	orphan	adr983	3470.00000	-102.00	0.00
984	BS1 240	adr984	3505.00000	-12.44	0.24
985	orphan	adr985	3491.00000	-102.00	0.00
986	BS3 240	adr986	3477.00000	-15.99	0.11
987	orphan	adr987	3498.00000	-102.00	0.00
988	orphan	adr988	3505.00000	-102.00	0.00
989	BS5 240	adr989	3470.00000	18.88	18.94
990	orphan	adr990	3470.00000	-102.00	0.00
991	orphan	adr991	3505.00000	-102.00	0.00
992	orphan	adr992	3470.00000	-102.00	0.00
993	orphan	adr993	3505.00000	-102.00	0.00
994	BS5 120	adr994	3505.00000	41.36	41.36
995	BS2 120	adr995	3512.00000	-0.45	2.79
996	orphan	adr996	3470.00000	-102.00	0.00
997	orphan	adr997	3470.00000	-102.00	0.00

997	orphan	adr997	3470.00000	-102.00	0.00
998	orphan	adr998	3505.00000	-102.00	0.00
999	BS5 120	adr999	3505.00000	37.92	37.92
1000	orphan	adr1000	3470.00000	-102.00	0.00
1001	BS5 120	adr1001	3505.00000	39.45	39.45
1002	BS5 120	adr1002	3505.00000	39.02	39.02
1003	orphan	adr1003	3505.00000	-102.00	0.00
1004	orphan	adr1004	3470.00000	-102.00	0.00
1005	BS1 240	adr1005	3505.00000	29.33	29.33
1006	orphan	adr1006	3470.00000	-102.00	0.00
1007	orphan	adr1007	3470.00000	-102.00	0.00
1008	BS5 240	adr1008	3470.00000	-21.11	0.03
1009	orphan	adr1009	3470.00000	-102.00	0.00
1010	orphan	adr1010	3470.00000	-102.00	0.00
1011	orphan	adr1011	3470.00000	-102.00	0.00
1012	BS5 240	adr1012	3470.00000	-27.22	0.01
1013	orphan	adr1013	3477.00000	-102.00	0.00
1014	orphan	adr1014	3470.00000	-102.00	0.00
1015	BS5 240	adr1015	3470.00000	-14.67	0.15
1016	orphan	adr1016	3470.00000	-102.00	0.00
1017	BS5 240	adr1017	3470.00000	17.73	17.80
1018	BS5 240	adr1018	3470.00000	-15.59	0.12
1019	orphan	adr1019	3470.00000	-102.00	0.00
1020	BS5 240	adr1020	3470.00000	-18.97	0.05
1021	BS5 240	adr1021	3470.00000	-5.43	1.09
1022	BS5 240	adr1022	3470.00000	-31.61	0.00
1023	orphan	adr1023	3470.00000	-102.00	0.00
1024	BS1 240	adr1024	3505.00000	13.85	14.02
1025	BS5 240	adr1025	3470.00000	-15.64	0.12
1026	BS5 120	adr1026	3505.00000	38.93	38.93
1027	BS5 240	adr1027	3470.00000	22.43	22.46
1028	orphan	adr1028	3470.00000	-102.00	0.00
1029	orphan	adr1029	3470.00000	-102.00	0.00
1030	BS1 240	adr1030	3505.00000	10.95	11.29
1031	orphan	adr1031	3491.00000	-102.00	0.00
1032	BS5 240	adr1032	3470.00000	13.24	13.44
1033	BS1 240	adr1033	3505.00000	1.83	4.02
1034	BS1 240	adr1034	3505.00000	26.43	26.44
1035	orphan	adr1035	3498.00000	-102.00	0.00
1036	BS5 240	adr1036	3470.00000	-21.78	0.03
1037	orphan	adr1037	3505.00000	-102.00	0.00
1038	orphan	adr1038	3505.00000	-102.00	0.00
1039	orphan	adr1039	3491.00000	-102.00	0.00
1040	BS5 240	adr1040	3470.00000	4.89	6.11
1041	orphan	adr1041	3470.00000	-102.00	0.00
1042	BS5 240	adr1042	3470.00000	-38.86	0.00
1043	orphan	adr1043	3470.00000	-102.00	0.00
1044	orphan	adr1044	3477.00000	-102.00	0.00
1045	orphan	adr1045	3505.00000	-102.00	0.00
1046	orphan	adr1046	3470.00000	-102.00	0.00
1047	BS5 240	adr1047	3470.00000	14.17	14.33
1048	orphan	adr1048	3470.00000	-102.00	0.00
1049	orphan	adr1049	3470.00000	-102.00	0.00
1050	BS2 240	adr1050	3498.00000	-3.38	1.64
1051	BS1 240	adr1051	3505.00000	29.93	29.93
1052	orphan	adr1052	3470.00000	-102.00	0.00
1053	orphan	adr1053	3470.00000	-102.00	0.00
1054	orphan	adr1054	3470.00000	-102.00	0.00
1055	orphan	adr1055	3470.00000	-102.00	0.00
1056	BS5 240	adr1056	3470.00000	-13.93	0.17
1057	orphan	adr1057	3470.00000	-102.00	0.00
1058	orphan	adr1058	3470.00000	-102.00	0.00
1059	BS5 120	adr1059	3505.00000	38.90	38.90
1060	orphan	adr1060	3470.00000	-102.00	0.00
1061	orphan	adr1061	3505.00000	-102.00	0.00
1062	BS5 240	adr1062	3470.00000	14.19	14.36
1063	orphan	adr1063	3470.00000	-102.00	0.00
1064	BS5 240	adr1064	3470.00000	-9.00	0.51
1065	orphan	adr1065	3505.00000	-102.00	0.00
1066	BS5 240	adr1066	3470.00000	8.30	8.90
1067	orphan	adr1067	3505.00000	-102.00	0.00
1068	orphan	adr1068	3470.00000	-102.00	0.00
1069	orphan	adr1069	3470.00000	-102.00	0.00
1070	orphan	adr1070	3470.00000	-102.00	0.00
1071	orphan	adr1071	3470.00000	-102.00	0.00
1072	BS2 240	adr1072	3498.00000	32.65	32.66
1073	orphan	adr1073	3491.00000	-102.00	0.00
1074	orphan	adr1074	3491.00000	-102.00	0.00
1075	orphan	adr1075	3470.00000	-102.00	0.00
1076	orphan	adr1076	3491.00000	-102.00	0.00
1077	orphan	adr1077	3470.00000	-102.00	0.00
1078	BS1 120	adr1078	3498.00000	-6.73	0.84
1079	orphan	adr1079	3491.00000	-102.00	0.00
1080	orphan	adr1080	3470.00000	-102.00	0.00
1081	orphan	adr1081	3498.00000	-102.00	0.00
1082	orphan	adr1082	3470.00000	-102.00	0.00
1083	orphan	adr1083	3470.00000	-102.00	0.00
1084	BS1 240	adr1084	3505.00000	25.79	25.80
1085	orphan	adr1085	3470.00000	-102.00	0.00
1086	orphan	adr1086	3498.00000	-102.00	0.00
1087	orphan	adr1087	3470.00000	-102.00	0.00
1088	BS1 240	adr1088	3505.00000	29.79	29.79
1089	orphan	adr1089	3470.00000	-102.00	0.00
1090	orphan	adr1090	3512.00000	-102.00	0.00
1091	BS5 240	adr1091	3470.00000	16.59	16.68
1092	orphan	adr1092	3491.00000	-102.00	0.00
1093	orphan	adr1093	3491.00000	-102.00	0.00
1094	orphan	adr1094	3470.00000	-102.00	0.00
1095	orphan	adr1095	3470.00000	-102.00	0.00
1096	orphan	adr1096	3491.00000	-102.00	0.00
1097	orphan	adr1097	3470.00000	-102.00	0.00
1098	orphan	adr1098	3470.00000	-102.00	0.00
1099	orphan	adr1099	3470.00000	-102.00	0.00
1100	orphan	adr1100	3470.00000	-102.00	0.00
1101	orphan	adr1101	3470.00000	-102.00	0.00
1102	orphan	adr1102	3470.00000	-102.00	0.00
1103	orphan	adr1103	3470.00000	-102.00	0.00
1104	BS5 240	adr1104	3470.00000	12.84	13.06
1105	orphan	adr1105	3470.00000	-102.00	0.00
1106	orphan	adr1106	3491.00000	-102.00	0.00
1107	BS4 240	adr1107	3484.00000	27.29	27.29
1108	orphan	adr1108	3470.00000	-102.00	0.00
1109	orphan	adr1109	3498.00000	-102.00	0.00

1109	orphan	adr1109	3498.00000	-102.00	0.00
1110	orphan	adr1110	3470.00000	-102.00	0.00
1111	orphan	adr1111	3470.00000	-102.00	0.00
1112	orphan	adr1112	3470.00000	-102.00	0.00
1113	orphan	adr1113	3470.00000	-102.00	0.00
1114	orphan	adr1114	3484.00000	-102.00	0.00
1115	orphan	adr1115	3470.00000	-102.00	0.00
1116	orphan	adr1116	3470.00000	-102.00	0.00
1117	orphan	adr1117	3512.00000	-102.00	0.00
1118	orphan	adr1118	3484.00000	-102.00	0.00
1119	orphan	adr1119	3470.00000	-102.00	0.00
1120	orphan	adr1120	3470.00000	-102.00	0.00
1121	orphan	adr1121	3470.00000	-102.00	0.00
1122	orphan	adr1122	3470.00000	-102.00	0.00
1123	orphan	adr1123	3470.00000	-102.00	0.00
1124	orphan	adr1124	3512.00000	-102.00	0.00
1125	orphan	adr1125	3484.00000	-102.00	0.00
1126	orphan	adr1126	3470.00000	-102.00	0.00
1127	BS4 240	adr1127	3484.00000	9.02	9.53
1128	orphan	adr1128	3484.00000	-102.00	0.00
1129	orphan	adr1129	3470.00000	-102.00	0.00
1130	BS5 240	adr1130	3470.00000	10.80	11.15
1131	orphan	adr1131	3512.00000	-102.00	0.00
1132	orphan	adr1132	3512.00000	-102.00	0.00
1133	orphan	adr1133	3470.00000	-102.00	0.00
1134	orphan	adr1134	3470.00000	-102.00	0.00
1135	orphan	adr1135	3470.00000	-102.00	0.00
1136	orphan	adr1136	3470.00000	-102.00	0.00
1137	orphan	adr1137	3512.00000	-102.00	0.00
1138	orphan	adr1138	3470.00000	-102.00	0.00
1139	BS5 240	adr1139	3470.00000	11.53	11.83
1140	orphan	adr1140	3470.00000	-102.00	0.00
1141	orphan	adr1141	3470.00000	-102.00	0.00
1142	orphan	adr1142	3470.00000	-102.00	0.00
1143	orphan	adr1143	3470.00000	-102.00	0.00
1144	orphan	adr1144	3470.00000	-102.00	0.00
1145	orphan	adr1145	3470.00000	-102.00	0.00
1146	orphan	adr1146	3470.00000	-102.00	0.00
1147	orphan	adr1147	3470.00000	-102.00	0.00
1148	orphan	adr1148	3470.00000	-102.00	0.00
1149	orphan	adr1149	3470.00000	-102.00	0.00
1150	orphan	adr1150	3470.00000	-102.00	0.00
1151	orphan	adr1151	3477.00000	-102.00	0.00
1152	orphan	adr1152	3370.00000	-102.00	0.00
1153	orphan	adr1153	3370.00000	-102.00	0.00
1154	orphan	adr1154	3477.00000	-102.00	0.00
1155	BS3 240	adr1155	3477.00000	29.52	29.52
1156	orphan	adr1156	3370.00000	-102.00	0.00
1157	orphan	adr1157	3370.00000	-102.00	0.00
1158	orphan	adr1158	3370.00000	-102.00	0.00
1159	orphan	adr1159	3370.00000	-102.00	0.00
1160	orphan	adr1160	3370.00000	-102.00	0.00
1161	orphan	adr1161	3512.00000	-102.00	0.00
1162	orphan	adr1162	3370.00000	-102.00	0.00
1163	orphan	adr1163	3370.00000	-102.00	0.00
1164	orphan	adr1164	3498.00000	-102.00	0.00
1165	orphan	adr1165	3370.00000	-102.00	0.00
1166	orphan	adr1166	3370.00000	-102.00	0.00
1167	BS3 240	adr1167	3477.00000	12.62	12.85
1168	orphan	adr1168	3484.00000	-102.00	0.00
1169	orphan	adr1169	3470.00000	-102.00	0.00
1170	orphan	adr1170	3498.00000	-102.00	0.00
1171	orphan	adr1171	3370.00000	-102.00	0.00
1172	orphan	adr1172	3370.00000	-102.00	0.00
1173	orphan	adr1173	3370.00000	-102.00	0.00
1174	orphan	adr1174	3370.00000	-102.00	0.00
1175	orphan	adr1175	3370.00000	-102.00	0.00
1176	orphan	adr1176	3470.00000	-102.00	0.00
1177	orphan	adr1177	3470.00000	-102.00	0.00
1178	orphan	adr1178	3470.00000	-102.00	0.00
1179	orphan	adr1179	3470.00000	-102.00	0.00
1180	orphan	adr1180	3498.00000	-102.00	0.00
1181	orphan	adr1181	3370.00000	-102.00	0.00
1182	orphan	adr1182	3477.00000	-102.00	0.00
1183	orphan	adr1183	3370.00000	-102.00	0.00
1184	BS3 240	adr1184	3477.00000	6.29	7.21
1185	orphan	adr1185	3370.00000	-102.00	0.00
1186	BS1 120	adr1186	3498.00000	-26.04	0.01
1187	orphan	adr1187	3498.00000	-102.00	0.00
1188	BS5 120	adr1188	3505.00000	-3.77	1.52
1189	orphan	adr1189	3370.00000	-102.00	0.00
1190	orphan	adr1190	3512.00000	-102.00	0.00
1191	orphan	adr1191	3477.00000	-102.00	0.00
1192	orphan	adr1192	3491.00000	-102.00	0.00
1193	BS5 120	adr1193	3505.00000	23.82	23.84
1194	BS5 240	adr1194	3470.00000	10.94	11.27
1195	orphan	adr1195	3370.00000	-102.00	0.00
1196	BS5 120	adr1196	3505.00000	16.69	16.78
1197	orphan	adr1197	3498.00000	-102.00	0.00
1198	orphan	adr1198	3505.00000	-102.00	0.00
1199	orphan	adr1199	3505.00000	-102.00	0.00
1200	orphan	adr1200	3491.00000	-102.00	0.00
1201	orphan	adr1201	3370.00000	-102.00	0.00
1202	BS3 240	adr1202	3477.00000	14.13	14.30
1203	BS1 240	adr1203	3505.00000	2.40	4.37
1204	orphan	adr1204	3491.00000	-102.00	0.00
1205	BS5 240	adr1205	3470.00000	-1.86	2.18
1206	BS3 240	adr1206	3477.00000	-9.13	0.50
1207	BS1 240	adr1207	3505.00000	-16.47	0.10
1208	BS1 240	adr1208	3505.00000	-4.47	1.33
1209	BS1 240	adr1209	3505.00000	5.24	6.37
1210	BS3 240	adr1210	3477.00000	16.09	16.20
1211	orphan	adr1211	3370.00000	-102.00	0.00
1212	orphan	adr1212	3370.00000	-102.00	0.00
1213	BS1 240	adr1213	3505.00000	15.41	15.53
1214	orphan	adr1214	3370.00000	-102.00	0.00
1215	orphan	adr1215	3498.00000	-102.00	0.00
1216	orphan	adr1216	3498.00000	-102.00	0.00
1217	BS1 240	adr1217	3505.00000	-7.12	0.77
1218	BS1 240	adr1218	3505.00000	14.22	14.38
1219	BS3 240	adr1219	3477.00000	14.59	14.74
1220	orphan	adr1220	3491.00000	-102.00	0.00
1221	orphan	adr1221	3505.00000	-102.00	0.00

1221	orphan	adr1221	3505.00000	-102.00	0.00
1222	BS3 240	adr1222	3477.00000	15.54	15.66
1223	orphan	adr1223	3505.00000	-102.00	0.00
1224	orphan	adr1224	3512.00000	-102.00	0.00
1225	orphan	adr1225	3505.00000	-102.00	0.00
1226	BS1 240	adr1226	3505.00000	10.75	11.10
1227	BS1 240	adr1227	3505.00000	13.44	13.63
1228	orphan	adr1228	3370.00000	-102.00	0.00
1229	BS2 120	adr1229	3512.00000	-17.66	0.07
1230	BS1 240	adr1230	3505.00000	12.96	13.17
1231	orphan	adr1231	3370.00000	-102.00	0.00
1232	BS1 240	adr1232	3505.00000	4.19	5.60
1233	BS1 120	adr1233	3498.00000	-1.29	2.41
1234	orphan	adr1234	3498.00000	-102.00	0.00
1235	BS2 120	adr1235	3512.00000	-2.29	2.02
1236	orphan	adr1236	3370.00000	-102.00	0.00
1237	orphan	adr1237	3498.00000	-102.00	0.00
1238	orphan	adr1238	3370.00000	-102.00	0.00
1239	orphan	adr1239	3470.00000	-102.00	0.00
1240	BS5 120	adr1240	3505.00000	0.19	3.11
1241	orphan	adr1241	3505.00000	-102.00	0.00
1242	orphan	adr1242	3498.00000	-102.00	0.00
1243	orphan	adr1243	3370.00000	-102.00	0.00
1244	orphan	adr1244	3370.00000	-102.00	0.00
1245	BS5 120	adr1245	3505.00000	30.94	30.94
1246	BS5 240	adr1246	3470.00000	1.25	3.68
1247	BS5 240	adr1247	3470.00000	-51.03	0.00
1248	BS5 240	adr1248	3470.00000	-1.28	2.42
1249	orphan	adr1249	3505.00000	-102.00	0.00
1250	BS4 120	adr1250	3512.00000	14.56	14.71
1251	BS5 240	adr1251	3470.00000	12.75	12.97
1252	BS5 240	adr1252	3470.00000	15.38	15.50
1253	orphan	adr1253	3370.00000	-102.00	0.00
1254	orphan	adr1254	3370.00000	-102.00	0.00
1255	BS1 240	adr1255	3505.00000	12.89	13.11
1256	BS5 240	adr1256	3470.00000	-36.83	0.00
1257	BS5 120	adr1257	3505.00000	32.68	32.68
1258	BS5 240	adr1258	3470.00000	5.28	6.41
1259	orphan	adr1259	3370.00000	-102.00	0.00
1260	orphan	adr1260	3370.00000	-102.00	0.00
1261	orphan	adr1261	3370.00000	-102.00	0.00
1262	orphan	adr1262	3491.00000	-102.00	0.00
1263	orphan	adr1263	3370.00000	-102.00	0.00
1264	orphan	adr1264	3370.00000	-102.00	0.00
1265	orphan	adr1265	3505.00000	-102.00	0.00
1266	orphan	adr1266	3470.00000	-102.00	0.00
1267	orphan	adr1267	3491.00000	-102.00	0.00
1268	BS5 240	adr1268	3470.00000	17.99	18.05
1269	BS5 240	adr1269	3470.00000	-8.01	0.64
1270	orphan	adr1270	3470.00000	-102.00	0.00
1271	orphan	adr1271	3370.00000	-102.00	0.00
1272	BS5 240	adr1272	3470.00000	13.67	13.86
1273	BS4 120	adr1273	3512.00000	-38.52	0.00
1274	orphan	adr1274	3491.00000	-102.00	0.00
1275	orphan	adr1275	3491.00000	-102.00	0.00
1276	BS5 240	adr1276	3470.00000	-23.60	0.02
1277	orphan	adr1277	3370.00000	-102.00	0.00
1278	orphan	adr1278	3370.00000	-102.00	0.00
1279	orphan	adr1279	3491.00000	-102.00	0.00
1280	orphan	adr1280	3370.00000	-102.00	0.00
1281	orphan	adr1281	3470.00000	-102.00	0.00
1282	orphan	adr1282	3470.00000	-102.00	0.00
1283	orphan	adr1283	3491.00000	-102.00	0.00
1284	orphan	adr1284	3491.00000	-102.00	0.00
1285	orphan	adr1285	3491.00000	-102.00	0.00
1286	BS5 240	adr1286	3470.00000	13.62	13.81
1287	BS5 240	adr1287	3470.00000	17.31	17.39
1288	orphan	adr1288	3370.00000	-102.00	0.00
1289	BS5 240	adr1289	3470.00000	-1.42	2.36
1290	orphan	adr1290	3370.00000	-102.00	0.00
1291	orphan	adr1291	3505.00000	-102.00	0.00
1292	orphan	adr1292	3505.00000	-102.00	0.00
1293	orphan	adr1293	3491.00000	-102.00	0.00
1294	BS2 240	adr1294	3498.00000	-10.14	0.40
1295	BS4 120	adr1295	3512.00000	12.85	13.07
1296	orphan	adr1296	3505.00000	-102.00	0.00
1297	orphan	adr1297	3491.00000	-102.00	0.00
1298	BS5 240	adr1298	3470.00000	12.49	12.73
1299	orphan	adr1299	3370.00000	-102.00	0.00
1300	orphan	adr1300	3370.00000	-102.00	0.00
1301	orphan	adr1301	3505.00000	-102.00	0.00
1302	orphan	adr1302	3370.00000	-102.00	0.00
1303	orphan	adr1303	3370.00000	-102.00	0.00
1304	orphan	adr1304	3370.00000	-102.00	0.00
1305	BS4 240	adr1305	3484.00000	23.21	23.23
1306	orphan	adr1306	3370.00000	-102.00	0.00
1307	orphan	adr1307	3470.00000	-102.00	0.00
1308	orphan	adr1308	3370.00000	-102.00	0.00
1309	BS5 120	adr1309	3505.00000	33.49	33.50
1310	orphan	adr1310	3484.00000	-102.00	0.00
1311	orphan	adr1311	3484.00000	-102.00	0.00
1312	orphan	adr1312	3370.00000	-102.00	0.00
1313	orphan	adr1313	3370.00000	-102.00	0.00
1314	orphan	adr1314	3512.00000	-102.00	0.00
1315	orphan	adr1315	3370.00000	-102.00	0.00
1316	orphan	adr1316	3370.00000	-102.00	0.00
1317	orphan	adr1317	3484.00000	-102.00	0.00
1318	orphan	adr1318	3370.00000	-102.00	0.00
1319	orphan	adr1319	3370.00000	-102.00	0.00
1320	orphan	adr1320	3370.00000	-102.00	0.00
1321	orphan	adr1321	3505.00000	-102.00	0.00
1322	BS5 120	adr1322	3505.00000	33.77	33.77
1323	orphan	adr1323	3370.00000	-102.00	0.00
1324	orphan	adr1324	3370.00000	-102.00	0.00
1325	orphan	adr1325	3370.00000	-102.00	0.00
1326	orphan	adr1326	3470.00000	-102.00	0.00
1327	orphan	adr1327	3370.00000	-102.00	0.00
1328	orphan	adr1328	3370.00000	-102.00	0.00
1329	orphan	adr1329	3470.00000	-102.00	0.00
1330	BS1 120	adr1330	3498.00000	-4.46	1.33
1331	orphan	adr1331	3370.00000	-102.00	0.00
1332	orphan	adr1332	3498.00000	-102.00	0.00
1333	orphan	adr1333	3370.00000	-102.00	0.00

1333	orphan	adr1333	3370.00000	-102.00	0.00
1334	orphan	adr1334	3484.00000	-102.00	0.00
1335	BS2 120	adr1335	3512.00000	-27.36	0.01
1336	orphan	adr1336	3470.00000	-102.00	0.00
1337	BS2 240	adr1337	3498.00000	10.43	10.80
1338	orphan	adr1338	3370.00000	-102.00	0.00
1339	orphan	adr1339	3370.00000	-102.00	0.00
1340	orphan	adr1340	3370.00000	-102.00	0.00
1341	orphan	adr1341	3370.00000	-102.00	0.00
1342	orphan	adr1342	3498.00000	-102.00	0.00
1343	orphan	adr1343	3370.00000	-102.00	0.00
1344	orphan	adr1344	3370.00000	-102.00	0.00
1345	orphan	adr1345	3370.00000	-102.00	0.00
1346	BS1 120	adr1346	3498.00000	4.32	5.89
1347	orphan	adr1347	3470.00000	-102.00	0.00
1348	orphan	adr1348	3491.00000	-102.00	0.00
1349	BS1 120	adr1349	3498.00000	-10.73	0.35
1350	BS3 240	adr1350	3477.00000	9.45	9.92
1351	orphan	adr1351	3370.00000	-102.00	0.00
1352	BS2 240	adr1352	3498.00000	-2.70	1.87
1353	BS5 240	adr1353	3470.00000	8.38	8.97
1354	orphan	adr1354	3370.00000	-102.00	0.00
1355	BS1 240	adr1355	3505.00000	-17.97	0.07
1356	orphan	adr1356	3370.00000	-102.00	0.00
1357	BS1 120	adr1357	3498.00000	-10.35	0.38
1358	BS2 120	adr1358	3512.00000	-31.08	0.00
1359	orphan	adr1359	3370.00000	-102.00	0.00
1360	orphan	adr1360	3505.00000	-102.00	0.00
1361	orphan	adr1361	3505.00000	-102.00	0.00
1362	orphan	adr1362	3491.00000	-102.00	0.00
1363	BS1 120	adr1363	3498.00000	-16.05	0.11
1364	orphan	adr1364	3491.00000	-102.00	0.00
1365	BS3 120	adr1365	3505.00000	16.02	16.12
1366	orphan	adr1366	3370.00000	-102.00	0.00
1367	BS5 120	adr1367	3505.00000	11.08	11.40
1368	BS1 240	adr1368	3505.00000	-8.86	0.53
1369	BS1 120	adr1369	3498.00000	-14.25	0.16
1370	orphan	adr1370	3491.00000	-102.00	0.00
1371	orphan	adr1371	3477.00000	-102.00	0.00
1372	orphan	adr1372	3498.00000	-102.00	0.00
1373	orphan	adr1373	3477.00000	-102.00	0.00
1374	BS5 240	adr1374	3470.00000	26.87	26.88
1375	orphan	adr1375	3498.00000	-102.00	0.00
1376	orphan	adr1376	3498.00000	-102.00	0.00
1377	BS1 240	adr1377	3505.00000	-9.42	0.47
1378	BS1 120	adr1378	3498.00000	-4.14	1.42
1379	BS1 240	adr1379	3505.00000	-1.39	2.37
1380	BS3 120	adr1380	3505.00000	20.19	20.23
1381	BS2 120	adr1381	3512.00000	-2.16	2.06
1382	BS2 120	adr1382	3512.00000	-1.23	2.44
1383	BS3 120	adr1383	3505.00000	19.49	19.54
1384	BS1 120	adr1384	3498.00000	7.01	7.80
1385	orphan	adr1385	3498.00000	-102.00	0.00
1386	BS2 240	adr1386	3498.00000	19.07	19.12
1387	BS1 240	adr1387	3505.00000	-13.48	0.19
1388	orphan	adr1388	3491.00000	-102.00	0.00
1389	BS1 120	adr1389	3498.00000	12.08	12.34
1390	orphan	adr1390	3512.00000	-102.00	0.00
1391	BS1 120	adr1391	3498.00000	3.84	5.34
1392	BS5 240	adr1392	3470.00000	22.17	22.19
1393	orphan	adr1393	3505.00000	-102.00	0.00
1394	orphan	adr1394	3370.00000	-102.00	0.00
1395	orphan	adr1395	3505.00000	-102.00	0.00
1396	BS5 240	adr1396	3470.00000	19.79	19.83
1397	orphan	adr1397	3370.00000	-102.00	0.00
1398	orphan	adr1398	3498.00000	-102.00	0.00
1399	BS1 120	adr1399	3498.00000	-1.00	2.54
1400	BS1 240	adr1400	3505.00000	0.94	3.50
1401	BS3 120	adr1401	3505.00000	22.35	22.37
1402	BS2 120	adr1402	3512.00000	-0.50	2.77
1403	orphan	adr1403	3498.00000	-102.00	0.00
1404	BS1 240	adr1404	3505.00000	22.31	22.33
1405	BS3 240	adr1405	3477.00000	-17.56	0.08
1406	BS2 120	adr1406	3512.00000	-12.69	0.23
1407	BS1 240	adr1407	3505.00000	13.73	13.91
1408	orphan	adr1408	3498.00000	-102.00	0.00
1409	orphan	adr1409	3498.00000	-102.00	0.00
1410	orphan	adr1410	3470.00000	-102.00	0.00
1411	BS1 120	adr1411	3498.00000	18.28	18.34
1412	BS5 120	adr1412	3505.00000	27.08	27.09
1413	BS3 240	adr1413	3477.00000	-14.06	0.17
1414	orphan	adr1414	3512.00000	-102.00	0.00
1415	orphan	adr1415	3512.00000	-102.00	0.00
1416	orphan	adr1416	3370.00000	-102.00	0.00
1417	orphan	adr1417	3498.00000	-102.00	0.00
1418	orphan	adr1418	3477.00000	-102.00	0.00
1419	orphan	adr1419	3370.00000	-102.00	0.00
1420	BS1 240	adr1420	3505.00000	-6.70	0.84
1421	orphan	adr1421	3470.00000	-102.00	0.00
1422	orphan	adr1422	3470.00000	-102.00	0.00
1423	orphan	adr1423	3477.00000	-102.00	0.00
1424	BS5 120	adr1424	3505.00000	-2.88	1.81
1425	orphan	adr1425	3370.00000	-102.00	0.00
1426	orphan	adr1426	3370.00000	-102.00	0.00
1427	orphan	adr1427	3370.00000	-102.00	0.00
1428	BS1 240	adr1428	3505.00000	-1.77	2.21
1429	BS2 120	adr1429	3512.00000	-0.71	2.67
1430	orphan	adr1430	3370.00000	-102.00	0.00
1431	orphan	adr1431	3370.00000	-102.00	0.00
1432	orphan	adr1432	3370.00000	-102.00	0.00
1433	BS5 240	adr1433	3470.00000	-27.18	0.01
1434	BS5 240	adr1434	3470.00000	-29.85	0.00
1435	orphan	adr1435	3498.00000	-102.00	0.00
1436	orphan	adr1436	3505.00000	-102.00	0.00
1437	BS5 240	adr1437	3470.00000	6.56	7.43
1438	orphan	adr1438	3505.00000	-102.00	0.00
1439	orphan	adr1439	3370.00000	-102.00	0.00
1440	orphan	adr1440	3370.00000	-102.00	0.00
1441	BS5 120	adr1441	3505.00000	31.87	31.87
1442	BS1 240	adr1442	3505.00000	11.61	11.90
1443	BS5 240	adr1443	3470.00000	5.85	6.85
1444	orphan	adr1444	3470.00000	-102.00	0.00
1445	orphan	adr1445	3470.00000	-102.00	0.00

1445	orphan	adr1445	3470.00000	-102.00	0.00
1446	orphan	adr1446	3370.00000	-102.00	0.00
1447	orphan	adr1447	3370.00000	-102.00	0.00
1448	BS5 240	adr1448	3470.00000	7.55	8.25
1449	orphan	adr1449	3370.00000	-102.00	0.00
1450	orphan	adr1450	3370.00000	-102.00	0.00
1451	orphan	adr1451	3370.00000	-102.00	0.00
1452	orphan	adr1452	3370.00000	-102.00	0.00
1453	orphan	adr1453	3370.00000	-102.00	0.00
1454	orphan	adr1454	3491.00000	-102.00	0.00
1455	BS5 240	adr1455	3470.00000	13.00	13.21
1456	orphan	adr1456	3491.00000	-102.00	0.00
1457	BS5 240	adr1457	3470.00000	-19.96	0.04
1458	orphan	adr1458	3370.00000	-102.00	0.00
1459	orphan	adr1459	3370.00000	-102.00	0.00
1460	orphan	adr1460	3370.00000	-102.00	0.00
1461	orphan	adr1461	3370.00000	-102.00	0.00
1462	BS1 240	adr1462	3505.00000	1.52	3.84
1463	orphan	adr1463	3370.00000	-102.00	0.00
1464	orphan	adr1464	3370.00000	-102.00	0.00
1465	orphan	adr1465	3370.00000	-102.00	0.00
1466	orphan	adr1466	3491.00000	-102.00	0.00
1467	orphan	adr1467	3491.00000	-102.00	0.00
1468	orphan	adr1468	3370.00000	-102.00	0.00
1469	orphan	adr1469	3491.00000	-102.00	0.00
1470	orphan	adr1470	3370.00000	-102.00	0.00
1471	BS1 240	adr1471	3505.00000	23.86	23.88
1472	orphan	adr1472	3491.00000	-102.00	0.00
1473	orphan	adr1473	3470.00000	-102.00	0.00
1474	BS5 120	adr1474	3505.00000	35.05	35.05
1475	orphan	adr1475	3370.00000	-102.00	0.00
1476	orphan	adr1476	3470.00000	-102.00	0.00
1477	orphan	adr1477	3370.00000	-102.00	0.00
1478	orphan	adr1478	3370.00000	-102.00	0.00
1479	orphan	adr1479	3370.00000	-102.00	0.00
1480	orphan	adr1480	3370.00000	-102.00	0.00
1481	orphan	adr1481	3370.00000	-102.00	0.00
1482	orphan	adr1482	3370.00000	-102.00	0.00
1483	BS5 240	adr1483	3470.00000	-25.32	0.01
1484	BS5 240	adr1484	3470.00000	9.78	10.21
1485	BS1 120	adr1485	3498.00000	2.34	4.34
1486	orphan	adr1486	3484.00000	-102.00	0.00
1487	orphan	adr1487	3484.00000	-102.00	0.00
1488	orphan	adr1488	3370.00000	-102.00	0.00
1489	BS5 240	adr1489	3470.00000	12.66	12.89
1490	orphan	adr1490	3370.00000	-102.00	0.00
1491	orphan	adr1491	3484.00000	-102.00	0.00
1492	orphan	adr1492	3370.00000	-102.00	0.00
1493	orphan	adr1493	3370.00000	-102.00	0.00
1494	orphan	adr1494	3370.00000	-102.00	0.00
1495	orphan	adr1495	3370.00000	-102.00	0.00
1496	orphan	adr1496	3370.00000	-102.00	0.00
1497	orphan	adr1497	3370.00000	-102.00	0.00
1498	orphan	adr1498	3370.00000	-102.00	0.00
1499	orphan	adr1499	3370.00000	-102.00	0.00
1500	orphan	adr1500	3370.00000	-102.00	0.00

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ

STATION TRAFFIC - Downlink

Station	BST	Subscribers	Demand	GOS B	Lines	BW (MHz)	Mbits dl	TD dB	Site
BS1	1	2	0.00	null	0.0	14.00	0.01	0	205
BS2	2	0	0.00	null	0.0	0.00	0.00	0	54
BS3	3	1	0.00	null	0.0	7.00	0.00	0	76
BS4	4	0	0.00	null	0.0	0.00	0.00	0	9
BS5	5	3	0.00	null	0.0	21.00	0.01	0	186
BS1 120	6	56	0.00	null	0.0	392.00	0.37	0	205
BS1 240	7	147	0.00	null	0.0	1029.00	0.89	0	205
BS2 120	8	26	0.00	null	0.0	182.00	0.22	0	54
BS2 240	9	28	0.00	null	0.0	196.00	0.25	0	54
BS3 120	10	22	0.00	null	0.0	154.00	0.12	0	76
BS3 240	11	53	0.00	null	0.0	371.00	0.35	0	76
BS4 120	12	3	0.00	null	0.0	21.00	0.05	0	9
BS4 240	13	6	0.00	null	0.0	42.00	0.05	0	9
BS5 120	14	52	0.00	null	0.0	364.00	0.57	0	186
BS5 240	15	131	0.00	null	0.0	917.00	1.01	0	186

Total subscribers in database: 1500

Total subscribers on map: 1500

Total parented subscribers (base): 530 (35.33 pc)

Total parented subscribers (selection): 530 (35.33 pc)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η

SUBSCRIBER BEST SERVER + SERVICE FLOW

BST	#	Mbits DL cf	Mbits UL cf	Remain DL cf	Remain UL cf	CPE(s)	CPE UL act %	CPE DL act %	QOS DL	QOS UL
BS1	1	0.0049	0.0030	1.8751	0.9670	2	12.50	12.50	100.00	100.00
BS2	2	0.0000	0.0000	1.8800	0.9700	0	0.00	0.00	0.00	0.00
BS3	3	0.0008	0.0042	1.8792	0.9658	1	10.00	10.00	100.00	100.00
BS4	4	0.0000	0.0000	1.8800	0.9700	0	0.00	0.00	0.00	0.00
BS5	5	0.0057	0.0155	1.8743	0.9545	3	11.67	11.67	100.00	100.00
BS1 120	6	0.2775	0.2955	1.6025	0.6745	56	12.32	12.32	99.76	100.00
BS1 240	7	0.6096	0.6170	1.2704	0.3530	147	12.45	12.45	88.31	87.29
BS2 120	8	0.1625	0.2116	1.7175	0.7584	26	13.27	13.27	100.00	100.00
BS2 240	9	0.1704	0.1614	1.7096	0.8086	28	12.32	12.32	100.00	100.00
BS3 120	10	0.0883	0.1188	1.7917	0.8512	22	12.05	12.05	100.00	100.00
BS3 240	11	0.2328	0.2595	1.6472	0.7105	53	12.45	12.45	99.83	100.00
BS4 120	12	0.0324	0.0276	1.8476	0.9424	3	15.00	15.00	100.00	100.00
BS4 240	13	0.0295	0.0201	1.8505	0.9499	6	12.50	12.50	100.00	100.00
BS5 120	14	0.3780	0.2604	1.5020	0.7096	52	12.21	12.21	99.11	100.00
BS5 240	15	0.6767	0.5707	1.2033	0.3993	131	12.86	12.86	86.55	86.52

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ

STATION TRAFFIC - Downlink

Station	BST	Subscribers	Demand	GOS B	Lines	BW (MHz)	Mbits dl	TD dB	Site
BS1	1	18	0.00	null	0.0	126.00	1.38	0	220
BS2	2	4	0.00	null	0.0	28.00	0.08	0	41
BS3	3	4	0.00	null	0.0	28.00	0.13	0	46
BS4	4	9	0.00	null	0.0	63.00	0.68	0	14
BS5	5	86	0.00	null	0.0	602.00	2.79	0	173
BS1 120	6	102	0.00	null	0.0	714.00	2.78	0	220
BS1 240	7	100	0.00	null	0.0	700.00	2.86	0	220
BS2 120	8	25	0.00	null	0.0	175.00	2.28	0	41
BS2 240	9	12	0.00	null	0.0	84.00	1.04	0	41
BS3 120	10	30	0.00	null	0.0	210.00	1.56	0	46
BS3 240	11	12	0.00	null	0.0	84.00	0.80	0	46
BS4 120	12	1	0.00	null	0.0	7.00	0.06	0	14
BS4 240	13	4	0.00	null	0.0	28.00	0.46	0	14
BS5 120	14	44	0.00	null	0.0	308.00	2.72	0	173
BS5 240	15	43	0.00	null	0.0	301.00	2.86	0	173

Total subscribers in database: 1500

Total subscribers on map: 1500

Total parented subscribers (base): 494 (32.93 pc)

Total parented subscribers (selection): 494 (32.93 pc)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

SUBSCRIBER BEST SERVER + SERVICE FLOW

BST	#	Mbits DL cf	Mbits UL cf	Remain DL cf	Remain UL cf	CPE(s)	CPE UL act %	CPE DL act %	QOS DL	QOS UL
BS1	1	1.0512	0.3757	0.8288	0.5943	18	13.33	13.33	100.00	100.00
BS2	2	0.0538	0.0307	1.8262	0.9393	4	11.25	11.25	100.00	100.00
BS3	3	0.0819	0.0358	1.7981	0.9342	4	12.50	12.50	100.00	100.00
BS4	4	0.4202	0.1570	1.4598	0.8130	9	12.78	12.78	100.00	100.00
BS5	5	1.8423	0.8401	0.0377	0.1299	86	11.92	11.92	85.16	87.72
BS1 120	6	1.8338	0.8843	0.0462	0.0857	102	11.86	11.86	85.39	86.71
BS1 240	7	1.8764	0.8899	0.0036	0.0801	100	11.90	11.90	84.82	86.35
BS2 120	8	1.6576	0.5819	0.2224	0.3881	25	13.60	13.60	84.90	100.00
BS2 240	9	0.7847	0.2784	1.0953	0.6916	12	13.33	13.33	100.00	100.00
BS3 120	10	1.0943	0.4328	0.7857	0.5372	30	12.33	12.33	98.82	100.00
BS3 240	11	0.5557	0.2064	1.3243	0.7636	12	12.92	12.92	100.00	100.00
BS4 120	12	0.0346	0.0115	1.8454	0.9585	1	15.00	15.00	100.00	100.00
BS4 240	13	0.3064	0.1063	1.5736	0.8637	4	13.75	13.75	100.00	100.00
BS5 120	14	1.8290	0.6861	0.0510	0.2839	44	12.95	12.95	79.56	94.09
BS5 240	15	1.8162	0.6733	0.0638	0.2967	43	13.14	13.14	77.09	93.64

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΑ

STATION TRAFFIC - Downlink

Station	BST	Subscribers	Demand	GOS B	Lines	BW (MHz)	Mbits dl	TD dB	Site
BS1	1	68	0.00	null	0.0	476.00	1.84	0	207
BS2	2	19	0.00	null	0.0	133.00	1.85	0	105
BS3	3	28	0.00	null	0.0	196.00	1.86	0	94
BS4	4	47	0.00	null	0.0	329.00	1.77	0	98
BS5	5	61	0.00	null	0.0	427.00	1.86	0	191
BS1 120	6	59	0.00	null	0.0	413.00	1.87	0	207
BS1 240	7	80	0.00	null	0.0	560.00	1.82	0	207
BS2 120	8	49	0.00	null	0.0	343.00	1.86	0	105
BS2 240	9	37	0.00	null	0.0	259.00	1.74	0	105
BS3 120	10	31	0.00	null	0.0	217.00	1.79	0	94
BS3 240	11	35	0.00	null	0.0	245.00	1.82	0	94
BS4 120	12	27	0.00	null	0.0	189.00	1.87	0	98
BS4 240	13	24	0.00	null	0.0	168.00	1.74	0	98
BS5 120	14	71	0.00	null	0.0	497.00	1.86	0	191
BS5 240	15	59	0.00	null	0.0	413.00	1.83	0	191

Total subscribers in database: 1372

Total subscribers on map: 1372

Total parented subscribers (base): 695 (50.66 pc)

Total parented subscribers (selection): 695 (50.66 pc)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΒ

STATION TRAFFIC - Downlink

Station	BST	Subscribers	Demand	GOS B	Lines	BW (MHz)	Mbits dl	TD dB	Site
BS1	1	58	0.00	null	0.0	406.00	1.03	0	320
BS2	2	8	0.00	null	0.0	56.00	0.24	0	96
BS3	3	19	0.00	null	0.0	133.00	0.40	0	90
BS4	4	58	0.00	null	0.0	406.00	1.88	0	86
BS5	5	80	0.00	null	0.0	560.00	0.91	0	261
BS1 120	6	133	0.00	null	0.0	931.00	1.88	0	320
BS1 240	7	129	0.00	null	0.0	903.00	1.87	0	320
BS2 120	8	54	0.00	null	0.0	378.00	1.05	0	96
BS2 240	9	34	0.00	null	0.0	238.00	0.67	0	96
BS3 120	10	41	0.00	null	0.0	287.00	0.56	0	90
BS3 240	11	30	0.00	null	0.0	210.00	0.71	0	90
BS4 120	12	10	0.00	null	0.0	70.00	0.37	0	86
BS4 240	13	18	0.00	null	0.0	126.00	0.21	0	86
BS5 120	14	92	0.00	null	0.0	644.00	1.79	0	261
BS5 240	15	89	0.00	null	0.0	623.00	1.78	0	261

Total subscribers in database: 1358

Total subscribers on map: 1358

Total parented subscribers (base): 853 (62.81 pc)

Total parented subscribers (selection): 853 (62.81 pc)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΓ

STATION TRAFFIC DIAGRAM

Angle (°)	Station	BST #	Subscribers	Demand (Mbits)
0	BS1	1	0	0.0000
5	BS1	1	2	0.4480
10	BS1	1	0	0.0000
15	BS1	1	0	0.0000
20	BS1	1	2	1.0640
25	BS1	1	0	0.0000
30	BS1	1	0	0.0000
35	BS1	1	0	0.0000
40	BS1	1	0	0.0000
45	BS1	1	0	0.0000
50	BS1	1	0	0.0000
55	BS1	1	0	0.0000
60	BS1	1	0	0.0000
65	BS1	1	0	0.0000
70	BS1	1	0	0.0000
75	BS1	1	0	0.0000
80	BS1	1	0	0.0000
85	BS1	1	0	0.0000
90	BS1	1	0	0.0000
95	BS1	1	0	0.0000
100	BS1	1	0	0.0000
105	BS1	1	0	0.0000
110	BS1	1	0	0.0000
115	BS1	1	0	0.0000
120	BS1	1	0	0.0000
125	BS1	1	0	0.0000
130	BS1	1	0	0.0000
135	BS1	1	0	0.0000
140	BS1	1	0	0.0000
145	BS1	1	0	0.0000
150	BS1	1	0	0.0000
155	BS1	1	0	0.0000
160	BS1	1	0	0.0000
165	BS1	1	0	0.0000
170	BS1	1	0	0.0000
175	BS1	1	0	0.0000
180	BS1	1	0	0.0000
185	BS1	1	0	0.0000
190	BS1	1	0	0.0000
195	BS1	1	0	0.0000
200	BS1	1	0	0.0000
205	BS1	1	0	0.0000
210	BS1	1	0	0.0000
215	BS1	1	0	0.0000
220	BS1	1	0	0.0000
225	BS1	1	0	0.0000
230	BS1	1	0	0.0000
235	BS1	1	0	0.0000
240	BS1	1	0	0.0000
245	BS1	1	0	0.0000
250	BS1	1	0	0.0000
255	BS1	1	0	0.0000
260	BS1	1	0	0.0000
265	BS1	1	0	0.0000
270	BS1	1	0	0.0000
275	BS1	1	0	0.0000
280	BS1	1	0	0.0000
285	BS1	1	0	0.0000
290	BS1	1	0	0.0000
295	BS1	1	0	0.0000
300	BS1	1	0	0.0000
305	BS1	1	0	0.0000
310	BS1	1	0	0.0000
315	BS1	1	0	0.0000
320	BS1	1	0	0.0000
325	BS1	1	0	0.0000
330	BS1	1	1	0.0640
335	BS1	1	0	0.0000
340	BS1	1	0	0.0000
345	BS1	1	0	0.0000
350	BS1	1	0	0.0000
355	BS1	1	1	0.3840
0	BS2	2	0	0.0000
5	BS2	2	0	0.0000
10	BS2	2	0	0.0000
15	BS2	2	0	0.0000
20	BS2	2	0	0.0000
25	BS2	2	0	0.0000
30	BS2	2	0	0.0000
35	BS2	2	0	0.0000
40	BS2	2	0	0.0000
45	BS2	2	0	0.0000
50	BS2	2	0	0.0000
55	BS2	2	0	0.0000
60	BS2	2	0	0.0000
65	BS2	2	0	0.0000
70	BS2	2	0	0.0000
75	BS2	2	0	0.0000
80	BS2	2	0	0.0000
85	BS2	2	0	0.0000
90	BS2	2	0	0.0000
95	BS2	2	0	0.0000
100	BS2	2	0	0.0000
105	BS2	2	0	0.0000
110	BS2	2	0	0.0000
115	BS2	2	0	0.0000
120	BS2	2	0	0.0000
125	BS2	2	0	0.0000
130	BS2	2	0	0.0000
135	BS2	2	0	0.0000
140	BS2	2	0	0.0000
145	BS2	2	0	0.0000
150	BS2	2	0	0.0000
155	BS2	2	0	0.0000
160	BS2	2	0	0.0000
165	BS2	2	0	0.0000

165	BS2	2	0	0.0000
170	BS2	2	0	0.0000
175	BS2	2	0	0.0000
180	BS2	2	0	0.0000
185	BS2	2	0	0.0000
190	BS2	2	0	0.0000
195	BS2	2	0	0.0000
200	BS2	2	0	0.0000
205	BS2	2	0	0.0000
210	BS2	2	0	0.0000
215	BS2	2	0	0.0000
220	BS2	2	0	0.0000
225	BS2	2	0	0.0000
230	BS2	2	0	0.0000
235	BS2	2	0	0.0000
240	BS2	2	0	0.0000
245	BS2	2	0	0.0000
250	BS2	2	0	0.0000
255	BS2	2	0	0.0000
260	BS2	2	0	0.0000
265	BS2	2	0	0.0000
270	BS2	2	0	0.0000
275	BS2	2	0	0.0000
280	BS2	2	0	0.0000
285	BS2	2	0	0.0000
290	BS2	2	0	0.0000
295	BS2	2	0	0.0000
300	BS2	2	0	0.0000
305	BS2	2	0	0.0000
310	BS2	2	0	0.0000
315	BS2	2	0	0.0000
320	BS2	2	0	0.0000
325	BS2	2	0	0.0000
330	BS2	2	0	0.0000
335	BS2	2	0	0.0000
340	BS2	2	0	0.0000
345	BS2	2	0	0.0000
350	BS2	2	0	0.0000
355	BS2	2	0	0.0000
0	BS3	3	0	0.0000
5	BS3	3	0	0.0000
10	BS3	3	0	0.0000
15	BS3	3	0	0.0000
20	BS3	3	0	0.0000
25	BS3	3	0	0.0000
30	BS3	3	0	0.0000
35	BS3	3	0	0.0000
40	BS3	3	0	0.0000
45	BS3	3	0	0.0000
50	BS3	3	0	0.0000
55	BS3	3	0	0.0000
60	BS3	3	0	0.0000
65	BS3	3	0	0.0000
70	BS3	3	0	0.0000
75	BS3	3	0	0.0000
80	BS3	3	0	0.0000
85	BS3	3	0	0.0000
90	BS3	3	0	0.0000
95	BS3	3	0	0.0000
100	BS3	3	0	0.0000
105	BS3	3	0	0.0000
110	BS3	3	0	0.0000
115	BS3	3	0	0.0000
120	BS3	3	0	0.0000
125	BS3	3	0	0.0000
130	BS3	3	0	0.0000
135	BS3	3	0	0.0000
140	BS3	3	0	0.0000
145	BS3	3	0	0.0000
150	BS3	3	0	0.0000
155	BS3	3	0	0.0000
160	BS3	3	0	0.0000
165	BS3	3	0	0.0000
170	BS3	3	0	0.0000
175	BS3	3	0	0.0000
180	BS3	3	0	0.0000
185	BS3	3	0	0.0000
190	BS3	3	0	0.0000
195	BS3	3	0	0.0000
200	BS3	3	0	0.0000
205	BS3	3	0	0.0000
210	BS3	3	0	0.0000
215	BS3	3	0	0.0000
220	BS3	3	0	0.0000
225	BS3	3	0	0.0000
230	BS3	3	0	0.0000
235	BS3	3	0	0.0000
240	BS3	3	0	0.0000
245	BS3	3	0	0.0000
250	BS3	3	0	0.0000
255	BS3	3	0	0.0000
260	BS3	3	0	0.0000
265	BS3	3	0	0.0000
270	BS3	3	0	0.0000
275	BS3	3	0	0.0000
280	BS3	3	0	0.0000
285	BS3	3	0	0.0000
290	BS3	3	0	0.0000
295	BS3	3	0	0.0000
300	BS3	3	0	0.0000
305	BS3	3	0	0.0000
310	BS3	3	0	0.0000
315	BS3	3	0	0.0000
320	BS3	3	0	0.0000
325	BS3	3	0	0.0000
330	BS3	3	0	0.0000
335	BS3	3	0	0.0000
340	BS3	3	0	0.0000
345	BS3	3	0	0.0000
350	BS3	3	0	0.0000
355	BS3	3	0	0.0000
0	BS4	4	0	0.0000
5	BS4	4	1	0.3840

5	BS4	4	1	0.3840
10	BS4	4	0	0.0000
15	BS4	4	0	0.0000
20	BS4	4	0	0.0000
25	BS4	4	0	0.0000
30	BS4	4	0	0.0000
35	BS4	4	0	0.0000
40	BS4	4	0	0.0000
45	BS4	4	0	0.0000
50	BS4	4	0	0.0000
55	BS4	4	0	0.0000
60	BS4	4	0	0.0000
65	BS4	4	0	0.0000
70	BS4	4	0	0.0000
75	BS4	4	0	0.0000
80	BS4	4	0	0.0000
85	BS4	4	0	0.0000
90	BS4	4	0	0.0000
95	BS4	4	0	0.0000
100	BS4	4	0	0.0000
105	BS4	4	0	0.0000
110	BS4	4	0	0.0000
115	BS4	4	0	0.0000
120	BS4	4	0	0.0000
125	BS4	4	0	0.0000
130	BS4	4	0	0.0000
135	BS4	4	0	0.0000
140	BS4	4	0	0.0000
145	BS4	4	0	0.0000
150	BS4	4	0	0.0000
155	BS4	4	0	0.0000
160	BS4	4	0	0.0000
165	BS4	4	0	0.0000
170	BS4	4	0	0.0000
175	BS4	4	0	0.0000
180	BS4	4	0	0.0000
185	BS4	4	0	0.0000
190	BS4	4	0	0.0000
195	BS4	4	0	0.0000
200	BS4	4	0	0.0000
205	BS4	4	0	0.0000
210	BS4	4	0	0.0000
215	BS4	4	0	0.0000
220	BS4	4	0	0.0000
225	BS4	4	0	0.0000
230	BS4	4	0	0.0000
235	BS4	4	0	0.0000
240	BS4	4	0	0.0000
245	BS4	4	0	0.0000
250	BS4	4	0	0.0000
255	BS4	4	0	0.0000
260	BS4	4	0	0.0000
265	BS4	4	0	0.0000
270	BS4	4	0	0.0000
275	BS4	4	0	0.0000
280	BS4	4	0	0.0000
285	BS4	4	0	0.0000
290	BS4	4	0	0.0000
295	BS4	4	0	0.0000
300	BS4	4	0	0.0000
305	BS4	4	0	0.0000
310	BS4	4	0	0.0000
315	BS4	4	0	0.0000
320	BS4	4	0	0.0000
325	BS4	4	0	0.0000
330	BS4	4	0	0.0000
335	BS4	4	0	0.0000
340	BS4	4	0	0.0000
345	BS4	4	0	0.0000
350	BS4	4	0	0.0000
355	BS4	4	0	0.0000
0	BS5	5	1	0.3840
5	BS5	5	0	0.0000
10	BS5	5	0	0.0000
15	BS5	5	1	1.0000
20	BS5	5	2	1.0640
25	BS5	5	1	1.0000
30	BS5	5	0	0.0000
35	BS5	5	0	0.0000
40	BS5	5	0	0.0000
45	BS5	5	0	0.0000
50	BS5	5	0	0.0000
55	BS5	5	0	0.0000
60	BS5	5	0	0.0000
65	BS5	5	0	0.0000
70	BS5	5	0	0.0000
75	BS5	5	0	0.0000
80	BS5	5	0	0.0000
85	BS5	5	0	0.0000
90	BS5	5	0	0.0000
95	BS5	5	0	0.0000
100	BS5	5	0	0.0000
105	BS5	5	0	0.0000
110	BS5	5	0	0.0000
115	BS5	5	0	0.0000
120	BS5	5	0	0.0000
125	BS5	5	0	0.0000
130	BS5	5	0	0.0000
135	BS5	5	0	0.0000
140	BS5	5	0	0.0000
145	BS5	5	0	0.0000
150	BS5	5	0	0.0000
155	BS5	5	0	0.0000
160	BS5	5	0	0.0000
165	BS5	5	0	0.0000
170	BS5	5	0	0.0000
175	BS5	5	0	0.0000
180	BS5	5	0	0.0000
185	BS5	5	0	0.0000
190	BS5	5	0	0.0000
195	BS5	5	0	0.0000
200	BS5	5	0	0.0000
205	BS5	5	0	0.0000

205	BS5	5	0	0.0000
210	BS5	5	0	0.0000
215	BS5	5	0	0.0000
220	BS5	5	0	0.0000
225	BS5	5	0	0.0000
230	BS5	5	0	0.0000
235	BS5	5	0	0.0000
240	BS5	5	0	0.0000
245	BS5	5	0	0.0000
250	BS5	5	0	0.0000
255	BS5	5	0	0.0000
260	BS5	5	0	0.0000
265	BS5	5	0	0.0000
270	BS5	5	0	0.0000
275	BS5	5	0	0.0000
280	BS5	5	0	0.0000
285	BS5	5	0	0.0000
290	BS5	5	0	0.0000
295	BS5	5	0	0.0000
300	BS5	5	0	0.0000
305	BS5	5	0	0.0000
310	BS5	5	0	0.0000
315	BS5	5	0	0.0000
320	BS5	5	0	0.0000
325	BS5	5	0	0.0000
330	BS5	5	1	0.0640
335	BS5	5	0	0.0000
340	BS5	5	0	0.0000
345	BS5	5	0	0.0000
350	BS5	5	0	0.0000
355	BS5	5	0	0.0000
0	BS1 120	6	0	0.0000
5	BS1 120	6	0	0.0000
10	BS1 120	6	0	0.0000
15	BS1 120	6	0	0.0000
20	BS1 120	6	2	0.4480
25	BS1 120	6	0	0.0000
30	BS1 120	6	0	0.0000
35	BS1 120	6	2	0.1280
40	BS1 120	6	0	0.0000
45	BS1 120	6	1	1.0000
50	BS1 120	6	0	0.0000
55	BS1 120	6	0	0.0000
60	BS1 120	6	2	1.3840
65	BS1 120	6	1	0.0640
70	BS1 120	6	1	0.3840
75	BS1 120	6	0	0.0000
80	BS1 120	6	2	2.0000
85	BS1 120	6	5	1.6000
90	BS1 120	6	2	1.0640
95	BS1 120	6	7	0.7680
100	BS1 120	6	2	0.4480
105	BS1 120	6	2	0.4480
110	BS1 120	6	6	2.9200
115	BS1 120	6	0	0.0000
120	BS1 120	6	3	2.0640
125	BS1 120	6	2	2.0000
130	BS1 120	6	1	1.0000
135	BS1 120	6	0	0.0000
140	BS1 120	6	1	1.0000
145	BS1 120	6	0	0.0000
150	BS1 120	6	1	0.0640
155	BS1 120	6	0	0.0000
160	BS1 120	6	0	0.0000
165	BS1 120	6	0	0.0000
170	BS1 120	6	1	0.0640
175	BS1 120	6	0	0.0000
180	BS1 120	6	0	0.0000
185	BS1 120	6	0	0.0000
190	BS1 120	6	0	0.0000
195	BS1 120	6	0	0.0000
200	BS1 120	6	0	0.0000
205	BS1 120	6	0	0.0000
210	BS1 120	6	0	0.0000
215	BS1 120	6	0	0.0000
220	BS1 120	6	0	0.0000
225	BS1 120	6	0	0.0000
230	BS1 120	6	1	0.0640
235	BS1 120	6	0	0.0000
240	BS1 120	6	0	0.0000
245	BS1 120	6	0	0.0000
250	BS1 120	6	0	0.0000
255	BS1 120	6	0	0.0000
260	BS1 120	6	0	0.0000
265	BS1 120	6	0	0.0000
270	BS1 120	6	0	0.0000
275	BS1 120	6	0	0.0000
280	BS1 120	6	0	0.0000
285	BS1 120	6	0	0.0000
290	BS1 120	6	0	0.0000
295	BS1 120	6	0	0.0000
300	BS1 120	6	0	0.0000
305	BS1 120	6	0	0.0000
310	BS1 120	6	0	0.0000
315	BS1 120	6	0	0.0000
320	BS1 120	6	0	0.0000
325	BS1 120	6	0	0.0000
330	BS1 120	6	0	0.0000
335	BS1 120	6	0	0.0000
340	BS1 120	6	0	0.0000
345	BS1 120	6	0	0.0000
350	BS1 120	6	0	0.0000
355	BS1 120	6	0	0.0000
0	BS1 240	7	0	0.0000
5	BS1 240	7	0	0.0000
10	BS1 240	7	0	0.0000
15	BS1 240	7	0	0.0000
20	BS1 240	7	1	0.0640
25	BS1 240	7	0	0.0000
30	BS1 240	7	0	0.0000
35	BS1 240	7	0	0.0000
40	BS1 240	7	0	0.0000
45	BS1 240	7	0	0.0000

45	BS1 240	7	0	0.0000
50	BS1 240	7	0	0.0000
55	BS1 240	7	0	0.0000
60	BS1 240	7	0	0.0000
65	BS1 240	7	0	0.0000
70	BS1 240	7	0	0.0000
75	BS1 240	7	0	0.0000
80	BS1 240	7	0	0.0000
85	BS1 240	7	0	0.0000
90	BS1 240	7	0	0.0000
95	BS1 240	7	0	0.0000
100	BS1 240	7	0	0.0000
105	BS1 240	7	0	0.0000
110	BS1 240	7	1	0.3840
115	BS1 240	7	3	2.3840
120	BS1 240	7	1	0.3840
125	BS1 240	7	1	1.0000
130	BS1 240	7	2	2.0000
135	BS1 240	7	4	3.3840
140	BS1 240	7	5	5.0000
145	BS1 240	7	1	1.0000
150	BS1 240	7	3	0.8320
155	BS1 240	7	3	1.7680
160	BS1 240	7	3	2.0640
165	BS1 240	7	3	0.5120
170	BS1 240	7	3	1.4480
175	BS1 240	7	2	0.4480
180	BS1 240	7	1	0.0640
185	BS1 240	7	2	0.1280
190	BS1 240	7	4	1.5120
195	BS1 240	7	2	0.1280
200	BS1 240	7	3	2.0640
205	BS1 240	7	2	0.1280
210	BS1 240	7	5	1.2560
215	BS1 240	7	6	2.5760
220	BS1 240	7	2	0.1280
225	BS1 240	7	4	1.1920
230	BS1 240	7	0	0.0000
235	BS1 240	7	7	2.0240
240	BS1 240	7	2	1.0640
245	BS1 240	7	5	1.2800
250	BS1 240	7	3	1.1520
255	BS1 240	7	5	2.2160
260	BS1 240	7	5	1.6000
265	BS1 240	7	1	1.0000
270	BS1 240	7	9	2.4480
275	BS1 240	7	5	1.6000
280	BS1 240	7	3	2.3840
285	BS1 240	7	5	2.5360
290	BS1 240	7	1	1.0000
295	BS1 240	7	1	0.3840
300	BS1 240	7	1	1.0000
305	BS1 240	7	0	0.0000
310	BS1 240	7	0	0.0000
315	BS1 240	7	1	1.0000
320	BS1 240	7	0	0.0000
325	BS1 240	7	0	0.0000
330	BS1 240	7	2	1.3840
335	BS1 240	7	2	1.0640
340	BS1 240	7	0	0.0000
345	BS1 240	7	1	0.3840
350	BS1 240	7	0	0.0000
355	BS1 240	7	1	0.0640
0	BS2 120	8	0	0.0000
5	BS2 120	8	0	0.0000
10	BS2 120	8	0	0.0000
15	BS2 120	8	0	0.0000
20	BS2 120	8	0	0.0000
25	BS2 120	8	0	0.0000
30	BS2 120	8	0	0.0000
35	BS2 120	8	0	0.0000
40	BS2 120	8	0	0.0000
45	BS2 120	8	0	0.0000
50	BS2 120	8	0	0.0000
55	BS2 120	8	0	0.0000
60	BS2 120	8	0	0.0000
65	BS2 120	8	0	0.0000
70	BS2 120	8	0	0.0000
75	BS2 120	8	1	0.0640
80	BS2 120	8	0	0.0000
85	BS2 120	8	1	0.0640
90	BS2 120	8	1	0.3840
95	BS2 120	8	1	0.0640
100	BS2 120	8	1	0.0640
105	BS2 120	8	0	0.0000
110	BS2 120	8	0	0.0000
115	BS2 120	8	0	0.0000
120	BS2 120	8	1	0.3840
125	BS2 120	8	0	0.0000
130	BS2 120	8	2	2.0000
135	BS2 120	8	0	0.0000
140	BS2 120	8	0	0.0000
145	BS2 120	8	0	0.0000
150	BS2 120	8	0	0.0000
155	BS2 120	8	0	0.0000
160	BS2 120	8	1	0.3840
165	BS2 120	8	1	0.0640
170	BS2 120	8	0	0.0000
175	BS2 120	8	0	0.0000
180	BS2 120	8	0	0.0000
185	BS2 120	8	0	0.0000
190	BS2 120	8	0	0.0000
195	BS2 120	8	0	0.0000
200	BS2 120	8	0	0.0000
205	BS2 120	8	0	0.0000
210	BS2 120	8	0	0.0000
215	BS2 120	8	0	0.0000
220	BS2 120	8	0	0.0000
225	BS2 120	8	0	0.0000
230	BS2 120	8	0	0.0000
235	BS2 120	8	0	0.0000
240	BS2 120	8	0	0.0000
245	BS2 120	8	0	0.0000

245	BS2 120	8	0	0.0000
250	BS2 120	8	0	0.0000
255	BS2 120	8	0	0.0000
260	BS2 120	8	0	0.0000
265	BS2 120	8	0	0.0000
270	BS2 120	8	0	0.0000
275	BS2 120	8	0	0.0000
280	BS2 120	8	0	0.0000
285	BS2 120	8	0	0.0000
290	BS2 120	8	0	0.0000
295	BS2 120	8	0	0.0000
300	BS2 120	8	0	0.0000
305	BS2 120	8	0	0.0000
310	BS2 120	8	0	0.0000
315	BS2 120	8	0	0.0000
320	BS2 120	8	0	0.0000
325	BS2 120	8	0	0.0000
330	BS2 120	8	0	0.0000
335	BS2 120	8	0	0.0000
340	BS2 120	8	0	0.0000
345	BS2 120	8	0	0.0000
350	BS2 120	8	0	0.0000
355	BS2 120	8	0	0.0000
0	BS2 240	9	0	0.0000
5	BS2 240	9	0	0.0000
10	BS2 240	9	0	0.0000
15	BS2 240	9	0	0.0000
20	BS2 240	9	0	0.0000
25	BS2 240	9	0	0.0000
30	BS2 240	9	0	0.0000
35	BS2 240	9	0	0.0000
40	BS2 240	9	0	0.0000
45	BS2 240	9	0	0.0000
50	BS2 240	9	0	0.0000
55	BS2 240	9	1	0.0640
60	BS2 240	9	0	0.0000
65	BS2 240	9	0	0.0000
70	BS2 240	9	0	0.0000
75	BS2 240	9	0	0.0000
80	BS2 240	9	0	0.0000
85	BS2 240	9	0	0.0000
90	BS2 240	9	0	0.0000
95	BS2 240	9	0	0.0000
100	BS2 240	9	0	0.0000
105	BS2 240	9	0	0.0000
110	BS2 240	9	0	0.0000
115	BS2 240	9	0	0.0000
120	BS2 240	9	0	0.0000
125	BS2 240	9	0	0.0000
130	BS2 240	9	0	0.0000
135	BS2 240	9	0	0.0000
140	BS2 240	9	0	0.0000
145	BS2 240	9	0	0.0000
150	BS2 240	9	1	0.0640
155	BS2 240	9	2	1.3840
160	BS2 240	9	1	0.3840
165	BS2 240	9	0	0.0000
170	BS2 240	9	3	2.0640
175	BS2 240	9	1	0.3840
180	BS2 240	9	1	0.0640
185	BS2 240	9	1	1.0000
190	BS2 240	9	0	0.0000
195	BS2 240	9	0	0.0000
200	BS2 240	9	0	0.0000
205	BS2 240	9	2	0.1280
210	BS2 240	9	0	0.0000
215	BS2 240	9	0	0.0000
220	BS2 240	9	0	0.0000
225	BS2 240	9	0	0.0000
230	BS2 240	9	0	0.0000
235	BS2 240	9	1	0.0640
240	BS2 240	9	0	0.0000
245	BS2 240	9	0	0.0000
250	BS2 240	9	0	0.0000
255	BS2 240	9	0	0.0000
260	BS2 240	9	0	0.0000
265	BS2 240	9	0	0.0000
270	BS2 240	9	0	0.0000
275	BS2 240	9	0	0.0000
280	BS2 240	9	0	0.0000
285	BS2 240	9	0	0.0000
290	BS2 240	9	0	0.0000
295	BS2 240	9	0	0.0000
300	BS2 240	9	0	0.0000
305	BS2 240	9	0	0.0000
310	BS2 240	9	0	0.0000
315	BS2 240	9	0	0.0000
320	BS2 240	9	0	0.0000
325	BS2 240	9	0	0.0000
330	BS2 240	9	0	0.0000
335	BS2 240	9	0	0.0000
340	BS2 240	9	0	0.0000
345	BS2 240	9	0	0.0000
350	BS2 240	9	0	0.0000
355	BS2 240	9	0	0.0000
0	BS3 120	10	0	0.0000
5	BS3 120	10	0	0.0000
10	BS3 120	10	0	0.0000
15	BS3 120	10	0	0.0000
20	BS3 120	10	0	0.0000
25	BS3 120	10	0	0.0000
30	BS3 120	10	0	0.0000
35	BS3 120	10	0	0.0000
40	BS3 120	10	0	0.0000
45	BS3 120	10	0	0.0000
50	BS3 120	10	1	0.0640
55	BS3 120	10	1	0.0640
60	BS3 120	10	0	0.0000
65	BS3 120	10	1	1.0000
70	BS3 120	10	0	0.0000
75	BS3 120	10	0	0.0000
80	BS3 120	10	0	0.0000
85	BS3 120	10	0	0.0000

85	BS3 120	10	0	0.0000
90	BS3 120	10	0	0.0000
95	BS3 120	10	0	0.0000
100	BS3 120	10	0	0.0000
105	BS3 120	10	0	0.0000
110	BS3 120	10	0	0.0000
115	BS3 120	10	0	0.0000
120	BS3 120	10	0	0.0000
125	BS3 120	10	0	0.0000
130	BS3 120	10	3	1.7680
135	BS3 120	10	0	0.0000
140	BS3 120	10	1	0.3840
145	BS3 120	10	3	1.1520
150	BS3 120	10	3	1.7680
155	BS3 120	10	0	0.0000
160	BS3 120	10	0	0.0000
165	BS3 120	10	1	0.0640
170	BS3 120	10	0	0.0000
175	BS3 120	10	0	0.0000
180	BS3 120	10	1	0.0640
185	BS3 120	10	0	0.0000
190	BS3 120	10	0	0.0000
195	BS3 120	10	0	0.0000
200	BS3 120	10	0	0.0000
205	BS3 120	10	0	0.0000
210	BS3 120	10	0	0.0000
215	BS3 120	10	0	0.0000
220	BS3 120	10	0	0.0000
225	BS3 120	10	0	0.0000
230	BS3 120	10	0	0.0000
235	BS3 120	10	0	0.0000
240	BS3 120	10	0	0.0000
245	BS3 120	10	0	0.0000
250	BS3 120	10	0	0.0000
255	BS3 120	10	0	0.0000
260	BS3 120	10	0	0.0000
265	BS3 120	10	0	0.0000
270	BS3 120	10	0	0.0000
275	BS3 120	10	0	0.0000
280	BS3 120	10	0	0.0000
285	BS3 120	10	0	0.0000
290	BS3 120	10	0	0.0000
295	BS3 120	10	0	0.0000
300	BS3 120	10	0	0.0000
305	BS3 120	10	0	0.0000
310	BS3 120	10	0	0.0000
315	BS3 120	10	0	0.0000
320	BS3 120	10	0	0.0000
325	BS3 120	10	0	0.0000
330	BS3 120	10	0	0.0000
335	BS3 120	10	0	0.0000
340	BS3 120	10	0	0.0000
345	BS3 120	10	0	0.0000
350	BS3 120	10	0	0.0000
355	BS3 120	10	0	0.0000
0	BS3 240	11	0	0.0000
5	BS3 240	11	0	0.0000
10	BS3 240	11	0	0.0000
15	BS3 240	11	0	0.0000
20	BS3 240	11	0	0.0000
25	BS3 240	11	0	0.0000
30	BS3 240	11	0	0.0000
35	BS3 240	11	0	0.0000
40	BS3 240	11	0	0.0000
45	BS3 240	11	0	0.0000
50	BS3 240	11	0	0.0000
55	BS3 240	11	0	0.0000
60	BS3 240	11	0	0.0000
65	BS3 240	11	0	0.0000
70	BS3 240	11	0	0.0000
75	BS3 240	11	0	0.0000
80	BS3 240	11	0	0.0000
85	BS3 240	11	0	0.0000
90	BS3 240	11	0	0.0000
95	BS3 240	11	0	0.0000
100	BS3 240	11	0	0.0000
105	BS3 240	11	0	0.0000
110	BS3 240	11	0	0.0000
115	BS3 240	11	0	0.0000
120	BS3 240	11	0	0.0000
125	BS3 240	11	0	0.0000
130	BS3 240	11	0	0.0000
135	BS3 240	11	0	0.0000
140	BS3 240	11	0	0.0000
145	BS3 240	11	0	0.0000
150	BS3 240	11	0	0.0000
155	BS3 240	11	0	0.0000
160	BS3 240	11	0	0.0000
165	BS3 240	11	0	0.0000
170	BS3 240	11	0	0.0000
175	BS3 240	11	0	0.0000
180	BS3 240	11	0	0.0000
185	BS3 240	11	0	0.0000
190	BS3 240	11	0	0.0000
195	BS3 240	11	0	0.0000
200	BS3 240	11	0	0.0000
205	BS3 240	11	0	0.0000
210	BS3 240	11	0	0.0000
215	BS3 240	11	0	0.0000
220	BS3 240	11	0	0.0000
225	BS3 240	11	0	0.0000
230	BS3 240	11	0	0.0000
235	BS3 240	11	0	0.0000
240	BS3 240	11	0	0.0000
245	BS3 240	11	0	0.0000
250	BS3 240	11	0	0.0000
255	BS3 240	11	0	0.0000
260	BS3 240	11	0	0.0000
265	BS3 240	11	0	0.0000
270	BS3 240	11	0	0.0000
275	BS3 240	11	0	0.0000
280	BS3 240	11	0	0.0000
285	BS3 240	11	0	0.0000

285	BS3 240	11	0	0.0000
290	BS3 240	11	0	0.0000
295	BS3 240	11	0	0.0000
300	BS3 240	11	0	0.0000
305	BS3 240	11	0	0.0000
310	BS3 240	11	0	0.0000
315	BS3 240	11	0	0.0000
320	BS3 240	11	0	0.0000
325	BS3 240	11	0	0.0000
330	BS3 240	11	0	0.0000
335	BS3 240	11	0	0.0000
340	BS3 240	11	0	0.0000
345	BS3 240	11	0	0.0000
350	BS3 240	11	0	0.0000
355	BS3 240	11	0	0.0000
0	BS4 120	12	0	0.0000
5	BS4 120	12	0	0.0000
10	BS4 120	12	0	0.0000
15	BS4 120	12	0	0.0000
20	BS4 120	12	0	0.0000
25	BS4 120	12	0	0.0000
30	BS4 120	12	0	0.0000
35	BS4 120	12	0	0.0000
40	BS4 120	12	0	0.0000
45	BS4 120	12	0	0.0000
50	BS4 120	12	0	0.0000
55	BS4 120	12	0	0.0000
60	BS4 120	12	0	0.0000
65	BS4 120	12	0	0.0000
70	BS4 120	12	0	0.0000
75	BS4 120	12	0	0.0000
80	BS4 120	12	0	0.0000
85	BS4 120	12	0	0.0000
90	BS4 120	12	0	0.0000
95	BS4 120	12	0	0.0000
100	BS4 120	12	0	0.0000
105	BS4 120	12	0	0.0000
110	BS4 120	12	0	0.0000
115	BS4 120	12	0	0.0000
120	BS4 120	12	0	0.0000
125	BS4 120	12	0	0.0000
130	BS4 120	12	0	0.0000
135	BS4 120	12	0	0.0000
140	BS4 120	12	0	0.0000
145	BS4 120	12	0	0.0000
150	BS4 120	12	0	0.0000
155	BS4 120	12	0	0.0000
160	BS4 120	12	0	0.0000
165	BS4 120	12	0	0.0000
170	BS4 120	12	0	0.0000
175	BS4 120	12	0	0.0000
180	BS4 120	12	0	0.0000
185	BS4 120	12	0	0.0000
190	BS4 120	12	0	0.0000
195	BS4 120	12	0	0.0000
200	BS4 120	12	0	0.0000
205	BS4 120	12	0	0.0000
210	BS4 120	12	0	0.0000
215	BS4 120	12	0	0.0000
220	BS4 120	12	0	0.0000
225	BS4 120	12	0	0.0000
230	BS4 120	12	0	0.0000
235	BS4 120	12	0	0.0000
240	BS4 120	12	0	0.0000
245	BS4 120	12	0	0.0000
250	BS4 120	12	0	0.0000
255	BS4 120	12	0	0.0000
260	BS4 120	12	0	0.0000
265	BS4 120	12	0	0.0000
270	BS4 120	12	0	0.0000
275	BS4 120	12	0	0.0000
280	BS4 120	12	0	0.0000
285	BS4 120	12	0	0.0000
290	BS4 120	12	0	0.0000
295	BS4 120	12	0	0.0000
300	BS4 120	12	0	0.0000
305	BS4 120	12	0	0.0000
310	BS4 120	12	0	0.0000
315	BS4 120	12	0	0.0000
320	BS4 120	12	0	0.0000
325	BS4 120	12	0	0.0000
330	BS4 120	12	0	0.0000
335	BS4 120	12	0	0.0000
340	BS4 120	12	0	0.0000
345	BS4 120	12	0	0.0000
350	BS4 120	12	0	0.0000
355	BS4 120	12	0	0.0000
0	BS4 240	13	0	0.0000
5	BS4 240	13	0	0.0000
10	BS4 240	13	0	0.0000
15	BS4 240	13	0	0.0000
20	BS4 240	13	0	0.0000
25	BS4 240	13	0	0.0000
30	BS4 240	13	0	0.0000
35	BS4 240	13	0	0.0000
40	BS4 240	13	0	0.0000
45	BS4 240	13	0	0.0000
50	BS4 240	13	0	0.0000
55	BS4 240	13	0	0.0000
60	BS4 240	13	0	0.0000
65	BS4 240	13	0	0.0000
70	BS4 240	13	0	0.0000
75	BS4 240	13	0	0.0000
80	BS4 240	13	0	0.0000
85	BS4 240	13	0	0.0000
90	BS4 240	13	0	0.0000
95	BS4 240	13	0	0.0000
100	BS4 240	13	0	0.0000
105	BS4 240	13	0	0.0000
110	BS4 240	13	0	0.0000
115	BS4 240	13	0	0.0000
120	BS4 240	13	0	0.0000
125	BS4 240	13	0	0.0000

125	BS4 240	13	0	0.0000
130	BS4 240	13	0	0.0000
135	BS4 240	13	0	0.0000
140	BS4 240	13	0	0.0000
145	BS4 240	13	0	0.0000
150	BS4 240	13	0	0.0000
155	BS4 240	13	0	0.0000
160	BS4 240	13	0	0.0000
165	BS4 240	13	0	0.0000
170	BS4 240	13	0	0.0000
175	BS4 240	13	0	0.0000
180	BS4 240	13	0	0.0000
185	BS4 240	13	0	0.0000
190	BS4 240	13	0	0.0000
195	BS4 240	13	0	0.0000
200	BS4 240	13	0	0.0000
205	BS4 240	13	0	0.0000
210	BS4 240	13	0	0.0000
215	BS4 240	13	0	0.0000
220	BS4 240	13	0	0.0000
225	BS4 240	13	0	0.0000
230	BS4 240	13	1	0.0640
235	BS4 240	13	0	0.0000
240	BS4 240	13	0	0.0000
245	BS4 240	13	0	0.0000
250	BS4 240	13	0	0.0000
255	BS4 240	13	0	0.0000
260	BS4 240	13	0	0.0000
265	BS4 240	13	0	0.0000
270	BS4 240	13	0	0.0000
275	BS4 240	13	0	0.0000
280	BS4 240	13	0	0.0000
285	BS4 240	13	0	0.0000
290	BS4 240	13	0	0.0000
295	BS4 240	13	0	0.0000
300	BS4 240	13	0	0.0000
305	BS4 240	13	0	0.0000
310	BS4 240	13	0	0.0000
315	BS4 240	13	0	0.0000
320	BS4 240	13	0	0.0000
325	BS4 240	13	0	0.0000
330	BS4 240	13	0	0.0000
335	BS4 240	13	0	0.0000
340	BS4 240	13	0	0.0000
345	BS4 240	13	0	0.0000
350	BS4 240	13	0	0.0000
355	BS4 240	13	0	0.0000
0	BS5 120	14	0	0.0000
5	BS5 120	14	0	0.0000
10	BS5 120	14	0	0.0000
15	BS5 120	14	0	0.0000
20	BS5 120	14	1	1.0000
25	BS5 120	14	0	0.0000
30	BS5 120	14	0	0.0000
35	BS5 120	14	1	0.0640
40	BS5 120	14	1	0.0640
45	BS5 120	14	0	0.0000
50	BS5 120	14	0	0.0000
55	BS5 120	14	1	1.0000
60	BS5 120	14	0	0.0000
65	BS5 120	14	0	0.0000
70	BS5 120	14	0	0.0000
75	BS5 120	14	0	0.0000
80	BS5 120	14	1	0.0640
85	BS5 120	14	0	0.0000
90	BS5 120	14	0	0.0000
95	BS5 120	14	0	0.0000
100	BS5 120	14	0	0.0000
105	BS5 120	14	0	0.0000
110	BS5 120	14	0	0.0000
115	BS5 120	14	0	0.0000
120	BS5 120	14	0	0.0000
125	BS5 120	14	0	0.0000
130	BS5 120	14	0	0.0000
135	BS5 120	14	0	0.0000
140	BS5 120	14	0	0.0000
145	BS5 120	14	0	0.0000
150	BS5 120	14	0	0.0000
155	BS5 120	14	0	0.0000
160	BS5 120	14	0	0.0000
165	BS5 120	14	0	0.0000
170	BS5 120	14	0	0.0000
175	BS5 120	14	0	0.0000
180	BS5 120	14	0	0.0000
185	BS5 120	14	0	0.0000
190	BS5 120	14	0	0.0000
195	BS5 120	14	0	0.0000
200	BS5 120	14	0	0.0000
205	BS5 120	14	0	0.0000
210	BS5 120	14	0	0.0000
215	BS5 120	14	0	0.0000
220	BS5 120	14	0	0.0000
225	BS5 120	14	0	0.0000
230	BS5 120	14	0	0.0000
235	BS5 120	14	0	0.0000
240	BS5 120	14	0	0.0000
245	BS5 120	14	0	0.0000
250	BS5 120	14	0	0.0000
255	BS5 120	14	0	0.0000
260	BS5 120	14	0	0.0000
265	BS5 120	14	0	0.0000
270	BS5 120	14	0	0.0000
275	BS5 120	14	0	0.0000
280	BS5 120	14	0	0.0000
285	BS5 120	14	0	0.0000
290	BS5 120	14	0	0.0000
295	BS5 120	14	0	0.0000
300	BS5 120	14	0	0.0000
305	BS5 120	14	0	0.0000
310	BS5 120	14	0	0.0000
315	BS5 120	14	0	0.0000
320	BS5 120	14	0	0.0000
325	BS5 120	14	0	0.0000

325	BS5 120	14	0	0.0000
330	BS5 120	14	0	0.0000
335	BS5 120	14	0	0.0000
340	BS5 120	14	0	0.0000
345	BS5 120	14	0	0.0000
350	BS5 120	14	0	0.0000
355	BS5 120	14	0	0.0000
0	BS5 240	15	0	0.0000
5	BS5 240	15	0	0.0000
10	BS5 240	15	0	0.0000
15	BS5 240	15	0	0.0000
20	BS5 240	15	0	0.0000
25	BS5 240	15	0	0.0000
30	BS5 240	15	0	0.0000
35	BS5 240	15	0	0.0000
40	BS5 240	15	0	0.0000
45	BS5 240	15	0	0.0000
50	BS5 240	15	0	0.0000
55	BS5 240	15	0	0.0000
60	BS5 240	15	0	0.0000
65	BS5 240	15	0	0.0000
70	BS5 240	15	0	0.0000
75	BS5 240	15	0	0.0000
80	BS5 240	15	0	0.0000
85	BS5 240	15	0	0.0000
90	BS5 240	15	0	0.0000
95	BS5 240	15	0	0.0000
100	BS5 240	15	0	0.0000
105	BS5 240	15	0	0.0000
110	BS5 240	15	0	0.0000
115	BS5 240	15	0	0.0000
120	BS5 240	15	0	0.0000
125	BS5 240	15	0	0.0000
130	BS5 240	15	0	0.0000
135	BS5 240	15	0	0.0000
140	BS5 240	15	0	0.0000
145	BS5 240	15	0	0.0000
150	BS5 240	15	0	0.0000
155	BS5 240	15	0	0.0000
160	BS5 240	15	0	0.0000
165	BS5 240	15	0	0.0000
170	BS5 240	15	0	0.0000
175	BS5 240	15	0	0.0000
180	BS5 240	15	0	0.0000
185	BS5 240	15	0	0.0000
190	BS5 240	15	0	0.0000
195	BS5 240	15	0	0.0000
200	BS5 240	15	0	0.0000
205	BS5 240	15	0	0.0000
210	BS5 240	15	0	0.0000
215	BS5 240	15	0	0.0000
220	BS5 240	15	0	0.0000
225	BS5 240	15	0	0.0000
230	BS5 240	15	0	0.0000
235	BS5 240	15	0	0.0000
240	BS5 240	15	0	0.0000
245	BS5 240	15	0	0.0000
250	BS5 240	15	0	0.0000
255	BS5 240	15	0	0.0000
260	BS5 240	15	0	0.0000
265	BS5 240	15	0	0.0000
270	BS5 240	15	0	0.0000
275	BS5 240	15	0	0.0000
280	BS5 240	15	0	0.0000
285	BS5 240	15	0	0.0000
290	BS5 240	15	1	0.3840
295	BS5 240	15	0	0.0000
300	BS5 240	15	0	0.0000
305	BS5 240	15	1	0.3840
310	BS5 240	15	0	0.0000
315	BS5 240	15	0	0.0000
320	BS5 240	15	0	0.0000
325	BS5 240	15	1	0.3840
330	BS5 240	15	0	0.0000
335	BS5 240	15	0	0.0000
340	BS5 240	15	0	0.0000
345	BS5 240	15	0	0.0000
350	BS5 240	15	0	0.0000
355	BS5 240	15	0	0.0000

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΔ

STATION TRAFFIC - Parented subscribers

BST	Ref. mod.	Ref cap DL	Ref cap UL	Demand DL	Demand UL	OSR DL	OSR UL	CPE(s)	CPE ratio	
(#)		(Mbits/s)	(Mbits/s)	(Mbits/s)	(Mbits/s)	(ratio)	(ratio)	(nb)	(%)	
BS1	1	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.28	0.11	0.15:1	0.11:1	6	1.34
BS4	4	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.06	0.02	0.03:1	0.02:1	1	0.22
BS5	5	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.52	0.18	0.28:1	0.19:1	6	1.34
BS1	6	BFSK 1/2	1.88	0.97	2.78	1.00	1.48:1	1.03:1	45	10.07
BS1	7	BFSK 1/2	1.88	0.97	8.46	3.02	4.50:1	3.12:1	127	28.41
BS2	8	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.65	0.24	0.35:1	0.25:1	11	2.46
BS2	9	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.82	0.30	0.43:1	0.31:1	14	3.13
BS3	10	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.94	0.33	0.50:1	0.34:1	15	3.36
BS3	11	BFSK 1/2	1.88	0.97	3.29	1.22	1.75:1	1.25:1	58	12.98
BS4	12	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.49	0.17	0.26:1	0.18:1	7	1.57
BS4	13	BFSK 1/2	1.88	0.97	0.67	0.23	0.36:1	0.24:1	7	1.57
BS5	14	BFSK 1/2	1.88	0.97	3.05	1.13	1.62:1	1.16:1	52	11.63
BS5	15	BFSK 1/2	1.88	0.97	4.87	1.85	2.59:1	1.91:1	98	21.92

Sector	Callsign	Modulation	Traffic DL	Traffic UL	Traffic DL raw	Traffic UL raw	CPE DL	CPE UL
(#)			(Mbits/s)	(Mbits/s)	(Mbits/s)	(Mbits/s)	(nb)	(nb)
1	BS1	16-QAM 3/4	0.02	0.00	0.06	0.00	2	0
1	BS1	64-QAM 2/3 M3	0.00	0.00	0.01	0.00	1	0
1	BS1	64-QAM 3/4	0.01	0.00	0.06	0.00	1	0
4	BS4	QPSK 1/2	0.04	0.00	0.06	0.00	1	0
5	BS5	64-QAM 3/4	0.04	0.00	0.36	0.03	4	2
6	BS1 120	QPSK 1/2	0.14	0.00	0.21	0.00	2	0
6	BS1 120	QPSK 3/4	0.03	0.00	0.06	0.00	1	0
6	BS1 120	16-QAM 1/2 M1	0.06	0.00	0.17	0.00	3	0
6	BS1 120	16-QAM 3/4	0.03	0.00	0.12	0.00	2	0
6	BS1 120	64-QAM 2/3 M3	0.01	0.01	0.06	0.04	2	5
6	BS1 120	64-QAM 3/4	0.14	0.03	1.14	0.29	20	9
6	BS1 120	BFSK 1/2	0.22	0.00	0.22	0.00	4	0
7	BS1 240	QPSK 1/2	0.26	0.16	0.39	0.25	7	5
7	BS1 240	QPSK 3/4	0.12	0.06	0.24	0.13	7	4
7	BS1 240	16-QAM 1/2 M1	0.24	0.03	0.72	0.10	7	7
7	BS1 240	16-QAM 3/4	0.08	0.03	0.30	0.10	7	7
7	BS1 240	64-QAM 2/3 M3	0.03	0.04	0.18	0.26	4	8
7	BS1 240	64-QAM 3/4	0.44	0.04	3.69	0.35	46	15
7	BS1 240	BFSK 1/2	0.38	0.12	0.38	0.12	7	3
8	BS2 120	QPSK 1/2	0.00	0.00	0.01	0.00	1	0
8	BS2 120	16-QAM 1/2 M1	0.02	0.02	0.06	0.07	1	2
8	BS2 120	64-QAM 2/3 M3	0.00	0.01	0.00	0.05	0	1
8	BS2 120	64-QAM 3/4	0.04	0.00	0.37	0.00	5	0
9	BS2 240	QPSK 3/4	0.00	0.01	0.00	0.03	0	2
9	BS2 240	16-QAM 1/2 M1	0.05	0.00	0.15	0.00	1	0
9	BS2 240	64-QAM 3/4	0.00	0.00	0.01	0.00	1	0
10	BS3 120	QPSK 3/4	0.03	0.02	0.06	0.04	1	2
10	BS3 120	16-QAM 1/2 M1	0.00	0.00	0.01	0.00	1	0
10	BS3 120	16-QAM 3/4	0.01	0.00	0.06	0.00	1	0
10	BS3 120	64-QAM 2/3 M3	0.05	0.00	0.27	0.00	3	0
10	BS3 120	64-QAM 3/4	0.04	0.01	0.36	0.07	4	2
10	BS3 120	BFSK 1/2	0.06	0.02	0.06	0.02	1	1
11	BS3 240	QPSK 1/2	0.00	0.01	0.00	0.02	0	1
11	BS3 240	QPSK 3/4	0.10	0.02	0.21	0.04	2	2
11	BS3 240	16-QAM 1/2 M1	0.13	0.00	0.39	0.01	7	1
11	BS3 240	16-QAM 3/4	0.04	0.00	0.16	0.01	2	2
11	BS3 240	64-QAM 2/3 M3	0.06	0.01	0.36	0.03	3	3
11	BS3 240	64-QAM 3/4	0.17	0.02	1.42	0.17	23	4
11	BS3 240	BFSK 1/2	0.00	0.05	0.00	0.05	0	1
12	BS4 120	QPSK 3/4	0.07	0.00	0.15	0.00	1	0
12	BS4 120	16-QAM 1/2 M1	0.05	0.00	0.15	0.00	1	0
12	BS4 120	64-QAM 3/4	0.01	0.00	0.06	0.02	1	1
12	BS4 120	BFSK 1/2	0.01	0.00	0.01	0.00	2	0
13	BS4 240	QPSK 1/2	0.10	0.00	0.15	0.00	1	0
13	BS4 240	16-QAM 3/4	0.01	0.00	0.06	0.00	1	0
13	BS4 240	64-QAM 3/4	0.02	0.00	0.16	0.01	2	1
13	BS4 240	BFSK 1/2	0.01	0.00	0.01	0.00	1	0
14	BS5 120	QPSK 1/2	0.15	0.00	0.23	0.00	5	0
14	BS5 120	QPSK 3/4	0.01	0.00	0.01	0.00	2	0
14	BS5 120	16-QAM 1/2 M1	0.02	0.01	0.06	0.02	2	1
14	BS5 120	16-QAM 3/4	0.04	0.00	0.16	0.00	2	0
14	BS5 120	64-QAM 2/3 M3	0.02	0.00	0.12	0.03	2	2
14	BS5 120	64-QAM 3/4	0.00	0.00	0.01	0.03	1	2
14	BS5 120	BFSK 1/2	0.16	0.05	0.16	0.05	3	1
15	BS5 240	QPSK 1/2	0.11	0.03	0.16	0.05	3	1
15	BS5 240	QPSK 3/4	0.00	0.02	0.01	0.03	1	3
15	BS5 240	16-QAM 1/2 M1	0.14	0.02	0.43	0.05	6	1
15	BS5 240	16-QAM 3/4	0.08	0.01	0.31	0.04	3	3
15	BS5 240	64-QAM 2/3 M3	0.05	0.01	0.27	0.05	4	1
15	BS5 240	64-QAM 3/4	0.25	0.04	2.06	0.37	42	23
15	BS5 240	BFSK 1/2	0.01	0.01	0.01	0.01	1	1

Modulation	Total CPE DL	Total CPE UL	Global CPE DL ratio	Global CPE UL ratio
	(nb)	(nb)	(%)	(%)
QPSK 1/2	20	7	4.47	1.57
QPSK 3/4	15	13	3.36	2.91
16-QAM 1/2 M1	29	12	6.49	2.68
16-QAM 3/4	20	12	4.47	2.68
64-QAM 2/3 M3	19	20	4.25	4.47
64-QAM 3/4	150	59	33.56	13.20
BFSK 1/2	19	7	4.25	1.57

Sector	Callsign	Mean capacity DL	Mean capacity UL	Mean capacity DL+UL
(#)		(Mbits/s)	(Mbits/s)	(Mbits/s)
1	BS1	6.96	0.00	3.48
4	BS4	2.85	0.00	1.42
5	BS5	10.44	2.69	6.57
6	BS1 120	8.55	2.25	5.40
7	BS1 240	7.22	1.83	4.53
8	BS2 120	7.90	1.05	4.48
9	BS2 240	1.53	0.28	0.90
10	BS3 120	7.65	1.40	4.52
11	BS3 240	7.86	1.15	4.50
12	BS4 120	4.13	1.15	2.64
13	BS4 240	6.23	1.15	3.69
14	BS5 120	1.76	0.61	1.18
15	BS5 240	7.89	2.19	5.04

Total parented subscribers on map: 447 - Total connected: 447

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΕ

SUBSCRIBER INTERFERENCE from STATIONS

TD and I/N: non-parent cx

Sub #	Call-sign	Subscriber	Rx Frequency	I/N (dB)	TD (dB)
1	BS3 240	adr1	3477.00000	-6.53	0.87
2	BS3 240	adr2	3477.00000	-76.00	0.00
3	orphan	adr3	3470.00000	-102.00	0.00
4	orphan	adr4	3477.00000	-102.00	0.00
5	orphan	adr5	3470.00000	-102.00	0.00
6	BS1 120	adr6	3498.00000	-55.15	0.00
7	BS3 240	adr7	3477.00000	-76.18	0.00
8	orphan	adr8	3477.00000	-102.00	0.00
9	BS2 120	adr9	3512.00000	-67.59	0.00
10	BS1	adr10	3470.00000	-77.69	0.00
11	orphan	adr11	3470.00000	-102.00	0.00
12	orphan	adr12	3477.00000	-102.00	0.00
13	orphan	adr13	3484.00000	-102.00	0.00
14	BS2 240	adr14	3498.00000	-17.40	0.08
15	orphan	adr15	3370.00000	-102.00	0.00
16	orphan	adr16	3512.00000	-102.00	0.00
17	orphan	adr17	3505.00000	-102.00	0.00
18	orphan	adr18	3470.00000	-102.00	0.00
19	orphan	adr19	3470.00000	-102.00	0.00
20	BS1 120	adr20	3498.00000	-59.03	0.00
21	orphan	adr21	3505.00000	-102.00	0.00
22	orphan	adr22	3477.00000	-102.00	0.00
23	orphan	adr23	3477.00000	-102.00	0.00
24	orphan	adr24	3470.00000	-102.00	0.00
25	orphan	adr25	3470.00000	-102.00	0.00
26	orphan	adr26	3470.00000	-102.00	0.00
27	orphan	adr27	3484.00000	-102.00	0.00
28	orphan	adr28	3470.00000	-102.00	0.00
29	BS2 120	adr29	3512.00000	-13.04	0.21
30	orphan	adr30	3470.00000	-102.00	0.00
31	orphan	adr31	3498.00000	-102.00	0.00
32	orphan	adr32	3498.00000	-102.00	0.00
33	orphan	adr33	3498.00000	-102.00	0.00
34	orphan	adr34	3470.00000	-102.00	0.00
35	orphan	adr35	3484.00000	-102.00	0.00
36	orphan	adr36	3470.00000	-102.00	0.00
37	orphan	adr37	3512.00000	-102.00	0.00
38	orphan	adr38	3470.00000	-102.00	0.00
39	orphan	adr39	3512.00000	-102.00	0.00
40	orphan	adr40	3512.00000	-102.00	0.00
41	BS5 120	adr41	3505.00000	4.99	6.18
42	orphan	adr42	3512.00000	-102.00	0.00
43	orphan	adr43	3512.00000	-102.00	0.00
44	orphan	adr44	3470.00000	-102.00	0.00
45	orphan	adr45	3470.00000	-102.00	0.00
46	orphan	adr46	3470.00000	-102.00	0.00
48	orphan	adr48	3512.00000	-102.00	0.00
49	orphan	adr49	3498.00000	-102.00	0.00
50	orphan	adr50	3484.00000	-102.00	0.00
52	orphan	adr52	3470.00000	-102.00	0.00
53	orphan	adr53	3512.00000	-102.00	0.00
54	BS1 240	adr54	3505.00000	-2.41	1.97
55	orphan	adr55	3370.00000	-102.00	0.00
56	orphan	adr56	3484.00000	-102.00	0.00
58	orphan	adr58	3498.00000	-102.00	0.00
59	orphan	adr59	3470.00000	-102.00	0.00
60	BS5 120	adr60	3505.00000	-31.05	0.00
61	orphan	adr61	3512.00000	-102.00	0.00
62	orphan	adr62	3512.00000	-102.00	0.00
63	orphan	adr63	3491.00000	-102.00	0.00
65	BS3 120	adr65	3505.00000	-28.05	0.01
66	orphan	adr66	3370.00000	-102.00	0.00
67	orphan	adr67	3484.00000	-102.00	0.00
68	orphan	adr68	3498.00000	-102.00	0.00
69	orphan	adr69	3484.00000	-102.00	0.00
71	orphan	adr71	3512.00000	-102.00	0.00
72	BS3 240	adr72	3477.00000	-59.48	0.00
73	BS1	adr73	3470.00000	-47.17	0.00
74	BS1	adr74	3470.00000	-41.90	0.00
75	orphan	adr75	3505.00000	-102.00	0.00
76	orphan	adr76	3470.00000	-102.00	0.00
77	orphan	adr77	3491.00000	-102.00	0.00
78	orphan	adr78	3484.00000	-102.00	0.00
79	orphan	adr79	3512.00000	-102.00	0.00
80	orphan	adr80	3512.00000	-102.00	0.00
81	orphan	adr81	3470.00000	-102.00	0.00
82	orphan	adr82	3470.00000	-102.00	0.00
83	orphan	adr83	3498.00000	-102.00	0.00
84	orphan	adr84	3470.00000	-102.00	0.00
85	BS2 240	adr85	3498.00000	-77.53	0.00
88	orphan	adr88	3370.00000	-102.00	0.00
89	orphan	adr89	3470.00000	-102.00	0.00
91	BS3 240	adr91	3477.00000	-37.71	0.00
92	orphan	adr92	3470.00000	-102.00	0.00
93	orphan	adr93	3470.00000	-102.00	0.00
94	orphan	adr94	3498.00000	-102.00	0.00
96	orphan	adr96	3470.00000	-102.00	0.00
97	orphan	adr97	3470.00000	-102.00	0.00
98	orphan	adr98	3498.00000	-102.00	0.00
99	orphan	adr99	3505.00000	-102.00	0.00
100	orphan	adr100	3470.00000	-102.00	0.00
101	orphan	adr101	3498.00000	-102.00	0.00
103	orphan	adr103	3491.00000	-102.00	0.00
106	orphan	adr106	3484.00000	-102.00	0.00
107	orphan	adr107	3370.00000	-102.00	0.00
108	orphan	adr108	3470.00000	-102.00	0.00
109	orphan	adr109	3498.00000	-102.00	0.00
110	orphan	adr110	3491.00000	-102.00	0.00
111	orphan	adr111	3491.00000	-102.00	0.00
112	orphan	adr112	3470.00000	-102.00	0.00
113	orphan	adr113	3512.00000	-102.00	0.00

113	orphan	adr113	3512.00000	-102.00	0.00
114	orphan	adr114	3505.00000	-102.00	0.00
115	orphan	adr115	3470.00000	-102.00	0.00
116	orphan	adr116	3470.00000	-102.00	0.00
117	orphan	adr117	3512.00000	-102.00	0.00
118	orphan	adr118	3484.00000	-102.00	0.00
119	orphan	adr119	3512.00000	-102.00	0.00
120	BS1 240	adr120	3505.00000	-34.67	0.00
121	orphan	adr121	3470.00000	-102.00	0.00
122	orphan	adr122	3512.00000	-102.00	0.00
123	orphan	adr123	3512.00000	-102.00	0.00
124	orphan	adr124	3491.00000	-102.00	0.00
125	orphan	adr125	3505.00000	-102.00	0.00
126	orphan	adr126	3484.00000	-102.00	0.00
127	orphan	adr127	3470.00000	-102.00	0.00
129	orphan	adr129	3484.00000	-102.00	0.00
130	orphan	adr130	3470.00000	-102.00	0.00
131	orphan	adr131	3512.00000	-102.00	0.00
132	BS5	adr132	3491.00000	-40.73	0.00
133	orphan	adr133	3484.00000	-102.00	0.00
134	orphan	adr134	3498.00000	-102.00	0.00
135	orphan	adr135	3498.00000	-102.00	0.00
136	orphan	adr136	3470.00000	-102.00	0.00
137	BS3 120	adr137	3505.00000	12.86	13.08
138	orphan	adr138	3484.00000	-102.00	0.00
139	orphan	adr139	3370.00000	-102.00	0.00
140	orphan	adr140	3512.00000	-102.00	0.00
141	orphan	adr141	3470.00000	-102.00	0.00
142	orphan	adr142	3470.00000	-102.00	0.00
144	orphan	adr144	3505.00000	-102.00	0.00
145	orphan	adr145	3484.00000	-102.00	0.00
146	BS3 240	adr146	3477.00000	-43.83	0.00
147	BS3 240	adr147	3477.00000	-53.01	0.00
148	orphan	adr148	3498.00000	-102.00	0.00
149	orphan	adr149	3491.00000	-102.00	0.00
150	orphan	adr150	3484.00000	-102.00	0.00
151	orphan	adr151	3477.00000	-102.00	0.00
152	BS2 120	adr152	3512.00000	-10.23	0.39
154	BS2 240	adr154	3498.00000	-5.68	1.04
155	orphan	adr155	3470.00000	-102.00	0.00
156	orphan	adr156	3498.00000	-102.00	0.00
157	orphan	adr157	3470.00000	-102.00	0.00
158	orphan	adr158	3470.00000	-102.00	0.00
159	orphan	adr159	3470.00000	-102.00	0.00
160	orphan	adr160	3484.00000	-102.00	0.00
161	BS3 240	adr161	3477.00000	-34.50	0.00
162	orphan	adr162	3470.00000	-102.00	0.00
163	orphan	adr163	3491.00000	-102.00	0.00
164	BS1 120	adr164	3498.00000	-19.39	0.05
165	orphan	adr165	3470.00000	-102.00	0.00
167	orphan	adr167	3498.00000	-102.00	0.00
168	BS3 240	adr168	3477.00000	-43.83	0.00
169	orphan	adr169	3512.00000	-102.00	0.00
171	orphan	adr171	3491.00000	-102.00	0.00
172	orphan	adr172	3491.00000	-102.00	0.00
173	orphan	adr173	3512.00000	-102.00	0.00
174	orphan	adr174	3498.00000	-102.00	0.00
175	orphan	adr175	3491.00000	-102.00	0.00
176	orphan	adr176	3505.00000	-102.00	0.00
177	orphan	adr177	3470.00000	-102.00	0.00
178	orphan	adr178	3470.00000	-102.00	0.00
179	orphan	adr179	3484.00000	-102.00	0.00
180	orphan	adr180	3477.00000	-102.00	0.00
183	orphan	adr183	3512.00000	-102.00	0.00
184	orphan	adr184	3505.00000	-102.00	0.00
185	orphan	adr185	3498.00000	-102.00	0.00
186	orphan	adr186	3491.00000	-102.00	0.00
187	orphan	adr187	3470.00000	-102.00	0.00
188	BS2 120	adr188	3512.00000	4.21	5.81
189	orphan	adr189	3477.00000	-102.00	0.00
190	orphan	adr190	3498.00000	-102.00	0.00
191	orphan	adr191	3512.00000	-102.00	0.00
193	BS3 240	adr193	3477.00000	-43.62	0.00
194	orphan	adr194	3477.00000	-102.00	0.00
195	orphan	adr195	3491.00000	-102.00	0.00
196	orphan	adr196	3505.00000	-102.00	0.00
197	orphan	adr197	3470.00000	-102.00	0.00
198	orphan	adr198	3470.00000	-102.00	0.00
200	orphan	adr200	3505.00000	-102.00	0.00
202	orphan	adr202	3470.00000	-102.00	0.00
203	BS1 240	adr203	3505.00000	15.51	15.63
204	orphan	adr204	3505.00000	-102.00	0.00
205	BS1 120	adr205	3498.00000	-2.38	1.98
206	orphan	adr206	3512.00000	-102.00	0.00
207	BS5 240	adr207	3470.00000	-7.89	0.65
208	orphan	adr208	3491.00000	-102.00	0.00
209	BS3 240	adr209	3477.00000	-30.72	0.00
210	orphan	adr210	3505.00000	-102.00	0.00
211	orphan	adr211	3505.00000	-102.00	0.00
212	BS5 120	adr212	3505.00000	-34.84	0.00
213	orphan	adr213	3505.00000	-102.00	0.00
215	BS3 240	adr215	3477.00000	-5.11	1.17
216	BS1 240	adr216	3505.00000	18.21	18.27
217	orphan	adr217	3477.00000	-102.00	0.00
218	orphan	adr218	3470.00000	-102.00	0.00
219	orphan	adr219	3470.00000	-102.00	0.00
220	orphan	adr220	3498.00000	-102.00	0.00
221	BS5 120	adr221	3505.00000	20.34	20.38
222	orphan	adr222	3498.00000	-102.00	0.00
223	orphan	adr223	3505.00000	-102.00	0.00
225	orphan	adr225	3491.00000	-102.00	0.00
226	BS1 240	adr226	3505.00000	19.91	19.96
227	BS1 120	adr227	3498.00000	-16.49	0.10
228	orphan	adr228	3505.00000	-102.00	0.00
229	BS5 240	adr229	3470.00000	21.28	21.31
230	BS1 240	adr230	3505.00000	17.38	17.45
231	BS1 240	adr231	3505.00000	23.49	23.51
232	BS1 120	adr232	3498.00000	-33.23	0.00
233	orphan	adr233	3505.00000	-102.00	0.00
235	BS1 120	adr235	3498.00000	-21.59	0.03
236	BS1 120	adr236	3498.00000	-9.18	0.50
237	BS1 120	adr237	3498.00000	-8.07	0.63
238	BS1 120	adr238	3498.00000	-13.03	0.21

238	BS1 120	adr238	3498.00000	-13.03	0.21
239	BS3 240	adr239	3477.00000	-35.82	0.00
240	orphan	adr240	3477.00000	-102.00	0.00
241	orphan	adr241	3470.00000	-102.00	0.00
242	orphan	adr242	3491.00000	-102.00	0.00
243	orphan	adr243	3505.00000	-102.00	0.00
244	orphan	adr244	3505.00000	-102.00	0.00
245	orphan	adr245	3505.00000	-102.00	0.00
246	orphan	adr246	3505.00000	-102.00	0.00
247	BS5 240	adr247	3470.00000	-14.48	0.15
248	orphan	adr248	3498.00000	-102.00	0.00
249	orphan	adr249	3470.00000	-102.00	0.00
250	BS1 240	adr250	3505.00000	14.56	14.71
251	orphan	adr251	3505.00000	-102.00	0.00
252	BS1 120	adr252	3498.00000	-6.47	0.88
253	orphan	adr253	3505.00000	-102.00	0.00
254	orphan	adr254	3505.00000	-102.00	0.00
255	orphan	adr255	3505.00000	-102.00	0.00
257	orphan	adr257	3370.00000	-102.00	0.00
258	orphan	adr258	3498.00000	-102.00	0.00
259	orphan	adr259	3505.00000	-102.00	0.00
260	orphan	adr260	3505.00000	-102.00	0.00
261	BS5 120	adr261	3505.00000	-5.14	1.16
262	orphan	adr262	3498.00000	-102.00	0.00
263	orphan	adr263	3505.00000	-102.00	0.00
264	orphan	adr264	3491.00000	-102.00	0.00
265	BS1 240	adr265	3505.00000	-20.98	0.03
266	BS5	adr266	3491.00000	13.09	13.30
267	BS5 120	adr267	3505.00000	-4.39	1.35
270	BS1 120	adr270	3498.00000	2.53	4.46
271	BS1 120	adr271	3498.00000	-1.80	2.20
272	BS1 120	adr272	3498.00000	-15.61	0.12
273	BS1 240	adr273	3505.00000	-16.48	0.10
274	orphan	adr274	3498.00000	-102.00	0.00
275	BS1 240	adr275	3505.00000	-51.62	0.00
276	orphan	adr276	3512.00000	-102.00	0.00
277	orphan	adr277	3505.00000	-102.00	0.00
278	BS1 120	adr278	3498.00000	4.73	5.99
279	orphan	adr279	3505.00000	-102.00	0.00
280	orphan	adr280	3505.00000	-102.00	0.00
281	orphan	adr281	3498.00000	-102.00	0.00
282	BS1 240	adr282	3505.00000	17.30	17.38
285	BS2 240	adr285	3498.00000	6.04	7.00
286	orphan	adr286	3498.00000	-102.00	0.00
287	BS3 240	adr287	3477.00000	-5.24	1.14
288	BS3 120	adr288	3505.00000	16.08	16.18
289	orphan	adr289	3498.00000	-102.00	0.00
290	orphan	adr290	3498.00000	-102.00	0.00
291	BS1 120	adr291	3498.00000	0.94	3.50
292	BS5 240	adr292	3470.00000	20.26	20.30
293	BS3 240	adr293	3477.00000	-20.74	0.04
294	BS1 240	adr294	3505.00000	12.52	12.75
296	orphan	adr296	3498.00000	-102.00	0.00
297	BS3 240	adr297	3477.00000	-15.67	0.12
298	BS1 240	adr298	3505.00000	-20.35	0.04
300	orphan	adr300	3491.00000	-102.00	0.00
301	BS5 120	adr301	3505.00000	22.98	23.00
302	orphan	adr302	3505.00000	-102.00	0.00
303	BS1 240	adr303	3505.00000	0.61	3.32
304	BS3 240	adr304	3477.00000	-14.48	0.15
305	BS1 240	adr305	3505.00000	6.56	7.43
306	orphan	adr306	3498.00000	-102.00	0.00
307	BS3 120	adr307	3505.00000	-27.74	0.01
308	BS5 120	adr308	3505.00000	-21.67	0.03
309	orphan	adr309	3498.00000	-102.00	0.00
311	BS1 240	adr311	3505.00000	-29.08	0.01
312	orphan	adr312	3498.00000	-102.00	0.00
313	orphan	adr313	3498.00000	-102.00	0.00
314	orphan	adr314	3491.00000	-102.00	0.00
315	BS5 240	adr315	3470.00000	14.28	14.44
316	orphan	adr316	3491.00000	-102.00	0.00
318	BS2 240	adr318	3498.00000	-17.50	0.08
319	BS1 240	adr319	3505.00000	-5.85	1.00
320	BS3 240	adr320	3477.00000	-29.11	0.01
321	orphan	adr321	3505.00000	-102.00	0.00
322	BS1 240	adr322	3505.00000	-25.81	0.01
323	BS1 240	adr323	3505.00000	-30.56	0.00
324	BS5 120	adr324	3505.00000	20.39	20.43
326	BS5 240	adr326	3470.00000	3.24	4.93
327	BS5 120	adr327	3505.00000	32.66	32.66
328	orphan	adr328	3505.00000	-102.00	0.00
329	BS3 240	adr329	3477.00000	-16.29	0.10
330	BS1 240	adr330	3505.00000	3.12	4.85
332	BS1 240	adr332	3505.00000	15.71	15.82
333	orphan	adr333	3505.00000	-102.00	0.00
334	BS5 240	adr334	3470.00000	20.56	20.60
335	orphan	adr335	3498.00000	-102.00	0.00
336	BS5 240	adr336	3470.00000	-60.64	0.00
337	BS5 120	adr337	3505.00000	26.35	26.36
339	BS1 240	adr339	3505.00000	-0.61	2.72
340	BS1 240	adr340	3505.00000	-24.87	0.01
342	BS5 240	adr342	3470.00000	-14.33	0.16
343	orphan	adr343	3505.00000	-102.00	0.00
344	BS1 240	adr344	3505.00000	5.84	6.85
346	orphan	adr346	3505.00000	-102.00	0.00
347	BS1 240	adr347	3505.00000	3.01	4.77
348	orphan	adr348	3505.00000	-102.00	0.00
349	orphan	adr349	3505.00000	-102.00	0.00
350	orphan	adr350	3498.00000	-102.00	0.00
351	BS1 240	adr351	3505.00000	2.44	4.40
352	BS3 240	adr352	3477.00000	-20.41	0.04
353	orphan	adr353	3498.00000	-102.00	0.00
354	orphan	adr354	3498.00000	-102.00	0.00
355	BS5 240	adr355	3470.00000	-30.58	0.00
356	orphan	adr356	3498.00000	-102.00	0.00
357	BS1 120	adr357	3498.00000	-1.33	2.40
358	orphan	adr358	3498.00000	-102.00	0.00
359	BS1 240	adr359	3505.00000	-3.19	1.70
360	orphan	adr360	3498.00000	-102.00	0.00
361	BS2 240	adr361	3498.00000	-22.66	0.02
362	orphan	adr362	3505.00000	-102.00	0.00
363	orphan	adr363	3512.00000	-102.00	0.00
364	orphan	adr364	3505.00000	-102.00	0.00

364	orphan	adr364	3505.00000	-102.00	0.00
365	orphan	adr365	3505.00000	-102.00	0.00
366	BS5 120	adr366	3505.00000	2.68	4.55
367	BS3 240	adr367	3477.00000	-63.75	0.00
368	orphan	adr368	3498.00000	-102.00	0.00
369	orphan	adr369	3498.00000	-102.00	0.00
370	orphan	adr370	3505.00000	-102.00	0.00
371	BS5 240	adr371	3470.00000	-14.79	0.14
372	orphan	adr372	3498.00000	-102.00	0.00
373	orphan	adr373	3498.00000	-102.00	0.00
375	BS5 240	adr375	3470.00000	-14.82	0.14
377	orphan	adr377	3505.00000	-102.00	0.00
378	BS5 120	adr378	3505.00000	-23.07	0.02
379	BS1 240	adr379	3505.00000	39.04	39.04
380	orphan	adr380	3477.00000	-102.00	0.00
382	orphan	adr382	3505.00000	-102.00	0.00
383	orphan	adr383	3505.00000	-102.00	0.00
386	BS4 120	adr386	3512.00000	-42.92	0.00
388	orphan	adr388	3470.00000	-102.00	0.00
389	orphan	adr389	3505.00000	-102.00	0.00
390	BS5 240	adr390	3470.00000	-38.93	0.00
391	orphan	adr391	3505.00000	-102.00	0.00
392	orphan	adr392	3505.00000	-102.00	0.00
393	orphan	adr393	3505.00000	-102.00	0.00
394	orphan	adr394	3491.00000	-102.00	0.00
395	orphan	adr395	3505.00000	-102.00	0.00
398	orphan	adr398	3491.00000	-102.00	0.00
400	orphan	adr400	3491.00000	-102.00	0.00
401	orphan	adr401	3470.00000	-102.00	0.00
402	orphan	adr402	3505.00000	-102.00	0.00
403	BS5 240	adr403	3470.00000	12.62	12.85
404	orphan	adr404	3498.00000	-102.00	0.00
405	orphan	adr405	3470.00000	-102.00	0.00
406	orphan	adr406	3470.00000	-102.00	0.00
407	orphan	adr407	3498.00000	-102.00	0.00
408	orphan	adr408	3498.00000	-102.00	0.00
409	orphan	adr409	3505.00000	-102.00	0.00
410	BS5 240	adr410	3470.00000	-30.29	0.00
411	orphan	adr411	3505.00000	-102.00	0.00
412	orphan	adr412	3505.00000	-102.00	0.00
413	orphan	adr413	3505.00000	-102.00	0.00
414	orphan	adr414	3505.00000	-102.00	0.00
415	orphan	adr415	3505.00000	-102.00	0.00
417	orphan	adr417	3505.00000	-102.00	0.00
418	orphan	adr418	3470.00000	-102.00	0.00
419	BS5 240	adr419	3470.00000	-44.72	0.00
420	orphan	adr420	3470.00000	-102.00	0.00
421	orphan	adr421	3498.00000	-102.00	0.00
422	orphan	adr422	3470.00000	-102.00	0.00
423	orphan	adr423	3491.00000	-102.00	0.00
424	BS5 240	adr424	3470.00000	-33.38	0.00
425	orphan	adr425	3491.00000	-102.00	0.00
426	orphan	adr426	3505.00000	-102.00	0.00
427	orphan	adr427	3491.00000	-102.00	0.00
428	orphan	adr428	3470.00000	-102.00	0.00
429	orphan	adr429	3505.00000	-102.00	0.00
430	orphan	adr430	3505.00000	-102.00	0.00
432	BS5 240	adr432	3470.00000	-29.31	0.01
433	orphan	adr433	3505.00000	-102.00	0.00
434	BS1 240	adr434	3505.00000	-1.54	2.31
435	orphan	adr435	3505.00000	-102.00	0.00
436	orphan	adr436	3505.00000	-102.00	0.00
437	orphan	adr437	3470.00000	-102.00	0.00
438	orphan	adr438	3505.00000	-102.00	0.00
439	orphan	adr439	3505.00000	-102.00	0.00
440	orphan	adr440	3505.00000	-102.00	0.00
441	orphan	adr441	3498.00000	-102.00	0.00
442	BS5 120	adr442	3505.00000	-9.62	0.45
443	orphan	adr443	3491.00000	-102.00	0.00
444	orphan	adr444	3470.00000	-102.00	0.00
445	orphan	adr445	3505.00000	-102.00	0.00
446	orphan	adr446	3505.00000	-102.00	0.00
447	BS5 240	adr447	3470.00000	-40.70	0.00
448	orphan	adr448	3470.00000	-102.00	0.00
449	BS1 240	adr449	3505.00000	11.31	11.62
451	orphan	adr451	3470.00000	-102.00	0.00
452	BS3 240	adr452	3477.00000	-50.74	0.00
453	orphan	adr453	3470.00000	-102.00	0.00
454	orphan	adr454	3491.00000	-102.00	0.00
455	BS1 240	adr455	3505.00000	-27.56	0.01
457	orphan	adr457	3512.00000	-102.00	0.00
458	orphan	adr458	3491.00000	-102.00	0.00
460	BS5 240	adr460	3470.00000	-31.26	0.00
461	BS5 240	adr461	3470.00000	-43.41	0.00
462	BS1 120	adr462	3498.00000	9.21	9.70
463	BS5 120	adr463	3505.00000	-56.13	0.00
464	orphan	adr464	3505.00000	-102.00	0.00
465	orphan	adr465	3505.00000	-102.00	0.00
467	orphan	adr467	3505.00000	-102.00	0.00
468	orphan	adr468	3470.00000	-102.00	0.00
469	orphan	adr469	3470.00000	-102.00	0.00
470	BS5 240	adr470	3470.00000	-42.30	0.00
471	orphan	adr471	3505.00000	-102.00	0.00
473	orphan	adr473	3491.00000	-102.00	0.00
474	orphan	adr474	3505.00000	-102.00	0.00
475	orphan	adr475	3505.00000	-102.00	0.00
476	orphan	adr476	3498.00000	-102.00	0.00
477	BS5 240	adr477	3470.00000	10.83	11.17
478	orphan	adr478	3491.00000	-102.00	0.00
479	orphan	adr479	3370.00000	-102.00	0.00
482	BS1 240	adr482	3505.00000	-5.90	0.99
483	orphan	adr483	3491.00000	-102.00	0.00
484	BS5 240	adr484	3470.00000	12.06	12.32
485	BS5 240	adr485	3470.00000	-46.14	0.00
486	BS3 240	adr486	3477.00000	-41.72	0.00
487	BS3 240	adr487	3477.00000	-9.45	0.47
488	BS5 120	adr488	3505.00000	15.90	16.01
489	orphan	adr489	3470.00000	-102.00	0.00
490	BS5 240	adr490	3470.00000	-59.23	0.00
491	orphan	adr491	3505.00000	-102.00	0.00
492	BS3 240	adr492	3477.00000	-3.44	1.62
493	BS5 120	adr493	3505.00000	-20.06	0.04
494	orphan	adr494	3470.00000	-102.00	0.00

494	orphan	adr494	3470.00000	-102.00	0.00
495	orphan	adr495	3470.00000	-102.00	0.00
496	orphan	adr496	3505.00000	-102.00	0.00
497	BS3 240	adr497	3477.00000	-57.79	0.00
498	BS5 240	adr498	3470.00000	-24.68	0.01
499	orphan	adr499	3498.00000	-102.00	0.00
500	orphan	adr500	3505.00000	-102.00	0.00
501	BS5 240	adr501	3470.00000	-26.67	0.01
502	orphan	adr502	3477.00000	-102.00	0.00
503	orphan	adr503	3370.00000	-102.00	0.00
504	BS5 240	adr504	3470.00000	-23.22	0.02
505	orphan	adr505	3491.00000	-102.00	0.00
506	BS3 240	adr506	3477.00000	-57.31	0.00
507	orphan	adr507	3498.00000	-102.00	0.00
508	orphan	adr508	3470.00000	-102.00	0.00
509	BS1 240	adr509	3505.00000	-22.64	0.02
510	orphan	adr510	3470.00000	-102.00	0.00
511	BS1 240	adr511	3505.00000	-9.56	0.46
512	BS3 240	adr512	3477.00000	-19.55	0.05
513	BS1 240	adr513	3505.00000	-10.09	0.41
514	BS4 120	adr514	3512.00000	-43.36	0.00
516	orphan	adr516	3505.00000	-102.00	0.00
517	orphan	adr517	3491.00000	-102.00	0.00
518	orphan	adr518	3505.00000	-102.00	0.00
519	orphan	adr519	3470.00000	-102.00	0.00
520	orphan	adr520	3505.00000	-102.00	0.00
522	orphan	adr522	3505.00000	-102.00	0.00
524	BS5 240	adr524	3470.00000	-21.42	0.03
525	orphan	adr525	3505.00000	-102.00	0.00
526	orphan	adr526	3491.00000	-102.00	0.00
527	BS5 240	adr527	3470.00000	-66.85	0.00
528	orphan	adr528	3498.00000	-102.00	0.00
529	orphan	adr529	3505.00000	-102.00	0.00
530	orphan	adr530	3498.00000	-102.00	0.00
531	orphan	adr531	3477.00000	-102.00	0.00
532	BS5 120	adr532	3505.00000	28.10	28.11
533	orphan	adr533	3470.00000	-102.00	0.00
534	BS5 120	adr534	3505.00000	27.54	27.55
535	BS2 240	adr535	3498.00000	-16.26	0.10
536	BS5 240	adr536	3470.00000	6.49	7.37
537	orphan	adr537	3505.00000	-102.00	0.00
538	orphan	adr538	3505.00000	-102.00	0.00
539	orphan	adr539	3470.00000	-102.00	0.00
540	orphan	adr540	3470.00000	-102.00	0.00
541	orphan	adr541	3470.00000	-102.00	0.00
542	orphan	adr542	3370.00000	-102.00	0.00
543	orphan	adr543	3505.00000	-102.00	0.00
544	orphan	adr544	3505.00000	-102.00	0.00
545	orphan	adr545	3470.00000	-102.00	0.00
546	BS5 120	adr546	3505.00000	28.87	28.88
547	orphan	adr547	3505.00000	-102.00	0.00
548	orphan	adr548	3470.00000	-102.00	0.00
549	orphan	adr549	3370.00000	-102.00	0.00
550	BS1 240	adr550	3505.00000	-18.81	0.06
551	orphan	adr551	3505.00000	-102.00	0.00
552	BS5 120	adr552	3505.00000	-19.23	0.05
553	orphan	adr553	3505.00000	-102.00	0.00
554	orphan	adr554	3505.00000	-102.00	0.00
555	orphan	adr555	3505.00000	-102.00	0.00
556	orphan	adr556	3491.00000	-102.00	0.00
557	BS5 240	adr557	3470.00000	-72.34	0.00
558	BS5 240	adr558	3470.00000	-48.18	0.00
559	orphan	adr559	3498.00000	-102.00	0.00
560	BS1 240	adr560	3505.00000	12.51	12.75
561	BS1 240	adr561	3505.00000	35.36	35.37
562	orphan	adr562	3491.00000	-102.00	0.00
563	orphan	adr563	3505.00000	-102.00	0.00
564	orphan	adr564	3470.00000	-102.00	0.00
565	orphan	adr565	3491.00000	-102.00	0.00
566	orphan	adr566	3470.00000	-102.00	0.00
567	BS2 120	adr567	3512.00000	-3.10	1.73
568	BS5 240	adr568	3470.00000	-68.06	0.00
569	orphan	adr569	3470.00000	-102.00	0.00
570	orphan	adr570	3491.00000	-102.00	0.00
571	orphan	adr571	3470.00000	-102.00	0.00
572	BS5 120	adr572	3505.00000	29.67	29.67
573	orphan	adr573	3470.00000	-102.00	0.00
574	BS1 240	adr574	3505.00000	7.89	8.54
575	orphan	adr575	3505.00000	-102.00	0.00
576	orphan	adr576	3498.00000	-102.00	0.00
577	BS5 240	adr577	3470.00000	-24.03	0.02
578	orphan	adr578	3470.00000	-102.00	0.00
579	orphan	adr579	3505.00000	-102.00	0.00
580	BS5 240	adr580	3470.00000	3.29	4.96
581	orphan	adr581	3498.00000	-102.00	0.00
582	orphan	adr582	3491.00000	-102.00	0.00
583	orphan	adr583	3498.00000	-102.00	0.00
584	BS5 240	adr584	3470.00000	-45.13	0.00
585	orphan	adr585	3491.00000	-102.00	0.00
586	orphan	adr586	3491.00000	-102.00	0.00
587	BS5 240	adr587	3470.00000	-30.46	0.00
588	orphan	adr588	3470.00000	-102.00	0.00
589	BS5 240	adr589	3470.00000	-21.88	0.03
590	orphan	adr590	3470.00000	-102.00	0.00
591	BS5 120	adr591	3505.00000	3.60	5.17
592	BS5 240	adr592	3470.00000	-33.74	0.00
593	orphan	adr593	3491.00000	-102.00	0.00
594	orphan	adr594	3491.00000	-102.00	0.00
595	orphan	adr595	3470.00000	-102.00	0.00
596	BS5 240	adr596	3470.00000	-48.22	0.00
597	orphan	adr597	3477.00000	-102.00	0.00
598	orphan	adr598	3491.00000	-102.00	0.00
599	orphan	adr599	3505.00000	-102.00	0.00
600	BS5 240	adr600	3470.00000	-38.67	0.00
601	orphan	adr601	3505.00000	-102.00	0.00
602	orphan	adr602	3470.00000	-102.00	0.00
603	orphan	adr603	3470.00000	-102.00	0.00
604	orphan	adr604	3498.00000	-102.00	0.00
605	orphan	adr605	3505.00000	-102.00	0.00
606	BS5 240	adr606	3470.00000	-20.51	0.04
607	orphan	adr607	3505.00000	-102.00	0.00
608	orphan	adr608	3498.00000	-102.00	0.00
609	orphan	adr609	3370.00000	-102.00	0.00

609	orphan	adr609	3370.00000	-102.00	0.00
610	BS5 240	adr610	3470.00000	-41.75	0.00
611	orphan	adr611	3370.00000	-102.00	0.00
612	BS5 240	adr612	3470.00000	-40.20	0.00
613	orphan	adr613	3505.00000	-102.00	0.00
614	orphan	adr614	3505.00000	-102.00	0.00
615	orphan	adr615	3470.00000	-102.00	0.00
616	BS1 240	adr616	3505.00000	38.85	38.85
617	orphan	adr617	3498.00000	-102.00	0.00
618	BS5 240	adr618	3470.00000	-17.95	0.07
619	BS5 120	adr619	3505.00000	1.14	3.62
620	orphan	adr620	3470.00000	-102.00	0.00
621	BS5 240	adr621	3470.00000	-7.52	0.71
622	BS1 240	adr622	3505.00000	-18.23	0.06
623	orphan	adr623	3470.00000	-102.00	0.00
624	orphan	adr624	3470.00000	-102.00	0.00
625	orphan	adr625	3491.00000	-102.00	0.00
626	orphan	adr626	3491.00000	-102.00	0.00
627	orphan	adr627	3498.00000	-102.00	0.00
628	orphan	adr628	3370.00000	-102.00	0.00
629	orphan	adr629	3505.00000	-102.00	0.00
630	orphan	adr630	3370.00000	-102.00	0.00
631	BS5 240	adr631	3470.00000	8.45	9.03
632	orphan	adr632	3505.00000	-102.00	0.00
633	orphan	adr633	3498.00000	-102.00	0.00
634	orphan	adr634	3370.00000	-102.00	0.00
635	BS5 240	adr635	3470.00000	8.68	9.24
636	orphan	adr636	3505.00000	-102.00	0.00
637	orphan	adr637	3505.00000	-102.00	0.00
638	orphan	adr638	3470.00000	-102.00	0.00
639	orphan	adr639	3370.00000	-102.00	0.00
640	orphan	adr640	3505.00000	-102.00	0.00
641	orphan	adr641	3505.00000	-102.00	0.00
642	orphan	adr642	3370.00000	-102.00	0.00
643	orphan	adr643	3505.00000	-102.00	0.00
644	orphan	adr644	3484.00000	-102.00	0.00
645	orphan	adr645	3370.00000	-102.00	0.00
646	orphan	adr646	3370.00000	-102.00	0.00
647	orphan	adr647	3505.00000	-102.00	0.00
648	orphan	adr648	3505.00000	-102.00	0.00
649	orphan	adr649	3498.00000	-102.00	0.00
650	orphan	adr650	3491.00000	-102.00	0.00
651	orphan	adr651	3505.00000	-102.00	0.00
652	orphan	adr652	3505.00000	-102.00	0.00
653	orphan	adr653	3370.00000	-102.00	0.00
654	orphan	adr654	3470.00000	-102.00	0.00
655	orphan	adr655	3505.00000	-102.00	0.00
656	orphan	adr656	3505.00000	-102.00	0.00
657	orphan	adr657	3505.00000	-102.00	0.00
658	orphan	adr658	3498.00000	-102.00	0.00
659	BS1 240	adr659	3505.00000	-5.21	1.14
660	orphan	adr660	3505.00000	-102.00	0.00
661	orphan	adr661	3484.00000	-102.00	0.00
662	orphan	adr662	3370.00000	-102.00	0.00
663	BS5 120	adr663	3505.00000	-22.33	0.03
664	orphan	adr664	3370.00000	-102.00	0.00
665	BS5 240	adr665	3470.00000	-39.80	0.00
666	orphan	adr666	3370.00000	-102.00	0.00
667	orphan	adr667	3505.00000	-102.00	0.00
668	orphan	adr668	3370.00000	-102.00	0.00
669	orphan	adr669	3370.00000	-102.00	0.00
670	orphan	adr670	3505.00000	-102.00	0.00
671	BS1 240	adr671	3505.00000	41.23	41.23
672	BS1 240	adr672	3505.00000	-15.32	0.13
673	orphan	adr673	3512.00000	-102.00	0.00
674	orphan	adr674	3484.00000	-102.00	0.00
675	orphan	adr675	3505.00000	-102.00	0.00
676	BS1 240	adr676	3505.00000	-15.70	0.12
677	orphan	adr677	3484.00000	-102.00	0.00
678	orphan	adr678	3512.00000	-102.00	0.00
679	orphan	adr679	3370.00000	-102.00	0.00
680	orphan	adr680	3505.00000	-102.00	0.00
681	BS1 240	adr681	3505.00000	12.61	12.84
682	orphan	adr682	3512.00000	-102.00	0.00
683	orphan	adr683	3512.00000	-102.00	0.00
684	BS5 240	adr684	3470.00000	-42.34	0.00
685	orphan	adr685	3512.00000	-102.00	0.00
686	orphan	adr686	3512.00000	-102.00	0.00
687	orphan	adr687	3470.00000	-102.00	0.00
688	orphan	adr688	3505.00000	-102.00	0.00
689	orphan	adr689	3370.00000	-102.00	0.00
690	BS4 240	adr690	3484.00000	-65.79	0.00
691	orphan	adr691	3484.00000	-102.00	0.00
692	orphan	adr692	3484.00000	-102.00	0.00
693	orphan	adr693	3370.00000	-102.00	0.00
694	orphan	adr694	3470.00000	-102.00	0.00
695	orphan	adr695	3370.00000	-102.00	0.00
696	orphan	adr696	3470.00000	-102.00	0.00
697	orphan	adr697	3470.00000	-102.00	0.00
698	orphan	adr698	3484.00000	-102.00	0.00
699	orphan	adr699	3370.00000	-102.00	0.00
700	orphan	adr700	3370.00000	-102.00	0.00
701	orphan	adr701	3505.00000	-102.00	0.00
702	orphan	adr702	3512.00000	-102.00	0.00
703	orphan	adr703	3484.00000	-102.00	0.00
704	orphan	adr704	3512.00000	-102.00	0.00
705	orphan	adr705	3484.00000	-102.00	0.00
706	orphan	adr706	3505.00000	-102.00	0.00
707	orphan	adr707	3498.00000	-102.00	0.00
708	orphan	adr708	3505.00000	-102.00	0.00
709	orphan	adr709	3505.00000	-102.00	0.00
710	orphan	adr710	3512.00000	-102.00	0.00
711	orphan	adr711	3370.00000	-102.00	0.00
712	orphan	adr712	3370.00000	-102.00	0.00
713	orphan	adr713	3484.00000	-102.00	0.00
714	orphan	adr714	3370.00000	-102.00	0.00
715	orphan	adr715	3512.00000	-102.00	0.00
716	orphan	adr716	3470.00000	-102.00	0.00
717	orphan	adr717	3370.00000	-102.00	0.00
718	orphan	adr718	3370.00000	-102.00	0.00
719	orphan	adr719	3498.00000	-102.00	0.00
720	orphan	adr720	3512.00000	-102.00	0.00
721	orphan	adr721	3370.00000	-102.00	0.00

721	orphan	adr721	3370.00000	-102.00	0.00
722	orphan	adr722	3512.00000	-102.00	0.00
723	orphan	adr723	3512.00000	-102.00	0.00
724	orphan	adr724	3370.00000	-102.00	0.00
725	orphan	adr725	3370.00000	-102.00	0.00
726	orphan	adr726	3370.00000	-102.00	0.00
727	orphan	adr727	3505.00000	-102.00	0.00
728	orphan	adr728	3505.00000	-102.00	0.00
729	orphan	adr729	3370.00000	-102.00	0.00
730	orphan	adr730	3370.00000	-102.00	0.00
731	orphan	adr731	3505.00000	-102.00	0.00
732	orphan	adr732	3470.00000	-102.00	0.00
733	BS4 240	adr733	3484.00000	-61.46	0.00
734	orphan	adr734	3484.00000	-102.00	0.00
735	orphan	adr735	3370.00000	-102.00	0.00
736	BS5 240	adr736	3470.00000	7.83	8.49
737	orphan	adr737	3505.00000	-102.00	0.00
738	orphan	adr738	3484.00000	-102.00	0.00
739	BS1 240	adr739	3505.00000	-14.36	0.16
740	orphan	adr740	3512.00000	-102.00	0.00
741	orphan	adr741	3505.00000	-102.00	0.00
742	orphan	adr742	3484.00000	-102.00	0.00
743	BS5 120	adr743	3505.00000	-57.31	0.00
744	orphan	adr744	3370.00000	-102.00	0.00
751	orphan	adr751	3477.00000	-102.00	0.00
752	orphan	adr752	3477.00000	-102.00	0.00
753	orphan	adr753	3477.00000	-102.00	0.00
754	BS1 240	adr754	3505.00000	-53.75	0.00
755	orphan	adr755	3470.00000	-102.00	0.00
756	BS1 120	adr756	3498.00000	-80.06	0.00
757	BS1	adr757	3470.00000	-47.47	0.00
758	orphan	adr758	3470.00000	-102.00	0.00
759	orphan	adr759	3477.00000	-102.00	0.00
760	orphan	adr760	3512.00000	-102.00	0.00
761	orphan	adr761	3470.00000	-102.00	0.00
762	BS2 120	adr762	3512.00000	-30.74	0.00
763	orphan	adr763	3477.00000	-102.00	0.00
764	orphan	adr764	3470.00000	-102.00	0.00
765	orphan	adr765	3491.00000	-102.00	0.00
766	orphan	adr766	3505.00000	-102.00	0.00
767	orphan	adr767	3484.00000	-102.00	0.00
768	orphan	adr768	3498.00000	-102.00	0.00
769	orphan	adr769	3512.00000	-102.00	0.00
770	orphan	adr770	3470.00000	-102.00	0.00
771	orphan	adr771	3505.00000	-102.00	0.00
772	orphan	adr772	3498.00000	-102.00	0.00
773	orphan	adr773	3484.00000	-102.00	0.00
774	orphan	adr774	3505.00000	-102.00	0.00
775	orphan	adr775	3505.00000	-102.00	0.00
776	orphan	adr776	3505.00000	-102.00	0.00
777	orphan	adr777	3512.00000	-102.00	0.00
778	orphan	adr778	3491.00000	-102.00	0.00
779	orphan	adr779	3498.00000	-102.00	0.00
780	orphan	adr780	3470.00000	-102.00	0.00
781	orphan	adr781	3470.00000	-102.00	0.00
782	orphan	adr782	3470.00000	-102.00	0.00
783	orphan	adr783	3470.00000	-102.00	0.00
784	BS1	adr784	3470.00000	-49.81	0.00
785	orphan	adr785	3470.00000	-102.00	0.00
786	orphan	adr786	3505.00000	-102.00	0.00
787	BS1 240	adr787	3505.00000	-20.27	0.04
788	orphan	adr788	3505.00000	-102.00	0.00
789	orphan	adr789	3491.00000	-102.00	0.00
790	orphan	adr790	3505.00000	-102.00	0.00
791	orphan	adr791	3505.00000	-102.00	0.00
792	orphan	adr792	3470.00000	-102.00	0.00
793	orphan	adr793	3470.00000	-102.00	0.00
794	orphan	adr794	3505.00000	-102.00	0.00
796	orphan	adr796	3505.00000	-102.00	0.00
797	orphan	adr797	3470.00000	-102.00	0.00
798	orphan	adr798	3512.00000	-102.00	0.00
800	orphan	adr800	3484.00000	-102.00	0.00
801	orphan	adr801	3477.00000	-102.00	0.00
802	orphan	adr802	3498.00000	-102.00	0.00
804	orphan	adr804	3477.00000	-102.00	0.00
805	orphan	adr805	3477.00000	-102.00	0.00
806	BS1 240	adr806	3505.00000	0.60	3.32
807	BS1 240	adr807	3505.00000	-16.28	0.10
808	BS1 240	adr808	3505.00000	22.52	22.54
809	orphan	adr809	3505.00000	-102.00	0.00
810	orphan	adr810	3491.00000	-102.00	0.00
811	orphan	adr811	3491.00000	-102.00	0.00
812	orphan	adr812	3498.00000	-102.00	0.00
813	BS1 120	adr813	3498.00000	-22.11	0.03
814	orphan	adr814	3498.00000	-102.00	0.00
815	BS3 120	adr815	3505.00000	-37.17	0.00
816	orphan	adr816	3491.00000	-102.00	0.00
817	BS1 240	adr817	3505.00000	-62.21	0.00
818	orphan	adr818	3505.00000	-102.00	0.00
819	orphan	adr819	3498.00000	-102.00	0.00
820	orphan	adr820	3498.00000	-102.00	0.00
821	BS1 240	adr821	3505.00000	-23.32	0.02
822	orphan	adr822	3505.00000	-102.00	0.00
823	orphan	adr823	3505.00000	-102.00	0.00
824	BS1 240	adr824	3505.00000	-21.85	0.03
825	BS1 120	adr825	3498.00000	-20.00	0.04
826	BS1 240	adr826	3505.00000	-20.48	0.04
827	BS1 240	adr827	3505.00000	-17.91	0.07
828	BS1 240	adr828	3505.00000	-15.48	0.12
829	BS3 120	adr829	3505.00000	22.11	22.13
830	BS1 120	adr830	3498.00000	-17.84	0.07
831	BS5 240	adr831	3470.00000	-6.54	0.87
832	BS1 240	adr832	3505.00000	-16.04	0.11
833	BS1 120	adr833	3498.00000	-9.03	0.51
834	BS1 240	adr834	3505.00000	31.34	31.34
835	BS1 240	adr835	3505.00000	22.96	22.99
836	orphan	adr836	3505.00000	-102.00	0.00
837	BS1 120	adr837	3498.00000	-22.04	0.03
838	orphan	adr838	3505.00000	-102.00	0.00
839	BS1 120	adr839	3498.00000	8.82	9.36
841	orphan	adr841	3505.00000	-102.00	0.00
842	BS2 240	adr842	3498.00000	35.30	35.30
843	BS1 120	adr843	3498.00000	27.16	27.16

843	BS1 120	adr843	3498.00000	27.16	27.16
844	BS2 240	adr844	3498.00000	35.42	35.42
845	BS3 120	adr845	3505.00000	8.04	8.67
846	orphan	adr846	3491.00000	-102.00	0.00
847	orphan	adr847	3505.00000	-102.00	0.00
848	orphan	adr848	3498.00000	-102.00	0.00
849	orphan	adr849	3505.00000	-102.00	0.00
850	orphan	adr850	3498.00000	-102.00	0.00
851	BS3 240	adr851	3477.00000	-28.02	0.01
852	orphan	adr852	3505.00000	-102.00	0.00
853	orphan	adr853	3491.00000	-102.00	0.00
854	orphan	adr854	3498.00000	-102.00	0.00
855	BS1 240	adr855	3505.00000	9.91	10.33
856	BS1 240	adr856	3505.00000	5.05	6.23
857	BS1 240	adr857	3505.00000	-13.97	0.17
858	BS5 120	adr858	3505.00000	42.90	42.90
859	BS1 240	adr859	3505.00000	-1.10	2.49
860	orphan	adr860	3498.00000	-102.00	0.00
861	BS5 240	adr861	3470.00000	-9.24	0.49
862	BS1 240	adr862	3505.00000	-3.05	1.75
863	BS3 240	adr863	3477.00000	-6.17	0.94
865	BS5 240	adr865	3470.00000	-6.68	0.84
866	orphan	adr866	3498.00000	-102.00	0.00
867	BS3 240	adr867	3477.00000	-12.32	0.25
868	orphan	adr868	3498.00000	-102.00	0.00
869	orphan	adr869	3498.00000	-102.00	0.00
870	BS5 120	adr870	3505.00000	44.22	44.22
871	BS1 240	adr871	3505.00000	-14.12	0.16
872	BS1 240	adr872	3505.00000	15.98	16.09
873	BS3 240	adr873	3477.00000	8.66	9.22
874	orphan	adr874	3498.00000	-102.00	0.00
875	BS5 240	adr875	3470.00000	-10.61	0.36
876	orphan	adr876	3505.00000	-102.00	0.00
877	orphan	adr877	3512.00000	-102.00	0.00
878	BS1 120	adr878	3498.00000	-2.35	1.99
879	orphan	adr879	3512.00000	-102.00	0.00
880	BS5 240	adr880	3470.00000	11.59	11.89
881	orphan	adr881	3505.00000	-102.00	0.00
882	BS5 240	adr882	3470.00000	28.52	28.53
883	orphan	adr883	3498.00000	-102.00	0.00
884	BS3 120	adr884	3505.00000	12.17	12.43
885	orphan	adr885	3498.00000	-102.00	0.00
886	orphan	adr886	3498.00000	-102.00	0.00
887	orphan	adr887	3498.00000	-102.00	0.00
888	BS5 240	adr888	3470.00000	30.98	30.98
889	orphan	adr889	3505.00000	-102.00	0.00
890	BS1 120	adr890	3498.00000	-8.86	0.53
891	orphan	adr891	3505.00000	-102.00	0.00
892	BS2 120	adr892	3512.00000	5.07	6.25
893	orphan	adr893	3491.00000	-102.00	0.00
894	BS1 120	adr894	3498.00000	-1.64	2.27
896	BS3 240	adr896	3477.00000	15.52	15.64
897	BS1 240	adr897	3505.00000	-10.58	0.36
898	BS3 120	adr898	3505.00000	22.85	22.87
899	BS3 120	adr899	3505.00000	22.27	22.30
900	BS1 120	adr900	3498.00000	15.54	15.66
901	BS3 120	adr901	3505.00000	-0.12	2.95
902	BS1 120	adr902	3498.00000	-9.87	0.43
903	orphan	adr903	3498.00000	-102.00	0.00
904	BS1 240	adr904	3505.00000	27.13	27.14
905	BS3 240	adr905	3477.00000	-32.46	0.00
906	orphan	adr906	3505.00000	-102.00	0.00
907	BS1 240	adr907	3505.00000	-36.44	0.00
908	BS3 240	adr908	3477.00000	-6.44	0.89
909	orphan	adr909	3505.00000	-102.00	0.00
910	BS1 240	adr910	3505.00000	7.34	8.07
911	BS3 240	adr911	3477.00000	-3.70	1.54
912	BS1 240	adr912	3505.00000	3.67	5.22
913	orphan	adr913	3505.00000	-102.00	0.00
914	orphan	adr914	3505.00000	-102.00	0.00
915	orphan	adr915	3498.00000	-102.00	0.00
916	BS1 240	adr916	3505.00000	-20.97	0.03
917	orphan	adr917	3505.00000	-102.00	0.00
918	BS3 240	adr918	3477.00000	-14.01	0.17
920	BS2 240	adr920	3498.00000	-5.98	0.98
921	BS3 240	adr921	3477.00000	18.44	18.50
922	BS3 240	adr922	3477.00000	6.35	7.26
924	BS1 240	adr924	3505.00000	15.65	15.77
925	BS1 240	adr925	3505.00000	9.64	10.09
927	orphan	adr927	3505.00000	-102.00	0.00
928	orphan	adr928	3505.00000	-102.00	0.00
929	BS5	adr929	3491.00000	-11.02	0.33
930	orphan	adr930	3505.00000	-102.00	0.00
931	orphan	adr931	3505.00000	-102.00	0.00
932	BS3 120	adr932	3505.00000	-62.56	0.00
933	BS5 240	adr933	3470.00000	-0.45	2.79
934	orphan	adr934	3505.00000	-102.00	0.00
935	BS1 240	adr935	3505.00000	15.47	15.59
936	orphan	adr936	3498.00000	-102.00	0.00
937	BS3 240	adr937	3477.00000	8.22	8.83
938	orphan	adr938	3498.00000	-102.00	0.00
939	orphan	adr939	3505.00000	-102.00	0.00
940	orphan	adr940	3498.00000	-102.00	0.00
941	orphan	adr941	3505.00000	-102.00	0.00
942	BS1 240	adr942	3505.00000	18.19	18.26
943	BS2 120	adr943	3512.00000	4.93	6.14
945	orphan	adr945	3505.00000	-102.00	0.00
946	BS1 240	adr946	3505.00000	-5.56	1.06
947	orphan	adr947	3498.00000	-102.00	0.00
948	orphan	adr948	3505.00000	-102.00	0.00
949	orphan	adr949	3498.00000	-102.00	0.00
950	BS1 120	adr950	3498.00000	24.29	24.31
951	orphan	adr951	3498.00000	-102.00	0.00
952	orphan	adr952	3498.00000	-102.00	0.00
953	BS5 240	adr953	3470.00000	2.26	4.28
954	orphan	adr954	3498.00000	-102.00	0.00
955	BS5 240	adr955	3470.00000	-20.69	0.04
956	BS5 120	adr956	3505.00000	-1.03	2.52
957	BS1 240	adr957	3505.00000	-1.02	2.53
958	orphan	adr958	3498.00000	-102.00	0.00
959	orphan	adr959	3505.00000	-102.00	0.00
961	BS4 120	adr961	3512.00000	7.77	8.44
962	orphan	adr962	3498.00000	-102.00	0.00

962	orphan	adr962	3498.00000	-102.00	0.00
963	orphan	adr963	3491.00000	-102.00	0.00
964	orphan	adr964	3505.00000	-102.00	0.00
965	BS1 240	adr965	3505.00000	30.87	30.87
966	orphan	adr966	3505.00000	-102.00	0.00
967	BS5 240	adr967	3470.00000	25.96	25.97
968	BS5 120	adr968	3505.00000	42.13	42.13
969	orphan	adr969	3505.00000	-102.00	0.00
970	orphan	adr970	3470.00000	-102.00	0.00
971	BS5 120	adr971	3505.00000	-15.84	0.11
972	orphan	adr972	3505.00000	-102.00	0.00
973	orphan	adr973	3505.00000	-102.00	0.00
974	orphan	adr974	3505.00000	-102.00	0.00
975	orphan	adr975	3505.00000	-102.00	0.00
976	BS3 240	adr976	3477.00000	-2.24	2.03
977	orphan	adr977	3498.00000	-102.00	0.00
978	BS1 240	adr978	3505.00000	-12.76	0.22
979	orphan	adr979	3491.00000	-102.00	0.00
980	BS1 240	adr980	3505.00000	4.41	5.75
981	orphan	adr981	3470.00000	-102.00	0.00
982	BS5 120	adr982	3505.00000	-18.74	0.06
983	orphan	adr983	3498.00000	-102.00	0.00
984	orphan	adr984	3505.00000	-102.00	0.00
985	orphan	adr985	3505.00000	-102.00	0.00
986	orphan	adr986	3477.00000	-102.00	0.00
987	BS5 240	adr987	3470.00000	-48.67	0.00
988	BS5 120	adr988	3505.00000	7.33	8.07
989	orphan	adr989	3505.00000	-102.00	0.00
990	orphan	adr990	3470.00000	-102.00	0.00
991	orphan	adr991	3512.00000	-102.00	0.00
992	BS5 240	adr992	3470.00000	-15.28	0.13
993	orphan	adr993	3470.00000	-102.00	0.00
994	orphan	adr994	3491.00000	-102.00	0.00
996	BS1 240	adr996	3505.00000	22.03	22.06
997	BS5 240	adr997	3470.00000	-23.07	0.02
998	BS5 120	adr998	3505.00000	17.01	17.10
999	orphan	adr999	3491.00000	-102.00	0.00
1000	BS5 120	adr1000	3505.00000	36.75	36.75
1001	BS4 120	adr1001	3512.00000	-12.57	0.23
1002	orphan	adr1002	3505.00000	-102.00	0.00
1003	orphan	adr1003	3512.00000	-102.00	0.00
1004	BS5 240	adr1004	3470.00000	-16.16	0.10
1005	orphan	adr1005	3491.00000	-102.00	0.00
1006	orphan	adr1006	3505.00000	-102.00	0.00
1007	orphan	adr1007	3470.00000	-102.00	0.00
1008	BS5 240	adr1008	3470.00000	-36.09	0.00
1009	orphan	adr1009	3491.00000	-102.00	0.00
1011	orphan	adr1011	3491.00000	-102.00	0.00
1012	orphan	adr1012	3505.00000	-102.00	0.00
1013	orphan	adr1013	3477.00000	-102.00	0.00
1014	orphan	adr1014	3491.00000	-102.00	0.00
1015	BS5 240	adr1015	3470.00000	9.41	9.88
1016	orphan	adr1016	3470.00000	-102.00	0.00
1017	orphan	adr1017	3505.00000	-102.00	0.00
1018	BS1 240	adr1018	3505.00000	3.00	4.76
1019	orphan	adr1019	3470.00000	-102.00	0.00
1020	orphan	adr1020	3470.00000	-102.00	0.00
1021	BS5 120	adr1021	3505.00000	7.86	8.52
1022	orphan	adr1022	3505.00000	-102.00	0.00
1023	orphan	adr1023	3491.00000	-102.00	0.00
1024	BS3 240	adr1024	3477.00000	-9.08	0.51
1025	BS3 240	adr1025	3477.00000	-12.78	0.22
1026	BS1 120	adr1026	3498.00000	-4.05	1.44
1027	BS5 240	adr1027	3470.00000	28.69	28.69
1028	BS1 240	adr1028	3505.00000	27.51	27.51
1029	orphan	adr1029	3498.00000	-102.00	0.00
1030	orphan	adr1030	3505.00000	-102.00	0.00
1032	BS1 240	adr1032	3505.00000	9.60	10.05
1033	orphan	adr1033	3498.00000	-102.00	0.00
1034	orphan	adr1034	3498.00000	-102.00	0.00
1035	orphan	adr1035	3498.00000	-102.00	0.00
1036	orphan	adr1036	3505.00000	-102.00	0.00
1037	BS5 240	adr1037	3470.00000	17.68	17.76
1038	orphan	adr1038	3505.00000	-102.00	0.00
1040	orphan	adr1040	3470.00000	-102.00	0.00
1041	orphan	adr1041	3505.00000	-102.00	0.00
1042	orphan	adr1042	3477.00000	-102.00	0.00
1043	orphan	adr1043	3491.00000	-102.00	0.00
1044	orphan	adr1044	3491.00000	-102.00	0.00
1045	BS5 240	adr1045	3470.00000	-18.90	0.06
1046	orphan	adr1046	3498.00000	-102.00	0.00
1047	BS5 120	adr1047	3505.00000	38.76	38.77
1048	BS5 240	adr1048	3470.00000	-25.12	0.01
1049	orphan	adr1049	3491.00000	-102.00	0.00
1050	BS5 240	adr1050	3470.00000	20.52	20.56
1051	orphan	adr1051	3505.00000	-102.00	0.00
1052	BS5 240	adr1052	3470.00000	-36.08	0.00
1053	orphan	adr1053	3505.00000	-102.00	0.00
1054	orphan	adr1054	3505.00000	-102.00	0.00
1055	orphan	adr1055	3491.00000	-102.00	0.00
1056	orphan	adr1056	3491.00000	-102.00	0.00
1057	orphan	adr1057	3470.00000	-102.00	0.00
1058	orphan	adr1058	3470.00000	-102.00	0.00
1059	orphan	adr1059	3498.00000	-102.00	0.00
1060	orphan	adr1060	3498.00000	-102.00	0.00
1061	BS4 120	adr1061	3512.00000	-37.53	0.00
1062	orphan	adr1062	3491.00000	-102.00	0.00
1063	orphan	adr1063	3505.00000	-102.00	0.00
1064	orphan	adr1064	3470.00000	-102.00	0.00
1065	orphan	adr1065	3491.00000	-102.00	0.00
1066	BS4	adr1066	3491.00000	-4.41	1.34
1067	BS4 240	adr1067	3484.00000	-46.65	0.00
1068	orphan	adr1068	3484.00000	-102.00	0.00
1069	orphan	adr1069	3505.00000	-102.00	0.00
1070	orphan	adr1070	3470.00000	-102.00	0.00
1071	orphan	adr1071	3491.00000	-102.00	0.00
1072	BS5 240	adr1072	3470.00000	-11.78	0.28
1074	orphan	adr1074	3512.00000	-102.00	0.00
1075	orphan	adr1075	3470.00000	-102.00	0.00
1076	orphan	adr1076	3491.00000	-102.00	0.00
1077	orphan	adr1077	3512.00000	-102.00	0.00
1079	orphan	adr1079	3491.00000	-102.00	0.00
1080	orphan	adr1080	3470.00000	-102.00	0.00

1080	orphan	adr1080	3470.00000	-102.00	0.00
1082	orphan	adr1082	3512.00000	-102.00	0.00
1083	orphan	adr1083	3470.00000	-102.00	0.00
1084	orphan	adr1084	3484.00000	-102.00	0.00
1085	orphan	adr1085	3470.00000	-102.00	0.00
1086	orphan	adr1086	3498.00000	-102.00	0.00
1087	orphan	adr1087	3470.00000	-102.00	0.00
1088	orphan	adr1088	3505.00000	-102.00	0.00
1089	orphan	adr1089	3470.00000	-102.00	0.00
1090	orphan	adr1090	3512.00000	-102.00	0.00
1091	orphan	adr1091	3470.00000	-102.00	0.00
1092	orphan	adr1092	3512.00000	-102.00	0.00
1093	orphan	adr1093	3491.00000	-102.00	0.00
1094	orphan	adr1094	3512.00000	-102.00	0.00
1095	orphan	adr1095	3470.00000	-102.00	0.00
1096	orphan	adr1096	3498.00000	-102.00	0.00
1097	orphan	adr1097	3512.00000	-102.00	0.00
1098	orphan	adr1098	3470.00000	-102.00	0.00
1099	orphan	adr1099	3505.00000	-102.00	0.00
1100	orphan	adr1100	3484.00000	-102.00	0.00
1101	orphan	adr1101	3470.00000	-102.00	0.00
1102	orphan	adr1102	3470.00000	-102.00	0.00
1103	orphan	adr1103	3484.00000	-102.00	0.00
1104	orphan	adr1104	3470.00000	-102.00	0.00
1105	orphan	adr1105	3470.00000	-102.00	0.00
1106	orphan	adr1106	3491.00000	-102.00	0.00
1107	orphan	adr1107	3512.00000	-102.00	0.00
1108	orphan	adr1108	3505.00000	-102.00	0.00
1109	orphan	adr1109	3512.00000	-102.00	0.00
1110	orphan	adr1110	3470.00000	-102.00	0.00
1112	orphan	adr1112	3470.00000	-102.00	0.00
1113	orphan	adr1113	3512.00000	-102.00	0.00
1114	orphan	adr1114	3484.00000	-102.00	0.00
1115	orphan	adr1115	3470.00000	-102.00	0.00
1116	orphan	adr1116	3505.00000	-102.00	0.00
1117	orphan	adr1117	3512.00000	-102.00	0.00
1118	orphan	adr1118	3484.00000	-102.00	0.00
1119	orphan	adr1119	3505.00000	-102.00	0.00
1120	orphan	adr1120	3470.00000	-102.00	0.00
1121	orphan	adr1121	3505.00000	-102.00	0.00
1122	orphan	adr1122	3470.00000	-102.00	0.00
1123	orphan	adr1123	3505.00000	-102.00	0.00
1124	orphan	adr1124	3512.00000	-102.00	0.00
1151	orphan	adr1151	3512.00000	-102.00	0.00
1152	orphan	adr1152	3370.00000	-102.00	0.00
1153	orphan	adr1153	3470.00000	-102.00	0.00
1154	orphan	adr1154	3477.00000	-102.00	0.00
1155	orphan	adr1155	3512.00000	-102.00	0.00
1156	orphan	adr1156	3370.00000	-102.00	0.00
1157	orphan	adr1157	3370.00000	-102.00	0.00
1158	orphan	adr1158	3477.00000	-102.00	0.00
1159	orphan	adr1159	3470.00000	-102.00	0.00
1160	orphan	adr1160	3505.00000	-102.00	0.00
1161	orphan	adr1161	3477.00000	-102.00	0.00
1163	orphan	adr1163	3505.00000	-102.00	0.00
1165	BS1 240	adr1165	3505.00000	-52.14	0.00
1166	BS3 120	adr1166	3505.00000	-21.58	0.03
1167	orphan	adr1167	3470.00000	-102.00	0.00
1169	orphan	adr1169	3505.00000	-102.00	0.00
1171	orphan	adr1171	3477.00000	-102.00	0.00
1172	BS1 240	adr1172	3505.00000	-11.09	0.33
1173	orphan	adr1173	3512.00000	-102.00	0.00
1175	orphan	adr1175	3512.00000	-102.00	0.00
1176	BS3 240	adr1176	3477.00000	-22.35	0.03
1177	BS1 240	adr1177	3505.00000	-18.83	0.06
1178	orphan	adr1178	3470.00000	-102.00	0.00
1179	BS1 120	adr1179	3498.00000	-9.30	0.48
1180	orphan	adr1180	3505.00000	-102.00	0.00
1181	orphan	adr1181	3491.00000	-102.00	0.00
1182	orphan	adr1182	3512.00000	-102.00	0.00
1183	orphan	adr1183	3505.00000	-102.00	0.00
1184	orphan	adr1184	3470.00000	-102.00	0.00
1185	BS3 240	adr1185	3477.00000	-21.98	0.03
1186	BS1 120	adr1186	3498.00000	-84.72	0.00
1188	BS2 120	adr1188	3512.00000	-1.87	2.18
1189	BS3 240	adr1189	3477.00000	-10.62	0.36
1190	orphan	adr1190	3498.00000	-102.00	0.00
1191	BS3 240	adr1191	3477.00000	13.14	13.35
1192	BS1 240	adr1192	3505.00000	-10.89	0.34
1193	BS1 240	adr1193	3505.00000	20.08	20.13
1194	orphan	adr1194	3491.00000	-102.00	0.00
1195	BS5 240	adr1195	3470.00000	-5.07	1.18
1196	orphan	adr1196	3505.00000	-102.00	0.00
1197	BS3 240	adr1197	3477.00000	-85.76	0.00
1198	BS5 120	adr1198	3505.00000	-31.04	0.00
1199	BS1 240	adr1199	3505.00000	-17.69	0.07
1200	BS1 240	adr1200	3505.00000	10.57	10.93
1201	orphan	adr1201	3505.00000	-102.00	0.00
1203	BS3 240	adr1203	3477.00000	-8.62	0.56
1204	BS5 120	adr1204	3505.00000	24.51	24.53
1205	BS1 240	adr1205	3505.00000	6.15	7.09
1206	orphan	adr1206	3512.00000	-102.00	0.00
1207	BS5 120	adr1207	3505.00000	-12.85	0.22
1208	BS5 240	adr1208	3470.00000	-5.26	1.13
1209	BS1 120	adr1209	3498.00000	27.41	27.42
1211	BS1 240	adr1211	3505.00000	-17.23	0.08
1212	BS1 240	adr1212	3505.00000	-23.41	0.02
1213	orphan	adr1213	3505.00000	-102.00	0.00
1214	BS1 240	adr1214	3505.00000	-33.03	0.00
1215	BS3 120	adr1215	3505.00000	-61.81	0.00
1216	BS3 240	adr1216	3477.00000	15.35	15.48
1217	BS2 240	adr1217	3498.00000	-2.40	1.97
1218	orphan	adr1218	3512.00000	-102.00	0.00
1220	orphan	adr1220	3505.00000	-102.00	0.00
1222	orphan	adr1222	3498.00000	-102.00	0.00
1223	orphan	adr1223	3505.00000	-102.00	0.00
1224	BS3 120	adr1224	3505.00000	-67.41	0.00
1225	orphan	adr1225	3505.00000	-102.00	0.00
1226	orphan	adr1226	3512.00000	-102.00	0.00
1227	orphan	adr1227	3512.00000	-102.00	0.00
1228	BS5 120	adr1228	3505.00000	0.02	3.02
1230	BS5 120	adr1230	3505.00000	-60.99	0.00
1231	orphan	adr1231	3505.00000	-102.00	0.00

1231	orphan	adr1231	3505.00000	-102.00	0.00
1232	BS1 240	adr1232	3505.00000	11.84	12.12
1233	orphan	adr1233	3505.00000	-102.00	0.00
1234	BS1 120	adr1234	3498.00000	15.49	15.61
1236	orphan	adr1236	3505.00000	-102.00	0.00
1237	orphan	adr1237	3498.00000	-102.00	0.00
1238	BS1 240	adr1238	3505.00000	-18.65	0.06
1239	orphan	adr1239	3491.00000	-102.00	0.00
1240	orphan	adr1240	3505.00000	-102.00	0.00
1241	BS5 240	adr1241	3470.00000	-29.98	0.00
1242	BS1 240	adr1242	3505.00000	-12.83	0.22
1243	BS1 240	adr1243	3505.00000	7.42	8.14
1244	orphan	adr1244	3470.00000	-102.00	0.00
1245	BS2 120	adr1245	3512.00000	-62.57	0.00
1246	orphan	adr1246	3512.00000	-102.00	0.00
1247	orphan	adr1247	3505.00000	-102.00	0.00
1248	BS1 240	adr1248	3505.00000	-23.64	0.02
1249	BS5 120	adr1249	3505.00000	-14.61	0.15
1250	orphan	adr1250	3512.00000	-102.00	0.00
1251	orphan	adr1251	3505.00000	-102.00	0.00
1252	BS1 240	adr1252	3505.00000	-37.72	0.00
1253	orphan	adr1253	3470.00000	-102.00	0.00
1254	orphan	adr1254	3505.00000	-102.00	0.00
1255	BS1 240	adr1255	3505.00000	-2.14	2.07
1256	orphan	adr1256	3470.00000	-102.00	0.00
1257	orphan	adr1257	3498.00000	-102.00	0.00
1258	BS2 240	adr1258	3498.00000	-37.51	0.00
1259	orphan	adr1259	3470.00000	-102.00	0.00
1260	orphan	adr1260	3512.00000	-102.00	0.00
1261	BS5 240	adr1261	3470.00000	17.82	17.90
1263	BS1 120	adr1263	3498.00000	5.84	6.85
1264	BS1 240	adr1264	3505.00000	-12.10	0.26
1265	orphan	adr1265	3505.00000	-102.00	0.00
1266	BS1 240	adr1266	3505.00000	-13.88	0.17
1267	BS1 120	adr1267	3498.00000	-64.06	0.00
1268	orphan	adr1268	3498.00000	-102.00	0.00
1269	BS5 240	adr1269	3470.00000	-34.49	0.00
1270	BS5 240	adr1270	3470.00000	-28.24	0.01
1271	BS5 120	adr1271	3505.00000	31.06	31.06
1272	BS5	adr1272	3491.00000	-3.52	1.60
1273	BS1 240	adr1273	3505.00000	14.21	14.37
1274	BS1 120	adr1274	3498.00000	0.69	3.37
1275	BS1 240	adr1275	3505.00000	30.30	30.30
1276	BS5	adr1276	3491.00000	-3.61	1.57
1277	orphan	adr1277	3470.00000	-102.00	0.00
1278	orphan	adr1278	3370.00000	-102.00	0.00
1279	BS5 120	adr1279	3505.00000	21.56	21.59
1280	orphan	adr1280	3470.00000	-102.00	0.00
1281	BS5 240	adr1281	3470.00000	-37.71	0.00
1282	orphan	adr1282	3470.00000	-102.00	0.00
1283	orphan	adr1283	3491.00000	-102.00	0.00
1284	BS1 240	adr1284	3505.00000	12.98	13.19
1285	BS1 240	adr1285	3505.00000	13.40	13.60
1286	BS1 240	adr1286	3505.00000	-20.88	0.04
1287	BS5 240	adr1287	3470.00000	-49.16	0.00
1288	orphan	adr1288	3505.00000	-102.00	0.00
1289	BS1 240	adr1289	3505.00000	-18.02	0.07
1290	orphan	adr1290	3477.00000	-102.00	0.00
1291	BS2 240	adr1291	3498.00000	-7.57	0.70
1292	orphan	adr1292	3505.00000	-102.00	0.00
1293	orphan	adr1293	3491.00000	-102.00	0.00
1294	orphan	adr1294	3470.00000	-102.00	0.00
1295	BS5 120	adr1295	3505.00000	-41.92	0.00
1296	orphan	adr1296	3505.00000	-102.00	0.00
1297	BS5 120	adr1297	3505.00000	-14.92	0.14
1298	BS5 240	adr1298	3470.00000	11.47	11.77
1299	orphan	adr1299	3505.00000	-102.00	0.00
1300	BS5 240	adr1300	3470.00000	14.00	14.17
1301	BS5 240	adr1301	3470.00000	12.12	12.38
1302	orphan	adr1302	3370.00000	-102.00	0.00
1303	BS5 240	adr1303	3470.00000	-29.90	0.00
1304	orphan	adr1304	3505.00000	-102.00	0.00
1305	orphan	adr1305	3505.00000	-102.00	0.00
1306	orphan	adr1306	3505.00000	-102.00	0.00
1307	orphan	adr1307	3470.00000	-102.00	0.00
1308	orphan	adr1308	3470.00000	-102.00	0.00
1309	BS4 240	adr1309	3484.00000	-61.26	0.00
1310	orphan	adr1310	3505.00000	-102.00	0.00
1311	BS4 240	adr1311	3484.00000	-57.58	0.00
1312	orphan	adr1312	3505.00000	-102.00	0.00
1313	orphan	adr1313	3505.00000	-102.00	0.00
1314	orphan	adr1314	3498.00000	-102.00	0.00
1315	orphan	adr1315	3491.00000	-102.00	0.00
1316	BS4 240	adr1316	3484.00000	-58.34	0.00
1317	orphan	adr1317	3484.00000	-102.00	0.00
1318	orphan	adr1318	3505.00000	-102.00	0.00
1319	orphan	adr1319	3491.00000	-102.00	0.00
1320	orphan	adr1320	3491.00000	-102.00	0.00
1321	orphan	adr1321	3484.00000	-102.00	0.00
1322	orphan	adr1322	3491.00000	-102.00	0.00
1323	orphan	adr1323	3512.00000	-102.00	0.00
1324	orphan	adr1324	3491.00000	-102.00	0.00
1325	orphan	adr1325	3512.00000	-102.00	0.00
1326	orphan	adr1326	3484.00000	-102.00	0.00
1327	orphan	adr1327	3470.00000	-102.00	0.00
1328	orphan	adr1328	3370.00000	-102.00	0.00
1329	BS1	adr1329	3470.00000	-53.59	0.00
1330	orphan	adr1330	3498.00000	-102.00	0.00
1331	orphan	adr1331	3470.00000	-102.00	0.00
1332	orphan	adr1332	3477.00000	-102.00	0.00
1333	orphan	adr1333	3370.00000	-102.00	0.00
1335	orphan	adr1335	3477.00000	-102.00	0.00
1336	orphan	adr1336	3484.00000	-102.00	0.00
1337	orphan	adr1337	3498.00000	-102.00	0.00
1338	orphan	adr1338	3484.00000	-102.00	0.00
1341	BS3 240	adr1341	3477.00000	-7.40	0.73
1342	orphan	adr1342	3498.00000	-102.00	0.00
1343	orphan	adr1343	3491.00000	-102.00	0.00
1345	orphan	adr1345	3512.00000	-102.00	0.00
1346	BS1 120	adr1346	3498.00000	-61.89	0.00
1347	orphan	adr1347	3498.00000	-102.00	0.00
1348	orphan	adr1348	3498.00000	-102.00	0.00
1349	BS3 240	adr1349	3477.00000	-37.23	0.00

1349	BS3 240	adr1349	3477.00000	-37.23	0.00
1350	orphan	adr1350	3470.00000	-102.00	0.00
1351	orphan	adr1351	3498.00000	-102.00	0.00
1352	orphan	adr1352	3470.00000	-102.00	0.00
1353	orphan	adr1353	3505.00000	-102.00	0.00
1355	BS1 240	adr1355	3505.00000	-1.63	2.27
1356	orphan	adr1356	3498.00000	-102.00	0.00
1357	orphan	adr1357	3484.00000	-102.00	0.00
1358	BS3 240	adr1358	3477.00000	-40.88	0.00
1359	orphan	adr1359	3470.00000	-102.00	0.00
1360	orphan	adr1360	3512.00000	-102.00	0.00
1361	orphan	adr1361	3505.00000	-102.00	0.00
1362	orphan	adr1362	3470.00000	-102.00	0.00
1364	orphan	adr1364	3470.00000	-102.00	0.00
1366	orphan	adr1366	3477.00000	-102.00	0.00
1367	BS3 240	adr1367	3477.00000	-8.14	0.62
1368	orphan	adr1368	3505.00000	-102.00	0.00
1369	orphan	adr1369	3505.00000	-102.00	0.00
1370	BS5	adr1370	3491.00000	2.63	4.52
1371	BS5 120	adr1371	3505.00000	-28.93	0.01
1372	orphan	adr1372	3484.00000	-102.00	0.00
1373	orphan	adr1373	3470.00000	-102.00	0.00
1374	BS1 240	adr1374	3505.00000	15.19	15.32
1375	BS1 120	adr1375	3498.00000	-35.04	0.00
1376	orphan	adr1376	3470.00000	-102.00	0.00
1377	orphan	adr1377	3505.00000	-102.00	0.00
1378	BS3 240	adr1378	3477.00000	-3.94	1.47
1379	BS1 240	adr1379	3505.00000	-28.89	0.01
1382	orphan	adr1382	3505.00000	-102.00	0.00
1385	orphan	adr1385	3470.00000	-102.00	0.00
1386	orphan	adr1386	3470.00000	-102.00	0.00
1387	BS5 240	adr1387	3470.00000	-18.45	0.06
1388	BS1 240	adr1388	3505.00000	17.09	17.17
1390	orphan	adr1390	3512.00000	-102.00	0.00
1391	BS5 120	adr1391	3505.00000	21.30	21.33
1392	BS5 240	adr1392	3470.00000	-38.26	0.00
1393	BS1 240	adr1393	3505.00000	18.25	18.32
1394	orphan	adr1394	3370.00000	-102.00	0.00
1395	orphan	adr1395	3505.00000	-102.00	0.00
1396	orphan	adr1396	3491.00000	-102.00	0.00
1397	BS1 240	adr1397	3505.00000	-2.12	2.08
1399	orphan	adr1399	3505.00000	-102.00	0.00
1400	BS1 240	adr1400	3505.00000	-35.43	0.00
1402	orphan	adr1402	3505.00000	-102.00	0.00
1403	BS1 240	adr1403	3505.00000	-0.87	2.60
1404	BS3 240	adr1404	3477.00000	-14.92	0.14
1406	orphan	adr1406	3505.00000	-102.00	0.00
1407	BS1 240	adr1407	3505.00000	40.89	40.89
1408	BS2 240	adr1408	3498.00000	2.61	4.51
1409	BS3 240	adr1409	3477.00000	-24.38	0.02
1410	BS1 240	adr1410	3505.00000	15.76	15.87
1412	BS1 240	adr1412	3505.00000	25.01	25.03
1413	orphan	adr1413	3498.00000	-102.00	0.00
1415	BS1 120	adr1415	3498.00000	12.54	12.77
1416	BS1 240	adr1416	3505.00000	4.95	6.16
1417	orphan	adr1417	3512.00000	-102.00	0.00
1418	BS3 240	adr1418	3477.00000	12.79	13.02
1419	orphan	adr1419	3370.00000	-102.00	0.00
1420	orphan	adr1420	3512.00000	-102.00	0.00
1421	BS5 240	adr1421	3470.00000	-10.54	0.37
1422	orphan	adr1422	3470.00000	-102.00	0.00
1423	BS1 240	adr1423	3505.00000	-3.11	1.73
1424	BS1 120	adr1424	3498.00000	26.50	26.51
1425	orphan	adr1425	3505.00000	-102.00	0.00
1426	orphan	adr1426	3498.00000	-102.00	0.00
1427	orphan	adr1427	3491.00000	-102.00	0.00
1428	BS5 240	adr1428	3470.00000	-16.99	0.09
1429	orphan	adr1429	3505.00000	-102.00	0.00
1430	BS2 120	adr1430	3512.00000	-2.66	1.88
1431	BS5 240	adr1431	3470.00000	-10.32	0.39
1432	orphan	adr1432	3505.00000	-102.00	0.00
1433	BS5 240	adr1433	3470.00000	2.10	4.19
1434	BS5 240	adr1434	3470.00000	14.65	14.79
1435	BS5 120	adr1435	3505.00000	32.75	32.76
1436	BS5 120	adr1436	3505.00000	21.08	21.11
1437	orphan	adr1437	3505.00000	-102.00	0.00
1438	orphan	adr1438	3498.00000	-102.00	0.00
1439	orphan	adr1439	3370.00000	-102.00	0.00
1440	orphan	adr1440	3491.00000	-102.00	0.00
1441	orphan	adr1441	3505.00000	-102.00	0.00
1442	orphan	adr1442	3505.00000	-102.00	0.00
1443	BS5 120	adr1443	3505.00000	34.98	34.98
1444	BS5 240	adr1444	3470.00000	-16.19	0.10
1445	orphan	adr1445	3505.00000	-102.00	0.00
1446	orphan	adr1446	3498.00000	-102.00	0.00
1447	orphan	adr1447	3491.00000	-102.00	0.00
1448	orphan	adr1448	3505.00000	-102.00	0.00
1449	BS5 240	adr1449	3470.00000	14.27	14.43
1450	orphan	adr1450	3370.00000	-102.00	0.00
1451	orphan	adr1451	3505.00000	-102.00	0.00
1452	orphan	adr1452	3370.00000	-102.00	0.00
1453	orphan	adr1453	3477.00000	-102.00	0.00
1454	orphan	adr1454	3491.00000	-102.00	0.00
1455	orphan	adr1455	3505.00000	-102.00	0.00
1457	orphan	adr1457	3470.00000	-102.00	0.00
1458	orphan	adr1458	3491.00000	-102.00	0.00
1459	orphan	adr1459	3470.00000	-102.00	0.00
1460	orphan	adr1460	3491.00000	-102.00	0.00
1461	orphan	adr1461	3470.00000	-102.00	0.00
1462	orphan	adr1462	3505.00000	-102.00	0.00
1463	orphan	adr1463	3505.00000	-102.00	0.00
1464	orphan	adr1464	3491.00000	-102.00	0.00
1465	orphan	adr1465	3470.00000	-102.00	0.00
1466	orphan	adr1466	3505.00000	-102.00	0.00
1467	orphan	adr1467	3491.00000	-102.00	0.00
1468	orphan	adr1468	3498.00000	-102.00	0.00
1469	BS1 120	adr1469	3498.00000	-88.47	0.00
1470	orphan	adr1470	3505.00000	-102.00	0.00
1471	orphan	adr1471	3512.00000	-102.00	0.00
1472	orphan	adr1472	3491.00000	-102.00	0.00
1473	orphan	adr1473	3470.00000	-102.00	0.00
1474	BS4 240	adr1474	3484.00000	-46.69	0.00
1475	orphan	adr1475	3491.00000	-102.00	0.00

1475	orphan	adr1475	3491.00000	-102.00	0.00
1476	orphan	adr1476	3470.00000	-102.00	0.00
1477	orphan	adr1477	3484.00000	-102.00	0.00
1478	orphan	adr1478	3505.00000	-102.00	0.00
1479	orphan	adr1479	3370.00000	-102.00	0.00
1480	orphan	adr1480	3370.00000	-102.00	0.00
1481	orphan	adr1481	3491.00000	-102.00	0.00
1482	orphan	adr1482	3370.00000	-102.00	0.00
1483	orphan	adr1483	3470.00000	-102.00	0.00
1484	orphan	adr1484	3491.00000	-102.00	0.00
1485	orphan	adr1485	3498.00000	-102.00	0.00
1486	BS4 120	adr1486	3512.00000	-64.97	0.00
1487	BS4 120	adr1487	3512.00000	-40.90	0.00
1488	orphan	adr1488	3505.00000	-102.00	0.00
1489	orphan	adr1489	3505.00000	-102.00	0.00
1490	orphan	adr1490	3484.00000	-102.00	0.00
1491	orphan	adr1491	3512.00000	-102.00	0.00
1492	orphan	adr1492	3484.00000	-102.00	0.00
1493	orphan	adr1493	3484.00000	-102.00	0.00
1494	orphan	adr1494	3484.00000	-102.00	0.00
1495	orphan	adr1495	3370.00000	-102.00	0.00
1496	orphan	adr1496	3370.00000	-102.00	0.00
1497	orphan	adr1497	3512.00000	-102.00	0.00
1498	orphan	adr1498	3512.00000	-102.00	0.00

--	--	--	--	--	--

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΣΤ

STATION TRAFFIC - Downlink

Station	BST	Subscribers	Demand	GOS B	Lines	BW (MHz)	Mbits dl	TD dB	Site
BS1	1	6	0.00	null	0.0	42.00	0.03	0	178
BS2	2	0	0.00	null	0.0	0.00	0.00	0	25
BS3	3	0	0.00	null	0.0	0.00	0.00	0	73
BS4	4	1	0.00	null	0.0	7.00	0.01	0	15
BS5	5	6	0.00	null	0.0	42.00	0.06	0	156
BS1 120	6	45	0.00	null	0.0	315.00	0.33	0	178
BS1 240	7	127	0.00	null	0.0	889.00	1.05	0	178
BS2 120	8	11	0.00	null	0.0	77.00	0.08	0	25
BS2 240	9	14	0.00	null	0.0	98.00	0.26	0	25
BS3 120	10	15	0.00	null	0.0	105.00	0.14	0	73
BS3 240	11	58	0.00	null	0.0	406.00	0.40	0	73
BS4 120	12	7	0.00	null	0.0	49.00	0.06	0	15
BS4 240	13	7	0.00	null	0.0	49.00	0.12	0	15
BS5 120	14	52	0.00	null	0.0	364.00	0.74	0	156
BS5 240	15	98	0.00	null	0.0	686.00	0.66	0	156

Total subscribers in database: 1356

Total subscribers on map: 1356

Total parented subscribers (base): 447 (32.96 pc)

Total parented subscribers (selection): 447 (32.96 pc)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΖ

SUBSCRIBER BEST SERVER + SERVICE FLOW

BST	#	Mbits DL cf	Mbits UL cf	Remain DL cf	Remain UL cf	CPE(s)	CPE UL act %	CPE DL act %	QOS DL	QOS UL
BS1	1	0.0250	0.0333	1.8550	0.9367	6	12.50	12.50	100.00	100.00
BS2	2	0.0000	0.0000	1.8800	0.9700	0	0.00	0.00	0.00	0.00
BS3	3	0.0000	0.0000	1.8800	0.9700	0	0.00	0.00	0.00	0.00
BS4	4	0.0041	0.0038	1.8759	0.9662	1	15.00	15.00	100.00	100.00
BS5	5	0.0417	0.0704	1.8383	0.8996	6	13.33	13.33	100.00	100.00
BS1 120	6	0.2236	0.2235	1.6564	0.7465	45	13.00	13.00	100.00	100.00
BS1 240	7	0.6904	0.6036	1.1896	0.3664	127	13.11	13.11	84.91	84.32
BS2 120	8	0.0523	0.0724	1.8277	0.8976	11	12.73	12.73	100.00	100.00
BS2 240	9	0.1683	0.0918	1.7117	0.8782	14	12.50	12.50	100.00	100.00
BS3 120	10	0.0880	0.0786	1.7920	0.8914	15	13.67	13.67	100.00	100.00
BS3 240	11	0.2785	0.2441	1.6015	0.7259	58	12.59	12.59	98.98	100.00
BS4 120	12	0.0428	0.0349	1.8372	0.9351	7	13.57	13.57	100.00	100.00
BS4 240	13	0.0815	0.0398	1.7985	0.9302	7	13.57	13.57	100.00	100.00
BS5 120	14	0.4749	0.3755	1.4051	0.5945	52	12.50	12.50	98.07	100.00
BS5 240	15	0.4451	0.3637	1.4349	0.6063	98	12.30	12.30	92.64	95.10

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΗ

STATION TRAFFIC - Downlink

Station	BST	Subscribers	Demand	GOS B	Lines	BW (MHz)	Mbits dl	TD dB	Site
BS1	1	45	0.00	null	0.0	315.00	2.61	0	179
BS2	2	1	0.00	null	0.0	7.00	0.06	0	35
BS3	3	4	0.00	null	0.0	28.00	0.08	0	27
BS4	4	8	0.00	null	0.0	56.00	0.96	0	17
BS5	5	45	0.00	null	0.0	315.00	3.00	0	140
BS1 120	6	74	0.00	null	0.0	518.00	2.98	0	179
BS1 240	7	60	0.00	null	0.0	420.00	3.01	0	179
BS2 120	8	26	0.00	null	0.0	182.00	2.05	0	35
BS2 240	9	8	0.00	null	0.0	56.00	0.39	0	35
BS3 120	10	8	0.00	null	0.0	56.00	1.11	0	27
BS3 240	11	15	0.00	null	0.0	105.00	1.44	0	27
BS4 120	12	4	0.00	null	0.0	28.00	0.03	0	17
BS4 240	13	5	0.00	null	0.0	35.00	0.51	0	17
BS5 120	14	52	0.00	null	0.0	364.00	2.64	0	140
BS5 240	15	43	0.00	null	0.0	301.00	2.79	0	140

Total subscribers in database: 1358

Total subscribers on map: 1358

Total parented subscribers (base): 398 (29.31 pc)

Total parented subscribers (selection): 398 (29.31 pc)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΘ

SUBSCRIBER BEST SERVER + SERVICE FLOW

BST	#	Mbits DL cf	Mbits UL cf	Remain DL cf	Remain UL cf	CPE(s)	CPE UL act %	CPE DL act %	QOS DL	QOS UL
BS1	1	1.8074	0.7086	0.0726	0.2614	45	12.22	12.22	85.72	93.86
BS2	2	0.0346	0.0115	1.8454	0.9585	1	15.00	15.00	100.00	100.00
BS3	3	0.0538	0.0307	1.8262	0.9393	4	11.25	11.25	100.00	100.00
BS4	4	0.7010	0.2377	1.1790	0.7323	8	14.38	14.38	100.00	100.00
BS5	5	1.8280	0.6517	0.0520	0.3183	45	13.89	13.89	70.26	94.08
BS1 120	6	1.8534	0.7245	0.0266	0.2455	74	13.31	13.31	73.93	84.96
BS1 240	7	1.8686	0.7292	0.0114	0.2408	60	12.92	12.92	76.84	87.81
BS2 120	8	1.3150	0.4764	0.5650	0.4936	26	13.27	13.27	92.48	100.00
BS2 240	9	0.2766	0.1135	1.6034	0.8565	8	11.88	11.88	100.00	100.00
BS3 120	10	0.6946	0.2313	1.1854	0.7387	8	15.00	15.00	100.00	100.00
BS3 240	11	0.9966	0.3532	0.8834	0.6168	15	13.33	13.33	100.00	100.00
BS4 120	12	0.0256	0.0256	1.8544	0.9444	4	10.00	10.00	100.00	100.00
BS4 240	13	0.4010	0.1378	1.4790	0.8322	5	14.00	14.00	100.00	100.00
BS5 120	14	1.8575	0.7255	0.0225	0.2445	52	12.60	12.60	82.24	92.13
BS5 240	15	1.7863	0.6846	0.0937	0.2854	43	12.56	12.56	81.84	93.07

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Κ

STATION TRAFFIC - Downlink

Station	BST	Subscribers	Demand	GOS B	Lines	BW (MHz)	Mbits dl	TD dB	Site
BS1	1	22	0.00	null	0.0	154.00	1.06	0	674
BS2	2	7	0.00	null	0.0	49.00	0.24	0	55
BS3	3	3	0.00	null	0.0	21.00	0.36	0	64
BS4	4	23	0.00	null	0.0	161.00	1.85	0	76
BS5	5	9	0.00	null	0.0	63.00	0.16	0	129
BS1 120	6	41	0.00	null	0.0	287.00	1.69	0	674
BS1 240	7	611	0.00	null	0.0	4277.00	32.68	0	674
BS2 120	8	15	0.00	null	0.0	105.00	0.44	0	55
BS2 240	9	33	0.00	null	0.0	231.00	1.58	0	55
BS3 120	10	4	0.00	null	0.0	28.00	0.08	0	64
BS3 240	11	57	0.00	null	0.0	399.00	2.95	0	64
BS4 120	12	50	0.00	null	0.0	350.00	3.04	0	76
BS4 240	13	3	0.00	null	0.0	21.00	0.07	0	76
BS5 120	14	29	0.00	null	0.0	203.00	1.08	0	129
BS5 240	15	91	0.00	null	0.0	637.00	5.33	0	129

Total subscribers in database: 1500

Total subscribers on map: 1500

Total parented subscribers (base): 998 (66.53 pc)

Total parented subscribers (selection): 998 (66.53 pc)

Propagation Study and Performance Evaluation of a Fixed Access WiMAX System

Anastasios Giouzevas, Spyros Skevas, Nektarios Moraitis, and Philip Constantinou

Mobile Radiocommunications Laboratory, National Technical University of Athens

9 Heroon Polytechniou str., 15773, Zografou, Athens, Greece

morai@mobile.ntua.gr

Abstract—This paper aims at performing a more detailed coverage and performance analysis of wireless metropolitan area networks based on the IEEE 802.16 standard, which is the basis of WiMAX technology. A coverage study and performance evaluation of fixed access WiMAX system in an urban and suburban environment with the help of a software simulation tool is presented. All the required parameters are given to the program focusing only in suitable propagation models such as COST231-HATA and SUI-C. The highest performance modulation (64-QAM) and coding schemes provide the worst coverage, whereas increasing the channel bandwidth BW leads to a coverage reduction. Very promising results were also extracted, when utilizing multiple antennas. It is also found that in a 4x2 system the average received power at the limits of each cell is enhanced about 6.1 dB in comparison with the SISO case.

I. INTRODUCTION

WiMAX or Worldwide Interoperability for Microwave Access, is a telecommunications technology which enables wireless transmission of voice and data in many ways, ranging from point-to-point links to full mobile access, where availability of bandwidth combined with the mobility should provide the users with a better experience of high data rate services such as web browsing or video streaming [1]. The IEEE 802 Working Group has been specifying the IEEE 802.16 standard [2], which describes the basis of WiMAX technology. It consists of a fixed wireless metropolitan area technology that supports coverage radius of kilometers and data transmission rate up to 74 Mbps.

Coverage prediction and performance evaluation for the IEEE 802.16 standard has not yet been extensively explored in the literature. Some coverage prediction models for systems beyond 3G have been analysed based on the extrapolated versions of Hata and Walfisch-Ikegami models, with no specific focus on the IEEE 802.16 specifications [3]. A more detailed approach regarding WiMAX coverage is provided in [4], which briefly describes the key functionalities of WiMAX technology that enable NLOS operation and mentions Stanford University Interim model (SUI), providing a single example of operation scenario.

Despite the growing interest on WiMAX technology, detailed procedures for coverage prediction and performance evaluation of IEEE 802.16 networks are not yet clearly stated in the literature for general operation conditions, due to some specific limitations. The first one is related to the lack of currently available coverage prediction models that comply with operation frequencies requirements of WiMAX,

especially for frequencies ranging from 2 GHz up to 6 GHz. Secondly, the quantitative influence of system parameters on coverage is not clearly described within the IEEE 802.16 standard.

For a planner, in order to evaluate the performance of WiMAX system a detailed propagation study is required in terms of coverage, modulation usage, multiple antenna combinations etc. The area coverage may be approached from different viewpoints. For example, the detailed coverage may be very dependent on the location of a cell. In this case system planner would like to know whether a potential customer at a known area would be able to receive a signal. This paper provides a more formal approach to evaluate the coverage and performance of a WiMAX system in an urban and suburban environment with the help of a software simulation tool. We also describe the most appropriate coverage models currently available and the key system attributes defined in the IEEE 802.16 standard.

The remainder of this paper is organized as follows. Section II presents the propagation study procedure, the parameters used to evaluate the system performance and the propagation models. In Section III the propagation coverage results are presented for various scenarios and variable system parameters. Finally, Section IV is devoted to conclusions summarizing this work.

II. PROPAGATION STUDY

The propagation study is conducted through a simulation procedure in an urban and suburban environment with propagation parameters typical for a WiMAX system. The simulation is performed with the use of a software tool (Advanced Topographic Development & Images, “ICS Telecom” [5]), able to manage 3D digital maps and perform various propagation analyses. The 3D data is generated from aerial photography.

The study examines the results in the greater area of Athens (307 km², without building layer) using two empirical models (COST231-HATA and SUI-C) due to the low resolution of the Digital Elevation Model (DEM). The COST231-HATA propagation model [6] is adopted in several real world applications, since it provides accurate estimates for NLOS propagation. Within COST 231 specifications, the Walfisch-Ikegami model is more appropriate for frequencies up to 6 GHz, since climate impacts can be neglected for frequencies between 2 and 6 GHz [3]. Recently, the Stanford University Interim (SUI-C) model has been proposed for Broadband

Wireless Access (BWA) systems operating under NLOS condition [7]. It comprises a suburban path loss model and overcomes some limitations of Okumura-Hata model, which is not accurate for lower base station antenna heights and hilly or moderate-to-heavy wooded terrain. The radio propagation loss according to the SUI-C model is given in [8]. The SUI-C model is originally constrained to frequencies close to 2 GHz and receiver antenna heights between 10 m and 80 m. In order to overcome such limitations, an extrapolated version has been developed [9].

In addition to OFDM multiplexing, adaptive modulation is adopted in the IEEE 802.16 standard. Depending on the signal-to-noise ratio (SNR) at the receiver, the subscriber station (SS) and the base station (BS) negotiate the most appropriate modulation scheme, among the available options (BPSK, QPSK, 16-QAM and 64-QAM). This approach maximizes throughput and connectivity within a cell, as it allows the system to switch between high performance modulation scheme (64-QAM) and high robustness modulation scheme (BPSK) schemes, as the distance between the BS to the SS varies. Table I lists the adopted modulation and coding schemes defined in the IEEE 802.16 standard, along with the required SNR [10].

TABLE I

REQUIRED SNR AT THE RECEIVER FOR EACH MODULATION SCHEME

Modulation Scheme	Code Rate	SNR (dB)
BPSK	1/2	6.4
QPSK	1/2	9.4
	3/4	11.2
16-QAM	1/2	16.4
	3/4	18.2
64-QAM	2/3	22.7
	3/4	24.4

For the study of propagation in Athens we used the model SUI-C, as the basic propagation model, in contrast with COST 231, because the second model overestimates the propagation losses, in the specific environment, and also, as similar researches have shown [11]-[13], has frequency and height restrictions and it is not recommended from WiMAX propagation study, as SUI. For the estimation of diffraction

we used the Deygout method in the propagation software tool.

The base station parameters for the WiMAX system simulation is summarized in Table II for Athens area, without building layer. In the greater area of Athens the base stations were placed using the cellular planning method, with the cell radius at 1.5 km. It is assumed that the receiver has nomadic access (we assume that nomadic is close to fixed access). The radius estimation as well as the sectoring of the cells, was outcome of several pre-simulations. The receiver sensitivity $P_{r,min}$ in dBm that is required as an input parameter in the software tool is given by [2]:

$$P_{r,min} = SNR_{rx} + 10 \log\left(\frac{F N}{16 N_{FFT}}\right) + 60$$

where SNR_{rx} is the required signal-to-noise ratio in dB, W is the effective channel bandwidth in Hz, F is the noise figure in dB, and $N_o = 10 \log(kT/10^{-3})$ is the thermal noise level in dBm, with $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K (Boltzmann's constant) and T being the temperature in Kelvin. In accordance to the OFDM specification in the IEEE 802.16 standard, the noise figure is equal to 5 dB added to an implementation margin of 7 dB, thus resulting in effective noise figure $F = 12$ dB.

TABLE II

WiMAX SYSTEM PARAMETERS USED IN THE PROPAGATION STUDY

Frequency	3.5 GHz
Transmitting Power	22 dBm
Antenna Gain	18 dBi
Number of arrays	1, 2, 4
Extra Losses	0.5 dB
Modulation	According to Table I
Duplexing	TDD
Channel Bandwidth	5, 7, 10 MHz
$N_{subchannels}$	16
N_{used}	192
N_{FFT}	256
$P_{r,min}$	-105 dBm

The effective channel bandwidth W is given by [2]:

$$W = \frac{F N_{used} N_{subchannels}}{16 N_{FFT}} \quad (2)$$

where N_{used} is the number of subcarriers used, and N_{FFT} is the length of FFT in OFDM, $N_{subchannels}$ is the number of subchannels used and F_s is the sampling frequency in MHz. Next, considering the temperature of $T = 290K$ results in a thermal noise of $N_o = -174$ dBm, which is in fact adopted in most practical applications. Finally, substituting (2) and the values for N_o and F into (1), the receiver sensitivity for OFDM physical layer is given by:

$$P_{r,min} = SNR_{rx} + 10 \log\left(\frac{F N_{used} N_{subchannels}}{16 N_{FFT}}\right) + 60 \quad (3)$$

In this expression, a 60 dB correction factor was added to account for frequency scale conversion from Hz to MHz.

III. PERFORMANCE RESULTS

Fig. 1 presents the coverage results in the greater area of Athens. The colors represent the modulation usage and potential rates; yellow represents BPSK $\frac{1}{2}$, cyan represents QPSK $\frac{1}{2}$, blue represents QPSK $\frac{3}{4}$, green represents 16-QAM $\frac{1}{2}$, orange represents 16-QAM $\frac{3}{4}$, brown represents 64-QAM $\frac{2}{3}$ and finally red represents 64-QAM $\frac{3}{4}$. The coverage

(1) results per modulation for different channel bandwidths are given in Fig. 2.

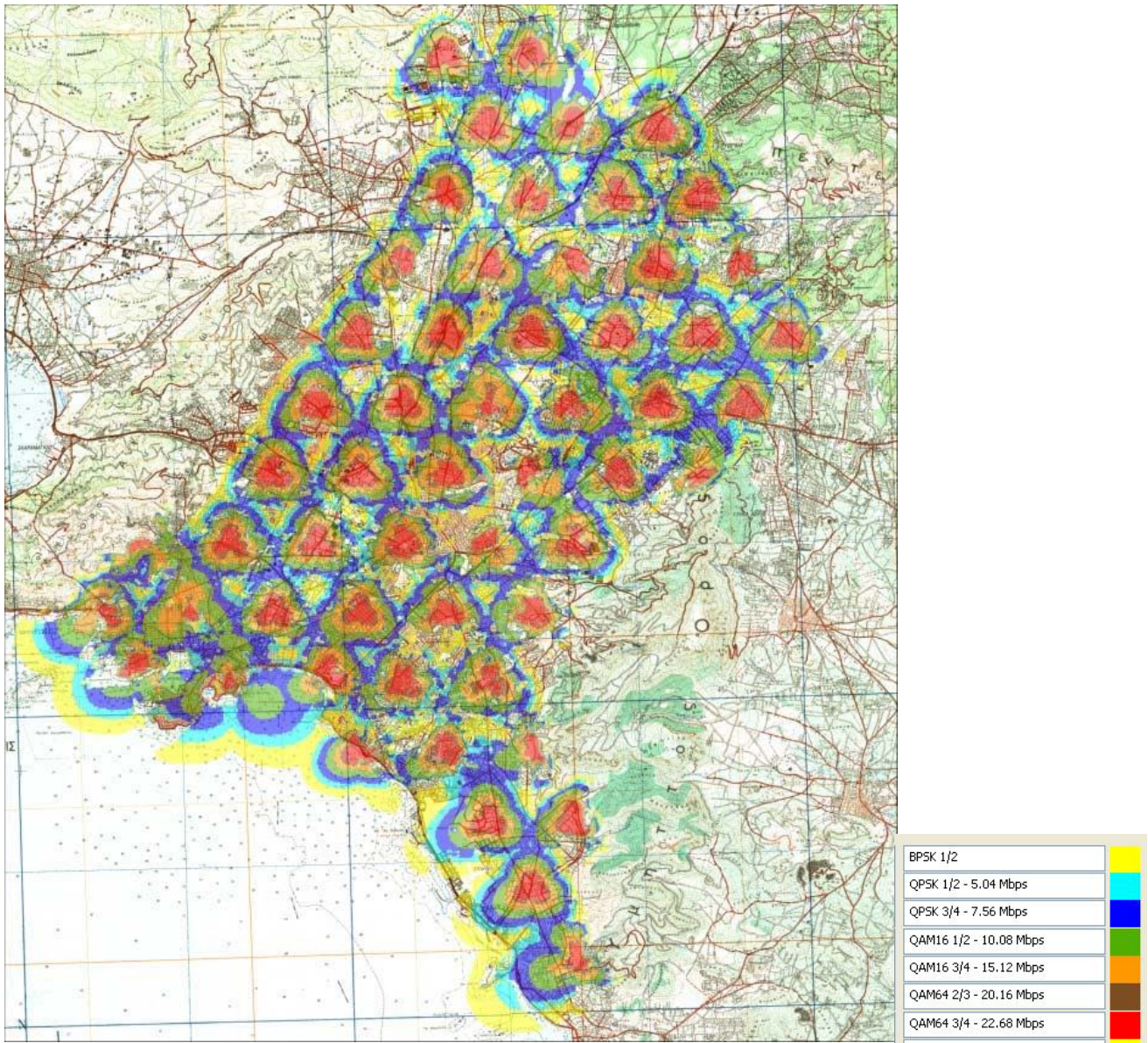


Fig. 1 Coverage in the greater area of Athens (no building layer) and colour coding.

At the specific scenario (Fig. 1 and Fig. 2) the mobile height is taken 1.5 m, the base station height 30 m, the receiver gain 0 dBi, and the base station antenna with -2° tilt. Additionally different channel bandwidths are given and 3 sectors per cell. From Fig. 1 we can see that the modulation usage degrades as the mobile receiver is heading away from the base station. Having a 5 MHz channel bandwidth we achieve 92% area coverage, 71% of which is covered with QAM modulation providing higher user rates. Adjusting the receiver antenna gain from 0 to 11 dBi, it is found that the total area coverage is increased from 60 to 90%. Another observation is that adjusting the receiver height (from 1 to 8 m) the total coverage increases initially (about 8-9%) in the first 3 meters but after that height the coverage is uncorrelated with the receiver height (remains about 98%). The highest performance modulation (64-QAM) and coding schemes

provide the worst coverage. Increasing the channel bandwidth BW leads to a coverage reduction, which can be explained by the increase of effective channel bandwidth W , as per (2), which consequently degrades receiver sensitivity, according to (3).

TABLE III
PROPAGATION MODEL COMPARISON AND COVERAGE RESULTS

Model	Coverage per Modulation (%)
COST231 HATA	BPSK $1/2$: 4.5, QPSK $1/2$: 5.3, QPSKY: 11.1
	16-QAM $1/2$: 20.2, 16-QAMY: 18.1
	64-QAM $2/3$: 9.9, 64-QAM $3/4$: 24.6
	Total:93.7
SUI-C	BPSK $1/2$: 11.1, QPSK $1/2$: 9.7, QPSKY: 19.4
	16-QAM $1/2$: 20.9, 16-QAMY: 12.3
	64-QAM $2/3$: 5.8, 64-QAM $3/4$: 8.0
	Total:87.1

Comparing COST231-Hata and SUI-C model, the latter provides slight lower coverage results (87%) in comparison with COST231 model (94%) as shown in Table III.

Without a sectoring assumption we have calculated the coverage percentages, for the greater area of Athens (without buildings), for a SISO system (omnidirectional antenna and 5 MHz bandwidth), 2x2 MIMO and 4x2 MIMO systems respectively and the results are presented in Fig. 3. The results are very promising giving 87% coverage for a 4x2 MIMO system, 79% for a 2x2 MIMO system and 66% for the simple SISO. It is also found that in a 4x2 system the average received power at the limits of each cell is enhanced about 6.1 dB in comparison with the SISO case. The 64-QAM modulation usage, especially in a 2x2 and 4x2 MIMO case, is significantly increased at about 50% of the total area covered in comparison with the SISO scenario. As we can observe, and expected, the area coverage (and the quality of coverage (because more areas are covered with higher data rates), increase significantly when we use MIMO antennas and furthermore, as we increase the number of the used antenna arrays. Besides, this is one of the unique advantages of WiMAX technology.

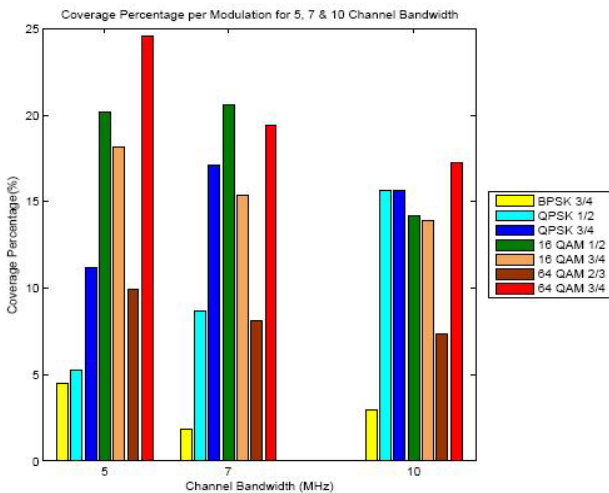


Fig. 2 Coverage percentage per modulation. Area of greater Athens for 5, 7 and 10 MHz channel bandwidths.

Comparing with the help of the software tool the coverage results with and without frequency reuse, we found that the percentages for all the examined modulation configurations and channel bandwidths are practically invariable. For suburban environment with the help of a software simulation tool. All the required parameters are given to the program focusing only in suitable propagation models such as COST231-HATA and SUI-C. It is found that the modulation usage degrades as the mobile receiver is heading away from the base station. The highest performance modulation (64-QAM) and coding schemes provide the worst coverage, whereas increasing the channel bandwidth BW leads to a coverage reduction. Very promising results were also extracted, when utilizing multiple antennas, giving 87% coverage for a 4x2 MIMO system, 79% for a 2x2 MIMO system instead of 66% for the simple SISO. It is also found

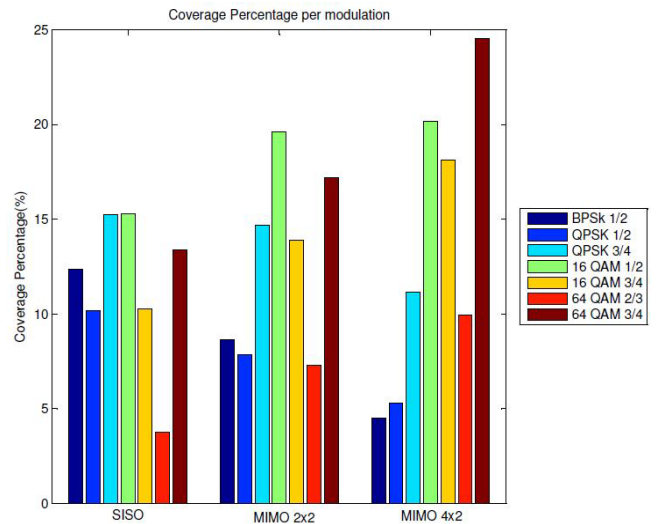


Fig. 3 Coverage percentage per modulation. Area of greater Athens for different antenna configurations and 5 MHz channel bandwidth.

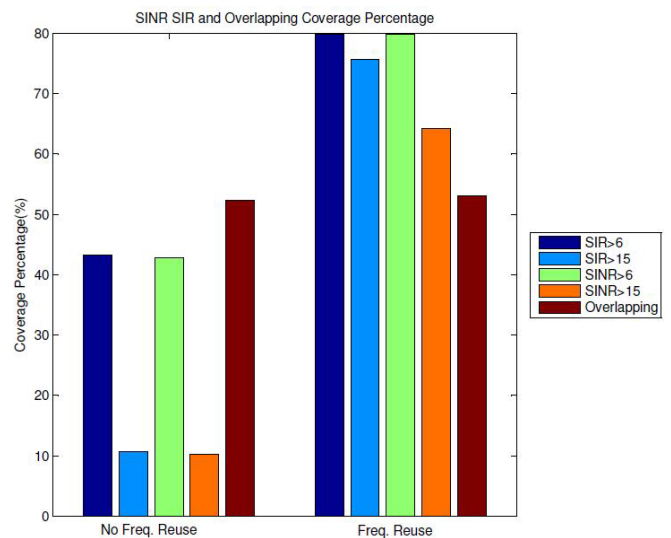


Fig. 4 SIR, SINR and overlapping percentage coverage for frequency (or not) reuse.

IV. CONCLUSIONS

This paper presented a coverage study and performance evaluation of fixed access WiMAX system in an urban and suburban environment with the help of a software simulation tool. All the required parameters are given to the program focusing only in suitable propagation models such as COST231-HATA and SUI-C. It is found that the modulation usage degrades as the mobile receiver is heading away from the base station. The highest performance modulation (64-QAM) and coding schemes provide the worst coverage, whereas increasing the channel bandwidth BW leads to a coverage reduction. Very promising results were also extracted, when utilizing multiple antennas, giving 87% coverage for a 4x2 MIMO system, 79% for a 2x2 MIMO system instead of 66% for the simple SISO. It is also found

that in a 4x2 system the average received power at the limits of each cell is enhanced about 6.1 dB in comparison with the SISO case.

REFERENCES

- [1] B. Belloul, A. Aragón-Zavala, and S. R. Saunders, "Measurements and comparison of WiMAX radio coverage at 2.5 GHz and 3.5 GHz," in *Proc. EuCAP'09*, Berlin, Germany, Mar. 2009.
- [2] IEEE 802.16-2004, "IEEE standard for local and metropolitan area networks Part 16: air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems", Dec. 2005.
- [3] G. Plitsis, "Coverage Prediction of New Elements of Systems Beyond 3G: The IEEE 802.16 system as a case study", *Communication Networks*, Aachen University, Kopernikusstr. 16, D-52074 Aachen, Germany.
- [4] "WiMAX's technology for LOS and NLOS environments", WiMAX Forum. [Online]. Available: www.wimaxforum.org.
- [5] Advanced Topographic Development & Images, "ICS Telecom - Comprehensive Network Engineering on V/U/SHF Bands," www.atdi.com.
- [6] Digital Mobile Radio Towards Future Generation System", *COST 231 Final Report*. [Online]. Available: http://www.lx.it.pt/cost231/final_report.htm.
- [7] V. Erceg, et. al, "Channel Models for Fixed Wireless Applications", IEEE 802.16.3 Task Group Contributions 2001, Feb. 2001.
- [8] V. Erceg et. al, "An empirically based path loss model for wireless channels in suburban environments", *IEEE Journal on Selected Areas on Communications*, vol. 17, no. 7, pp. 1205-1211, July 1999.
- [9] T. S. Chu and L. J. Greenstein, "A quantification of link budget differences between the cellular and PCS bands", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 48, no. 1, pp. 60-65, Jan. 1999.
- [10] J. G. Andrews, A. Ghosh, R. Muhamed, *Fundamentals of WiMAX: understanding broadband wireless networking*, Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 2007.
- [11] V. S. Abhayawardhana, I. J. Wassell, D. Crosby, M. P. Sellars, and M. G. Brown, "Comparison of empirical propagation path loss models for fixed wireless access systems," in *Proc. VTC'05-Spring*, pp. 73-77, 2005.
- [12] A. V. Rial, H. Krauss, J. Hauck, M. Buchholz, and F. A. Agelet, "Empirical propagation model for WiMAX at 3.5 GHz in an urban environment," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 50, no. 2, pp. 483-487, Dec. 2007.
- [13] J. Milanovic, S. Rimac-Drlje, and K. Bejuk, "Comparison of propagation models accuracy for WiMAX on 3.5 GHz," in *Proc. ICECS'07*, Marrakech, Maroko, Dec. 2007.